

Regione PUGLIA



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Autorità Portuale di Taranto



Convenzione Sogesid S.p.A. - Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare
Regione Puglia - Autorità Portuale di Taranto del 19 Luglio 2011

**INTERVENTI PER IL DRAGAGGIO DI 2,3 Mm³ DI SEDIMENTI IN AREA MOLO
POLISETTORIALE E PER LA REALIZZAZIONE DI UN PRIMO LOTTO DELLA CASSA DI
COLMATA FUNZIONALE ALL'AMPLIAMENTO DEL V SPORGENTE DEL PORTO DI TARANTO
PROGETTO DEFINITIVO**

Titolo elaborato **STUDIO IMPATTO AMBIENTALE**
RISCONTRO NOTA COMMISSIONE TECNICA DI VERIFICA AMBIENTALE
NOTA PROT. N° CTVA - 2013 - 1317 DEL 11/04/2013

Elaborato
SIA 011

Redatto da:



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

ALLEGATO 01
Studio di Fattibilità afferente
l'Elettificazione delle banchine
commerciali ed industriali del
Porto di Taranto

Cod. Commessa		Codice						Nome file	Data : Settembre 2013
PUG102		PD	SIA	0	1	1	rev. 0	PUG102PDSIA011_0	
Rev.	Data	Descrizione modifica						verificato	approvato
0	set/2013	1 ^a Emissione							



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

**“Piano di prime misure di intervento per il risanamento
dell'aria nel quartiere Tamburi per gli inquinanti B(a)P e
PM10”**

(delibera di Giunta della Regione Puglia n. 1474 del 17/07/2012)

**STUDIO DI FATTIBILITA' AFFERENTE L'ELETTRIFICAZIONE DELLE BANCHINE
COMMERCIALI ED INDUSTRIALI DEL PORTO DI TARANTO**

RELAZIONE TECNICA

Gruppo di Lavoro:

Politecnico di Bari: Prof. Gregorio Andria (coordinatore), Prof. Filippo Attivissimo,
Prof. Giuseppe Cavone, Prof. Anna Maria Lucia Lanzolla.

Università degli Studi di Bari: Prof. Gianluigi De Gennaro;

Progettisti: Ing. Maurizio Spadavecchia, Ing. Cosimo Tagliente



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	6
1.1 <i>Motivazioni e oggetto del lavoro</i>	6
1.2 <i>Riferimenti di legge e normative</i>	7
1.3 <i>Note sui sistemi di elettrificazione delle banchine</i>	8
1.4 <i>Considerazioni sull'ubicazione dell'intervento.....</i>	9
1.5 <i>La movimentazione delle merci nel porto di Taranto</i>	10
1.6 <i>Suddivisione e destinazione delle aree portuali.....</i>	10
2. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DELLE ATTIVITÀ PORTUALI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA	16
2.1 <i>L'inventario delle emissioni: ricognizione ed elaborazione dei dati disponibili</i>	16
2.2 <i>Determinazione degli indicatori ambientali aggregati</i>	22
2.3 <i>Osservazioni sui risultati d'impatto ambientale nella zona portuale.....</i>	24
3. L'ELETTRIFICAZIONE DELLA BANCHINA	26
3.1 <i>Scopo e caratteristiche</i>	26
3.2 <i>La criticità ambientale del sito portuale</i>	27
3.3 <i>Analisi delle emissioni</i>	28
3.4 <i>Analisi del flusso marittimo e delle potenze elettriche in gioco.....</i>	29
3.5 <i>Analisi delle potenze richieste</i>	31
3.6 <i>Soluzioni per l'elettrificazione delle banchine</i>	34
3.7 <i>Frequenze, tensioni e sistema di avvolgimento cavi</i>	36
3.8 <i>Individuazione delle banchine da elettrificare</i>	40
3.9 <i>Dimensionamento e soluzione tecnica proposta</i>	42
3.9.1 <i>MoloPolisetoriale</i>	46
3.9.2 <i>Pontile petrolifero.....</i>	46
3.9.3 <i>Sporgente 2.....</i>	52
3.9.4 <i>Ulteriori sviluppi</i>	52



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

4.	SISTEMA INTELLIGENTE DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	54
4.1	Descrizione del sistema proposto.....	54
4.2	L'infrastruttura tecnologica	56
4.3	Criticità operative.....	57
4.4	Sottosistema di monitoraggio	57
4.4.1	Esigenze specifiche	57
4.4.2	Il sensore ambientale	59
4.4.3	Requisiti della rete di sensori.....	61
4.4.4	Tecnologia a radio frequenza	63
4.4.5	I sistemi di localizzazione.....	64
4.5	Il sottosistema di controllo	65
4.5.1	Il modulo di monitoraggio e diagnosi.....	65
4.5.2	Il controllo della sensoristica.....	67
4.6	Il sottosistema di gestione	68
4.6.1	I processi portuali e i soggetti coinvolti.....	70
4.6.2	Il contesto operativo	78
4.6.3	Macro requisiti funzionali	81
4.6.4	Il component business process e il workflow management.....	82
4.6.5	Il componente per il monitoraggio a regole.....	84
4.7	Stima dei costi del sistema di monitoraggio.....	86
5.	IPOTESI DI ELETTRIFICAZIONE CON L'AUSILIO DI FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA.....	87
5.1	Descrizione dell'impianto fotovoltaico.....	88
6.	FATTIBILITÀ ECONOMICA DELL'INTERVENTO	92
7.	CONCLUSIONI.....	98
8.	BIBLIOGRAFIA.....	102

FIGURE

<i>Figura 1 Porto di Taranto: suddivisione delle aree.....</i>	12
<i>Figura 2 Emissioni di SO₂, NO_x, NMCOV, CO₂, PTS calcolate nelle fasi.....</i>	21
<i>Figura 3 Schema dell'intera infrastruttura elettrica necessaria sia a terra che a bordo per l'elettificazione della banchina e della nave (fonte ABB).....</i>	35
<i>Figura 4 Esempio di interramento del sistema di conversione.....</i>	35
<i>Figura 5 Grafico tensioni-potenze su navi (fonte ABB).....</i>	37
<i>Figura 6 Sistema di alimentazione del tipo chiatta a motore.....</i>	39
<i>Figura 7 Sistema di alimentazione mobile.....</i>	39
<i>Figura 8 Sistema di alimentazione fisso.....</i>	40
<i>Figura 9 Schema elettrico unifilare della cabina primaria.....</i>	44
<i>Figura 10 Soluzione 1 per l'elettificazione del Molo Polisettoriale.....</i>	48
<i>Figura 11 Soluzione 2 per l'elettificazione del Molo Polisettoriale.....</i>	49
<i>Figura 12 Soluzione per l'elettificazione del Pontile Petrolifero.....</i>	50
<i>Figura 13 Soluzione per l'elettificazione dello Sporgente 2.....</i>	51
<i>Figura 14 Architettura del sistema di monitoraggio.....</i>	55

TABELLE

<i>Tabella 1 Emissioni di inquinanti nel Comune di Taranto (anno 2007).</i>	18
<i>Tabella 2 Limitazioni per le emissioni di NO_x (Marpol 73/78 – Annex VI).....</i>	28
<i>Tabella 3 Stima delle potenze e dei consumi di energia a molo (biennio 2010-2012) .</i>	32
<i>Tabella 4 Caratteristiche dei moli più inquinanti, stima del numero di navi e delle potenze necessarie.....</i>	43
<i>Tabella 5 Riduzione delle emissioni in tonnellate/anno dei moli da elettrificare.....</i>	43
<i>Tabella 6 Costi per la connessione alla rete elettrica nazionale e la realizzazione della cabina primaria.....</i>	93
<i>Tabella 7 Costi per il Molo Polisettoriale.....</i>	94



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

<i>Tabella 8 Costi per il Pontile petrolifero.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabella 9 Costi per Sporgente 2</i>	<i>96</i>
<i>Tabella 10 Costo complessivo stimato per l'intero intervento</i>	<i>97</i>



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

1. INTRODUZIONE

1.1 Motivazioni e oggetto del lavoro

Il presente lavoro, realizzato in ottemperanza alle disposizioni ricevute dall'Autorità Portuale a seguito dell'applicazione della delibera di Giunta della Regione Puglia n. 1474 del 17/07/2012, recante norme sul *"Piano di prime misure di intervento per il risanamento dell'aria nel quartiere Tamburi per gli inquinanti B(a)P e PM10"*, con particolare riferimento allo *"Studio della fattibilità dell'elettificazione delle banchine e misure per l'incentivazione alla riduzione dell'impatto ambientale per la movimentazione di merci polverulente nel porto di Taranto"*, analizza la possibilità di attrezzare una serie di banchine elettrificate nel porto di Taranto, esaminando le eventuali conseguenze dal punto di vista ambientale e portando in conto limitazioni e condizionamenti derivanti dal contesto interno ed esterno.

Le valutazioni tecnico-scientifiche si basano sui dati messi a disposizione dall'Ente Porto e relativi al triennio 2010-2012 e hanno come criterio fondamentale quello della ragionevolezza degli interventi proposti, evitando la formulazione di ipotesi affascinanti ma velleitarie. Molteplici ipotesi di lavoro sono state formulate durante la fase di studio; fra le varie alternative esaminate, si riporta quella che meglio sembra coniugare le esigenze industriali e di benessere ambientale nel rispetto della compatibilità e della fattibilità delle opere proposte.

Il lavoro è organizzato come segue: dopo una relazione introduttiva sull'importanza dell'elettificazione delle banchine portuali ai fini della riduzione dell'inquinamento e del conseguente impatto ambientale, anche sulla base di dati specifici sulle emissioni relative alle navi in attracco al porto di Taranto, si passeranno in rassegna le condizioni al contorno e le ipotesi progettuali per la fattibilità dell'elettificazione in oggetto e per la realizzazione, a servizio del progetto, di un efficiente stazione di monitoraggio per il controllo delle stesse emissioni e per un successivo feedback, utile anche per una eventuale revisione progettuale.



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

La redazione del presente documento è stata commissionata dall'Autorità Portuale di Taranto al DIPAR (*Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo*), che si è avvalso della consulenza di un gruppo di professionisti e di docenti del Politecnico e dell'Università "Aldo Moro" di Bari, i quali hanno redatto e sottoscritto l'elaborato.

1.2 Riferimenti di legge e normative

Vengono di seguito riportati i riferimenti tecnici e normativi utilizzati per la stesura del presente documento:

- Marpol 73/78: Marine Pollution, *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*, Febbraio, 1973
- Direttiva 1999/32/CE, Riduzione del Tenore di Zolfo di alcuni Combustibili Liquidi, Aprile 1999
- Direttiva 2001/81/CE, Limiti nazionali di Emissione di alcuni Inquinanti Atmosferici, Ottobre 2001
- Direttiva 2005/33/CE, Modifica della Direttiva 2005/33/CE in Relazione al tenore di Zolfo dei Combustibili per uso Marittimo, Luglio 2005
- European Commission Directorate General Environment, Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Task 2 – General Report, August 2005
- European Commission Directorate General Environment, Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Task 2b – NOx Abatement, August 2005
- European Commission Directorate General Environment, Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Task 2c – SO2 Abatement, August 2005



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- Raccomandazione 2006/33/EC, Raccomandazione finalizzata a promuovere l'utilizzo di elettricità erogata da reti elettriche terrestri per le navi ormeggiate nei porti comunitari, Maggio 2006. Decreto Ministero Ambiente del 16 ottobre 2006, Programma di finanziamenti per le esigenze di tutela ambientale connesse al miglioramento della qualità dell'aria e alla riduzione delle emissioni di materiale particolato in atmosfera nei centri urbani, Marzo 2007
- Federal Environment Agency, Market-based Instruments for abatement of Emission from Shipping – A Pilot Project for the Baltic Sea, August 2008
- MEPC 58/23, Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (Revised MARPOL Annex VI), November 2010
- Direttiva 2008/50/CE, Qualità dell'Aria Ambiente e per un'Aria più Pulita in Europa, Maggio 2008
- Autorità Portuale di Taranto, Piano Regolatore Portuale
- Avvisatore Marittimo Porto Taranto: Dati presenza Navi – Periodo 2010-2012, Gennaio 2013

1.3 Note sui sistemi di elettrificazione delle banchine

I sistemi di elettrificazione delle banchine (*“cold ironing”*) sono ormai consolidate realtà in alcuni porti degli Stati Uniti e del Nord Europa (Germania, Svezia, Belgio, Finlandia). Anche l'Italia muove i primi passi operativi, nel Porto di La Spezia e in quello di Venezia e registra accordi, in fase anche avanzata, per altri porti. Già nel 2006, infatti, la Commissione europea raccomandava agli Stati membri di valutare la possibilità di creare banchine elettrificate, specialmente in quei porti diventati le principali pressioni ambientali a livello locale. Questa soluzione sembra rappresentare



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

un'importante innovazione in grado di ridurre le emissioni in atmosfera generate dall'attività di stazionamento delle navi.

L'elevato costo del carburante con tenore di zolfo non superiore allo 0.1% (obbligatorio a partire dal Gennaio 2010) e la possibilità di godere di agevolazioni fiscali sull'energia fornita dalle banchine, come di recente confermato dall'UE con le autorizzazioni concesse a Svezia e Germania, incentiva anche le Compagnie di navigazione ad adattare i propri sistemi per poter utilizzare i collegamenti elettrici sul molo. D'altro canto, però, soltanto un accurato studio di fattibilità che contempli, oltre alla valutazione economica dell'intero investimento sul territorio ed alla sua realizzabilità, anche un confronto delle alternative in termini di impatti ambientali di breve/medio/lungo termine sulla zona portuale e sulle aree residenziali limitrofe può essere di reale supporto ad una stima costi/benefici. Tale valutazione richiede il ricorso a strumenti in grado di fornire un'indicazione complessiva degli impatti, superando i limiti legati alla lettura dei singoli dati di emissione di inquinanti atmosferici: gli indicatori di sostenibilità.

Al fine di effettuare una corretta valutazione degli impatti delle attività del porto sui livelli di qualità dell'aria delle aree residenziali limitrofe occorre inoltre disporre di adeguati strumenti conoscitivi quali una rete di monitoraggio ambientale e un sistema di controllo di processo, e di opportuni supporti decisionali di "*Source Apportionment*" e di dispersione degli inquinanti per individuare i contributi specifici di dette attività.

1.4 Considerazioni sull'ubicazione dell'intervento

Il porto di Taranto si compone di un'ampia rada denominata Mar Grande e di una insenatura chiamata Mar Piccolo; esso rientra fra i porti italiani riconosciuti di maggior importanza e, dal 1998, è dotato di Autorità Portuale; come tale esso eroga servizi di interesse generale come il pilotaggio, l'ormeggio e le sue strutture in esercizio si dispongono tra il Porto in Rada, che si estende dal molo di S. Eligio a Punta Rondinella e il Porto fuori Rada, che va da Punta Rondinella alla foce del Fiume Tara. Il porto di



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Taranto è sostanzialmente un “porto aziendale”, ovvero prevalentemente dedicato al servizio delle industrie localizzate nel territorio e alla movimentazione di contenitori. Le aziende che ne alimentano maggiormente il traffico sono essenzialmente l’Ilva, l’Eni, la Cementir, la Italcave e la Evergreen; di minor conto risulta la movimentazione derivante da attività mercantile e da crociera.

Giova ricordare, a questo proposito, anche l’importante documento relativo al Piano Regolatore Portuale (PRP) di Taranto, redatto nell’anno 2010, il quale reca ogni informazione utile sulla situazione di fatto dell’area portuale e sui suoi sviluppi futuri. Tale documento, che disciplina l’utilizzazione delle aree ricomprese nell’ambito portuale, definendone le destinazioni d’uso, le funzioni caratterizzanti e le funzioni ammesse, le eventuali prescrizioni, gli indirizzi, le attenzioni e le cautele, nonché le attività vietate, sarà tenuto in debito conto nelle scelte e nelle valutazioni riportate nel seguito.

1.5 La movimentazione delle merci nel porto di Taranto

Il traffico merci del porto di Taranto è prevalentemente focalizzato sullo sbarco e imbarco di contenitori da nave, di prodotti petroliferi grezzi e raffinati di materiali ferrosi allo stato grezzo e lavorati e di cemento in polvere e sacchi.

La sua posizione geografica risulta sfavorevole, rispetto ai porti di Bari e Brindisi, per il traffico passeggeri verso la Grecia e l’Albania, e per il traffico merci e crocieristico verso il Nord Africa e il Mediterraneo, rispetto al porto di Gioia Tauro.

1.6 Suddivisione e destinazione delle aree portuali

Le installazioni del porto di Taranto sono distribuite a Nord-Ovest del Mar Grande e comprendono il porto mercantile e il porto industriale; esso si estende lungo 5 calate e



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

5 sporgenti cui si aggiungono un pontile petroli e un molo polisettoriale per una lunghezza complessiva di circa 10.000 m di banchina e più di 2.700.000 m² di aree operative (di cui 1.000.000 nel porto commerciale, 700.000 in quello industriale e 1.000.000 nel terminal container) (Fig.1).

In particolare, rientrano nel porto in rada gli sporgenti e le calate da 1 a 4, la darsena servizi e il terminale petrolifero; appartengono al porto fuori rada, lo sporgente e la calata 5 insieme al molo Polisettoriale. Tali strutture non sono tutte sotto la competenza gestionale dell'Autorità Portuale, ma sono spesso in concessione a società industriali: questo limita di fatto l'autonomia della stessa Autorità



Figura 1 - Porto di Taranto: suddivisione delle aree

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Portuale relativamente alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle aree date in concessione.

Una più precisa analisi evidenzia la seguente suddivisione:

- *Molo di Sant'Eligio*, in concessione al Comune di Taranto, si estende per diverse centinaia di metri con un fondale variabile da 3 a 8 metri ed è in genere dedicato a imbarcazioni di piccole dimensioni.
- *Molo di San Cataldo*, non in concessione, si estende lungo il *primo sporgente e le calate 1 e 2*; rappresenta parte del porto commerciale ed è utilizzato per la movimentazione di merci varie e rinfuse ad opera di diverse imprese portuali che si avvalgono di scaricatori gommati e carrelli elevatori con portate non superiori a 200 tonnellate. Il molo si estende per circa 1.300 m con un fondale variabile fra 8 e 13 m. Sulla sua superficie di circa 50.000 m² sono presenti l'Autorità Portuale, la Stazione Marittima e alcuni edifici dedicati alle attività del porto così che la superficie operativa è ridotta a circa 13.000 m².
- *Calata 3 e secondo e terzo sporgente*, in concessione all'Ilva, fanno parte del porto industriale e sono utilizzati per lo scarico di minerali, materiali siderurgici, loppa, combustibili e catrame da navi con tonnellaggio di portata lorda inferiore a 100.000 DWT. Per lo scarico e la movimentazione si utilizzano scaricatori elettrici fino a 42 t, gru elettriche su binario a braccio retrattile con portate fino a 63 t e nastri trasportatori da circa 3.000 t/ora. La superficie complessiva interessata è di circa 200.000 m² per una lunghezza di circa 3.000 m, per un'area operativa di circa 60.000 m².e un fondale da 10 a 16 m.
- *Calata 4*, in concessione alla Cementir Spa, fa parte del porto industriale e può essere utilizzata per il traffico di cemento nel porto di Taranto con navi il cui tonnellaggio di portata lorda non supera i 15.000 DWT. Per lo scarico e la movimentazione si utilizzano torri aspiranti con ponte mobile con portate dell'ordine di 400 tonnellate/ora o 2.400 sacchi/ora e nastri trasportatori collegati all'impianto industriale ubicato alle spalle del porto.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Tale banchina si sviluppa per circa 300 m, con un fondale utile di circa 13 m.

- *Quarto sporgente*, in concessione all'Ilva di Taranto, è parte del porto industriale e può essere utilizzato per lo scarico di materiali ferrosi e di carbone da navi con tonnellaggio di portata lorda non superiore a 300.000 DWT. Per lo scarico e la movimentazione si utilizzano scaricatori a benna o a tazze di portata non superiore a 7.200 tonnellate/ora e nastri trasportatori. Tale banchina si sviluppa per circa 600 m complessivi con un fondale variabile fra 10 e 24 m.
- *Darsena servizi*, non in concessione, è al servizio delle attività portuali e come tale è destinata ad accogliere i mezzi operativi del Corpo dello Stato, rimorchiatori e altri mezzi nautici. Si estende per circa 450 m con uno specchio d'acqua interno di circa 22.000 m².
- *Pontile e campo boe*, in concessione a Eni Spa, sono parte del porto industriale e vengono utilizzati per la movimentazione marittima dei prodotti petroliferi da navi cisterne. Il pontile, collegato direttamente alla raffineria, si estende con una larghezza media di 22 m per 560 m e con il suo fondale non inferiore a 11 m assicura l'accostamento di almeno due navi di tonnellaggio non superiore a 50.000 DWT su ogni lato. E' usualmente dedicato ai prodotti petroliferi raffinati. Il campo boe si compone di 5 boe e con una profondità media del fondale di circa 22 m, consente l'ormeggio di navi cisterna fino a di 300.000 DWT; esso si connette alla raffineria per mezzo di una condotta sottomarina lunga circa cinque chilometri ed è generalmente destinato al petrolio grezzo.
- *Quinto sporgente*, in concessione all'Ilva di Taranto, è parte del porto industriale ed è utilizzato per carico e spedizione di prodotti siderurgici da navi con tonnellaggio di portata lorda non superiore a 50.000 DWT. Per lo scarico e la movimentazione si utilizzano scaricatori elettrici a braccio retrattile su rotaia di portata non superiore a 22 tonnellate e binari direttamente collegati allo stabilimento. Tale banchina si sviluppa per circa

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

1200 m complessivi, dispone di un'area operativa di circa 630.000 m² con un fondale di circa 12 m.

- *Calata 5*, si estende su circa 50.000 m² di superficie ed è occupata dalla Grandi Lavori Fincosit s.p.a., che opera nella produzione di cassoni cellulari marittimi in cemento armato, e dal Consorzio Terminal Rinfuse, che si occupa di lavorazione e movimentazione di merci sfuse. Per lo scarico e la movimentazione dei materiali si utilizzano gru gommate con portate non superiori a 160 tonnellate e un fondale di profondità minima di 14 m garantisce l'ormeggio di navi di tonnellaggio non superiore a 100.000 DWT.
- *Molo Polisetoriale*, in concessione alla Taranto Container Terminal Spa, è parte del porto commerciale ed è utilizzato per carico e scarico di contenitori da nave. Tale banchina si sviluppa per circa 2.000 m complessivi, dispone di un'area operativa di circa 1.000.000 m² con un fondale di circa 14 m e si avvale per gli uffici e i servizi portuali di dieci palazzine e di un raccordo ferroviario alla rete nazionale. Per lo scarico e la movimentazione sono disponibili più di dieci portacontainer con portate non superiori a 70 tonnellate, gru da banchina con portata di circa 100 tonnellate e diversi carroporti con portata non superiore a 40 tonnellate.

2. Valutazione degli impatti delle attività portuali sulla qualità dell'aria

Per valutare gli impatti delle attività portuali in un'area industriale complessa come quella di Taranto è necessario utilizzare, in tutte le fasi progettuali, metodologie di monitoraggio sviluppate *ad hoc* che consentano *ex ante* di individuare le criticità, in itinere di verificarne la presenza ed *ex post* di attestarne la rimozione onde dimostrare la realizzazione dei benefici previsti dagli interventi eseguiti.

Per quanto concerne il particolato atmosferico (PM), parametro critico nell'area industriale di Taranto, sono state messe a punto negli ultimi anni strategie di monitoraggio utili alla determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle particelle con un'elevata risoluzione temporale, unitamente ai principali parametri meteorologici che determinano la loro dispersione in atmosfera ed il trasporto dalla sorgente ai siti recettori [1, 2, 3, 4, 5]. Il trattamento statistico multivariato dei dati provenienti da tale approccio integrato di monitoraggio può permettere di identificare e stimare il contributo delle emissioni associate alle diverse attività antropiche che insistono nell'area industriale di Taranto.

2.1 L'inventario delle emissioni: ricognizione ed elaborazione dei dati disponibili

L'Arpa Puglia ha effettuato, nel 2007, una stima delle emissioni in atmosfera derivanti da attività marittime nel porto di Taranto, utilizzando la metodologia internazionale "*Methodology for Estimate air pollutant Emission from Transport*" [8], adoperando il *database* INEMAR 2007 PUGLIA. L'approccio per stimare le emissioni, in particolare, può essere effettuato a partire da un opportuno set di dati grezzi da richiedere alle autorità locali (Capitaneria di Porto ed Autorità Portuale).

Inoltre, si può considerare come variabile il consumo di combustibile delle

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

varie tipologie di imbarcazioni nelle diverse fasi operative analizzate (stazionamento e manovra). Invece, per quanto riguarda i fattori emissivi, si possono utilizzare le informazioni relative alle stime delle quantità emesse d'inquinante (in kg o t) rispetto alle quantità (t) di combustibile utilizzato da ciascuna imbarcazione. Dalla tabella 1 [9] si evince che le attività marittime del porto di Taranto possono generare un significativo contributo alle emissioni totali nell'area esaminata.

La metodologia di stima utilizzabile si può riferire anche a quella contenuta nell'*Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, applicata ed implementata nel 2006 dal Dipartimento Provinciale di Venezia A.R.P.A.V. [10]. Tale implementazione, partendo dall'approccio MEET (*Methodology for Estimate air pollutant Emissions from Transport*) proposto da Trozzi e Vaccaro [9], prevede di utilizzare fattori di emissione indipendenti dal tipo di motore installato sulle imbarcazioni, tratti dal report della Commissione Europea [11] e dal database CORINAIR [12].

In base alla classificazione CORINAIR le emissioni dai porti sono suddivise in:

- attività 080402 - Traffico marittimo nazionale;
- attività 080404 - Traffico marittimo internazionale.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

	PM10 (t)	PTS (t)	SO₂ (t)	VOC (t)	NOx (t)	CO₂ (kt)
Porto (a)	403,12	-	3.041,03	263,83	3.383,89	179,03
Industria emissioni puntuali (b)	4.787,54	8.672,23	24.225,7	-	20.439,0	-
Industria emissioni fuggitive (c)	173,88	476,95	0,0	-	0,0	-
Traffico stradale (d)	130,08	154,49	24,7	-	3.633,9	-
Riscaldam. Domestico (e)	55,51	57,83	196,8	-	955,7	-

Tabella 1 - Emissioni di inquinanti nel Comune di Taranto (anno 2007).

Fonte: Elaborazioni da Regione Puglia, 2012. (a) Stima delle emissioni da attività portuali, essenzialmente fasi di manovra e di stazionamento delle imbarcazioni; (b) Per PM10 e PTS: Ilva, Cementir, Edison, Eni, Enipower, CBMC; (c) Per PM10 e PTS: Solo Ilva e Cementir. (d) Per PM10 e PTS: Strada Statale Jonica SS106, Strada Statale 100, Strada Statale SS7. (e) emissioni diffuse (areali) dovute al macrosettore "Impianti di combustione non industriale", codice SNAP 02, che contempla i settori "Impianti commerciali e istituzionali (codice SNAP 0201) e "riscaldamento civile".

Ai fini della stima delle emissioni, il percorso compiuto da una nave può essere scomposto in 5 modalità operative (fasi):

- *Cruising* (crociera).
- *Maneuvering* (manovra).
- *Hotelling* (stazionamento).
- *Tanker offloading* (rifornimento di navi cisterne).
- *Auxiliary* (sistemi ausiliari).

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Il traffico delle navi nel porto può essere descritto esaurientemente mediante le prime 3 fasi, coerentemente con i dati a disposizione, attraverso una metodologia basata sostanzialmente sulla stima dei consumi di carburante e sull'utilizzo di un fattore di emissione caratteristico di ogni fase operativa e tipologia di nave.

A tal fine, dovranno essere tenuti in debito conto i fattori di emissione per NO_x, VOC (*Volatile Organic Compound*), CO₂, CO, SO₂ e PM. La struttura di calcolo da implementare dovrà permettere di inserire i fattori di emissione di altri inquinanti o di modificare gli esistenti. Il modulo di calcolo dovrà consentire la stima, nel livello di massimo dettaglio possibile, relativa all'emissione $E_{i,j,k,l,m,n}$, ovvero l'emissione totale dell'inquinante i dall'uso del carburante j sulle n imbarcazioni di tipo k con motore l nella fase m , secondo la seguente relazione:

$$E_{i,j,k,l,m,n} = S_{j,k,m} \cdot t_{j,k,l,m} \cdot F_{i,j,l,m} \cdot N_{j,k,l,m} \cdot 10^{-6}$$

dove:

- $S_{j,k,m}$: consumo giornaliero [t/giorno] di carburante j , nell'imbarcazione k , nella fase m (calcolato come indicato in seguito in funzione della stazza lorda);
- $t_{j,k,l,m}$: giorni medi di navigazione dell'imbarcazione k con motore l (e specifica stazza lorda) usando carburante j nella fase m ;
- $F_{i,j,l,m}$: fattore di emissione medio dell'inquinante i , per il carburante j e motore l nella fase m [mg/g, kg/t, a seconda del tipo di inquinanti];
- $N_{j,k,l,m}$: numero imbarcazioni k , con motore l e carburante j (e specifica stazza lorda) nella fase m (si tratta di un'aggiunta rispetto alla metodologia MEET che prevedeva di considerare con t_{jklm} il numero totale dei giorni per tipo di imbarcazione, nella modalità scelta in questo documento si inserisce una stima del numero di navi che può essere utile.

Il consumo giornaliero di carburante è quindi dato dalla formula:

$$S_{j,k,m} = C_{j,k} \cdot p_{k,m}$$

dove:

- $C_{j,k}$: consumo giornaliero di carburante j della nave k al 100% della potenza (come funzione della stazza lorda) [t/giorno];
- $p_{k,m}$: frazione del consumo di combustibile nella fase m per l'imbarcazione k .

Con i dati a disposizione, si potrà procedere, quindi, al calcolo dell'emissione totale E_i come segue:

$$E_i = \sum_{j,k,l,m,n} E_{i,j,k,l,m,n}$$

dove:

- E_i : emissione totale dell'inquinante i [kg, t, o kt, unità di misura dipendente dall'inquinante]; i : inquinante, j : carburante, k : tipo di imbarcazione; l : tipo di motore; m : fase operativa; n : numero di imbarcazioni.

La compilazione di un inventario delle emissioni in atmosfera, stimate in un arco temporale definito, è peraltro considerata indispensabile per la conoscenza delle problematiche ambientali del territorio; una stima dell'evoluzione spaziale e temporale delle emissioni d'inquinanti diventa quindi uno strumento per integrare le informazioni raccolte, al fine di realizzare interventi di pianificazione territoriale.

L'approccio sopra descritto potrebbe agevolmente essere adoperato per questo e/o altri studi, in quanto agevola la realizzazione di un inventario che possa integralmente stimare le emissioni generate dal traffico nazionale ed internazionale nel porto di Taranto.

Come si evince dall'analisi dei dati (Fig. 2) [13] stimati a partire dalle informazioni presenti nei registri portuali [14], l'emissione di SO₂, NO_x, NMCOV, CO₂, PTS sono sviluppate per circa il 95% dalla fase di stazionamento delle navi nei porti, rispetto a quella di manovra. Per questo

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

motivo, i dati da considerare si riferiranno prevalentemente alle fasi di stazionamento.

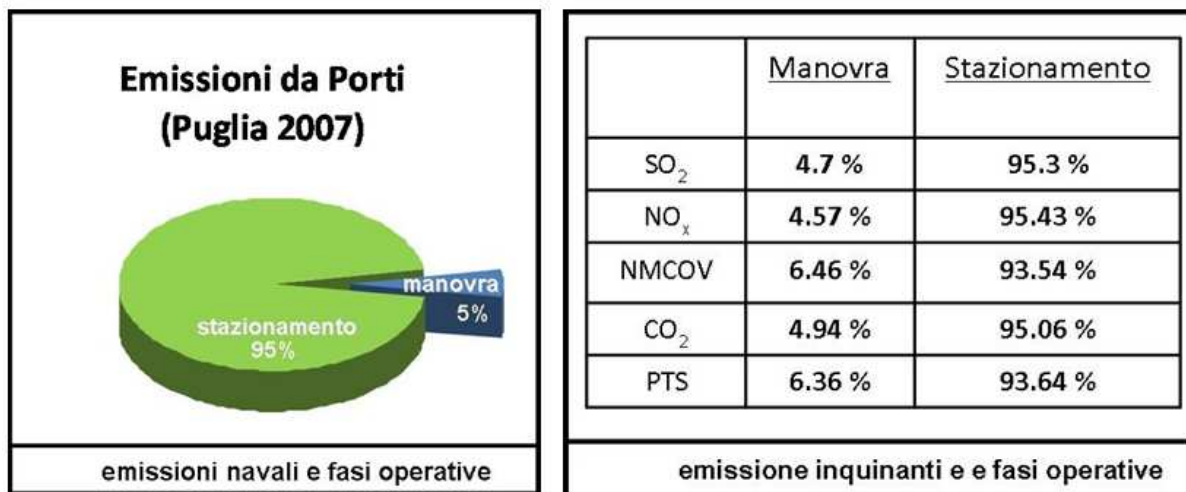


Figura 2 - Emissioni di SO₂, NO_x, NMCOV, CO₂, PTS calcolate nelle fasi

Come sopra evidenziato, in base alla metodologia d'indagine descritta, potrà essere possibile determinare tutti i parametri d'impatto ambientale di significativo interesse, a valle sia delle necessarie, idonee rilevazioni ed elaborazioni, sia dei dati forniti direttamente dall'Autorità Portuale. Di particolare interesse potranno essere i dati relativi alle emissioni dovute allo stazionamento delle navi in rada nel Mar Grande, o anche allo stazionamento al molo polisettoriale (in concessione al TCT ed utilizzato per il *transhipment* di container). Potranno essere di significativa importanza anche le emissioni dal pontile dato in concessione all'ENI per la movimentazione dei prodotti petroliferi raffinati e le emissioni dagli sporgenti dati in concessione al resto del polo industriale (Ilva e Cementir) dal secondo al quinto.

Lo stazionamento in rada e il traffico dei container in transito da una nave all'altra portacontainer, potrebbero essere, in base a considerazioni preventive che comunque dovranno trovare puntuale riscontro, i punti critici del sistema porto. E' comunque necessario specificare che la movimentazione delle rinfuse solide apporta emissioni fuggitive dai pontili in concessione allo stabilimento siderurgico ed al cementificio, purtroppo di difficile quantificazione.

2.2 Determinazione degli indicatori ambientali aggregati

L'inventario delle emissioni d'inquinanti è funzionale al calcolo dei più importanti indicatori ambientali aggregati ottenuti dalla combinazione dei dati di emissione di singoli inquinanti:

- CO_{2eq}: totale emissioni di gas serra in termine di CO₂ - equivalente;
- Tot. acidif. (H+): totale emissioni sostanze acidificanti;
- Precurs. O₃: totale emissioni di precursori dell'ozono.

Le emissioni di "CO_{2eq}" rappresentano le emissioni totali di gas serra, pesate sulla base del loro contributo all'effetto serra. La stima delle emissioni aggregate di gas serra si basa sulla seguente relazione:

$$CO_{2eq} = \sum_i GWP_i \times E_i$$

con:

- CO_{2eq}: emissioni di CO₂ equivalente in kt/anno;
- GWP_i: "Global Warming Potential", coefficienti IPCC pari a 1, 0,021 e 0,31 rispettivamente per CO₂, CH₄ e N₂O;
- E_i: emissioni di CO₂ (in kt/anno), CH₄ e N₂O (in t/anno).

Le emissioni di "Tot. acidif. (H+)" rappresentano le emissioni totali di sostanze in grado di contribuire all'acidificazione delle precipitazioni. La stima delle emissioni aggregate di sostanze acidificanti si basa sulla seguente relazione:

$$Tot.acidif. (H+) = \sum_i AP_i \times E_i / 1000$$

con:

- Tot. acidif. (H+): emissioni di sostanze acidificanti totali in termini di emissioni potenziali di ioni H⁺ in kt/anno;

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- AP_i: fattori di acidificazione potenziale, pari a 31,25, 21,74 e 58,82 rispettivamente per SO₂, NO_x e NH₃;
- E_i: emissione dell'inquinante SO₂, NO_x e NH₃ (in t/anno).

Le emissioni di "Precursori di O₃" rappresentano le emissioni totali di sostanze inquinanti in grado di favorire la formazione dell'ozono troposferico. La stima delle emissioni aggregate di precursori dell'ozono si basa sulla seguente relazione:

$$\text{Precurs. O}_3 = \sum_i \text{TOFP}_i \times E_i$$

con:

- Precurs. O₃: emissioni di precursori dell'ozono in t/anno;
- TOFP_i: "*Tropospheric Ozone Formation Potentials*", coefficienti di formazione dell'ozono troposferico, pari a 1,22, 1, 0,014 e 0,11 rispettivamente per NO_x, COV, CH₄ e CO;
- E_i: emissioni di NO_x, COV, CH₄ e CO (in t/anno).

La formazione di aerosol secondario, a partire da alcuni inquinanti precursori (NO_x, SO₂, NH₃), è responsabile dell'incremento della quantità di PM10 secondario che si somma a quello emesso direttamente in atmosfera.

La stima di questo contributo si ottiene mediante una somma pesata delle emissioni degli inquinanti di pertinenza, tenendo conto di un fattore moltiplicativo caratteristico dell'inquinante (AF_x, fattore di formazione di aerosol); tale fattore è proporzionale alla frazione dell'inquinante convertito in particolato. La relazione che lo esprime è la seguente :

$$\text{Precurs. PM sec. (PM10)} = \sum_i \text{AF}_x \times E_i$$

dove:

- Precurs. PM sec.: emissione di precursori di aerosol secondario in t/anno;
- AF_x: fattore di formazione di aerosol;

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- Ei: emissione di NO_x, SO₂, NH₃ (in t/anno).

2.3 Osservazioni sui risultati d'impatto ambientale nella zona portuale

In seguito ad un idoneo monitoraggio ambientale, che potrebbe effettuarsi anche con l'ausilio dell'impianto descritto più avanti (§ 4), si potrebbero evidenziare e caratterizzare per via sperimentale le emissioni di inquinanti nell'area portuale di Taranto, anche in considerazione dei venti predominanti. Dall'analisi ed elaborazione dei dati provenienti dal monitoraggio, nonché dalla loro integrazione con quelli relativi agli archivi custoditi presso l'Autorità Portuale ed elaborati in base alla metodologia descritta, potrebbero risultare sicuramente alcuni indicatori ambientali aggregati che possano descrivere le situazioni di maggiore criticità.

Tra le modalità operative che individuano il percorso di una nave all'interno dell'area portuale navigabile, la fase di stazionamento produce le maggiori emissioni di inquinanti, per questo motivo la stima delle emissioni ottenibile in questo ed altri studi può e deve essere incentrata su questa specifica fase.

E' del tutto pacifico che quanto più è trafficato un molo/sporgente, tanto più esso incide sull'ambiente con corrispondenti livelli d'inquinamento importanti e tanto più è suscettibile d'interesse ai fini della progettazione dell'elettificazione delle banchine. Ad esempio, sulla base della citata raccolta dati e della eventuale determinazione degli indicatori sopra descritti, si potrebbe convenire che lo stazionamento delle navi in rada e sul pontile del Terminal Container determini un più consistente impatto ambientale, da cui si potrebbe dedurre che le strategie di mitigazione risulterebbero più efficaci se rivolte all'elettificazione di tali banchine.

Al fine di effettuare una corretta valutazione degli impatti delle attività del porto sui livelli di qualità dell'aria delle aree residenziali limitrofe occorre inoltre disporre di adeguati strumenti conoscitivi quali la citata rete di monitoraggio ambientale e un sistema di controllo di processo di cui al § 4, nonché di opportuni supporti decisionali di "Source Apportionment" e di dispersione degli



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

inquinanti per individuare i contributi specifici di dette attività.

Pertanto, attività di monitoraggio di parametri cruciali di qualità dell'aria come il particolato atmosferico, durante tutte le fasi progettuali, consentano ex ante di valutare le criticità, in itinere di verificarne la presenza ed ex post di attestarne la rimozione, onde dimostrare la realizzazione dei benefici previsti dagli interventi eseguiti.

3. L'elettificazione della banchina

3.1 Scopo e caratteristiche

Una nave ormeggiata in porto mantiene in funzione un certo numero di gruppi elettrogeni per generare l'energia elettrica necessaria ad alimentare i servizi. Come già evidenziato nella precedente sezione, questa modalità di produzione dell'energia è fonte di inquinamento dell'aria, non solo della zona adiacente al porto, ma dell'intera città di Taranto (e in particolare del vicino Quartiere Tamburi), in quanto questi inquinanti sono sospinti anche nell'entroterra a causa dei venti.

L'elettificazione delle banchine ha per scopo quello di mantenere i generatori ausiliari delle navi inattivi in porto, alimentando i servizi di bordo da terra tramite un collegamento elettrico. L'energia elettrica impiegata viene prelevata dalla rete di distribuzione nazionale, pertanto è prodotta in siti lontani dagli abitati e con tecniche a più basso impatto ambientale.

In generale i limiti imposti per le emissioni inquinanti da parte di centrali termoelettriche sono più stringenti rispetto ai limiti previsti nel settore navale; d'altronde il ricorso ad energia elettrica da fonte rinnovabile (fotovoltaico, eolico e idrico) porta le emissioni di inquinanti a un valore pressoché nullo, con l'ulteriore vantaggio della riduzione dell'inquinamento acustico e delle vibrazioni prodotte dai motori endotermici.

In particolare, se si realizza e si potenzia la centrale eolica già progettata nelle vicinanze del porto e si procede altresì alla contemporanea progettazione e realizzazione di idonei impianti fotovoltaici in area portuale, si consegue il duplice vantaggio di ridurre l'impatto ambientale e nello stesso tempo l'energia consumata proveniente dalla rete elettrica pubblica.

Aziende internazionali, *leader* nelle tecnologie per i sistemi di potenza e per l'automazione, propongono, per l'elettificazione delle banchine, soluzioni già ampiamente collaudate in porti del nord Europa e degli Stati Uniti d'America.

3.2 La criticità ambientale del sito portuale

A livello nazionale, l'attività del settore navale rappresenta circa il 3% delle attività industriali complessive. Pertanto è lecito presumere che il consumo di energia mediamente si attesti sulla stessa percentuale; di contro l'emissione di gas nocivi risulta avere un peso, rispetto alle emissioni globali, inferiore al 3% per il CO₂, sotto il 15% per l'NO_x e intorno al 5% per l'SO_x.

In linea di massima, le citate emissioni potrebbero essere considerate a bassa nocività, visto anche che questi gas sono rilasciati per lo più in mare. Un'analisi più attenta, tuttavia, però porta a considerare in maniera determinante anche il contesto sotto indagine: l'area di Taranto infatti è soggetta all'azione combinata di diverse fonti di inquinamento, il che rappresenta un fattore potenzialmente molto critico per l'ambiente, come del resto si è già visto in precedenza. Taranto, infatti, da più di cinquant'anni ospita, nel suo territorio, attività industriali a forte impatto ambientale: uno stabilimento siderurgico, una raffineria e un arsenale militare con conseguente inquinamento del suolo, del sottosuolo, delle acque e dell'atmosfera.

Proprio per i motivi sopra evidenziati, nell'ambito del "*Piano di prime misure di intervento per il risanamento dell'aria nel quartiere Tamburi per gli inquinanti B(a)P e PM10*" adottato dalla Giunta della Regione Puglia, è stato demandato all'Autorità Portuale di Taranto lo studio per la fattibilità dell'elettificazione delle banchine e delle misure per la riduzione dell'impatto ambientale per la movimentazione di merci polverulente.

Le emissioni di NO_x dei motori diesel sono strettamente legate ad una serie di parametri di funzionamento del motore, ed in particolare dipendono sensibilmente dal numero di giri al minuto (*rpm*) e dalla temperatura. L'*Annex VI* di *Marpol 73/78* fissa le seguenti limitazioni per tali emissioni di NO_x (Tab. 2):

Limiti di emissione di NOx [g/kWh]	N. di giri/minuto del motore (n) [rpm]	Validità temporale
17,0	$n < 130$	fino al 01/01/2011
$45,0 \cdot n^{-0,2}$	$130 \leq n < 2000$	
9,8	$n \geq 2000$	
14,4	$n < 130$	dal 01/01/2011 al 01/01/2016
$44,0 \cdot n^{-0,23}$	$130 \leq n < 2000$	
7,7	$n \geq 2000$	
3,4	$n < 130$	oltre il 01/01/2016
$9,0 \cdot n^{-0,20}$	$130 \leq n < 2000$	
2,0	$n \geq 2000$	

Tabella 2 - Limitazioni per le emissioni di NOx (Marpol 73/78 – Annex VI)

Relativamente alle emissioni di SO_x nel combustibile bruciato, il limite assoluto nel mondo è <4.5 %, valore che l'Annex VI di Marpol 73/78 riduce per le Aree ECA (*Emission Control Areas*), di cui i porti fanno parte, ai seguenti valori:

- < 1.0 % fino all'1/1/2015
- < 0.1 % oltre l'1/1/2015

Quest'ultimo limite di SO_x <0.1 % è anticipato al primo gennaio 2015 dalla Direttiva EU 2005/33/EC per navi che ormeggiano per più di due ore in porti comunitari.

3.3 Analisi delle emissioni

Il ricorso all'elettificazione delle banchine ha ovviamente lo scopo principale di evitare la produzione di energia elettrica tramite i motori ausiliari delle navi quando queste sono attraccate al molo. La motivazione principale per

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

questa scelta risiede nel fatto che in questo modo si ha un notevole abbattimento delle emissioni.

Prima di valutare il beneficio ambientale derivante da questo tipo di scelta occorre richiamare alcune normative che dovrebbero applicarsi per la limitazione dell'inquinamento da motori marini che ovviamente delimitano le emissioni più inquinanti (PM, CO₂, SO_x e NO_x).

Volendo effettuare un confronto in termini di riduzione di emissioni di inquinanti, si possono considerare i dati e le prescrizioni riportate nella citata Direttiva 2005/33/CE. Se si considera, infatti, il caso più svantaggioso di carburante in uso sulla nave con basso contenuto di azoto (inferiore allo 0.1 %), le emissioni dei vari inquinanti possono essere assunte pari a (*CE Task 2*):

$$NO_x \cong 11,80 \text{ g / kWh}$$

$$SO_2 \cong 0,46 \text{ g / kWh}$$

$$CO_2 \cong 700 \text{ g / kWh}$$

$$PM \cong 0,30 \text{ g / kWh}$$

le quali, confrontate con le emissioni tipiche del sistema elettrico italiano sotto riportate:

$$NO_x \cong 0,35 \text{ g / kWh}$$

$$SO_2 \cong 0,46 \text{ g / kWh}$$

$$CO_2 \cong 406 \text{ g / kWh}$$

$$PM \cong 0,03 \text{ g / kWh}$$

garantiscono una riduzione di circa il 94% delle emissioni di NO_x, di circa il 42% di CO₂ e del 90% di particolato, mentre le emissioni di SO₂ rimangono sostanzialmente di contenuto inalterato.

3.4 Analisi del flusso marittimo e delle potenze elettriche in gioco

Al fine di individuare una soluzione a basso impatto ambientale ma

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

vantaggiosa anche dal punto di vista economico si sono esaminati una serie di dati relativi al traffico marittimo all'interno del porto di Taranto nel biennio 2010-2012. Si è presa dunque in considerazione l'operatività dei singoli moli con particolare attenzione al tipo di navi coinvolte e alla relativa stazza stimando le emissioni delle principale sostanze nocive emesse durante il periodo di ormeggio. Facendo riferimento alla suddivisione del Porto di Taranto vista in precedenza, è possibile riassumere i risultati dello studio così come di seguito esposto.

- *Molo di Sant'Eligio*: ha effetti del tutto trascurabili sull'ambiente per il numero e le potenze delle imbarcazioni coinvolte.
- *Molo di San Cataldo*: è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata lorda inferiore a 10.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo inferiori a 1.500 kW e tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore. Seppur di rado, sul primo sporgente di levante e sulla calata 2 sono rimaste ormeggiate navi con tonnellaggio fra 20.000 e 50.000 DWT, con valori medi di potenza a bordo fra 3.000 e 7.000 kW e tempi medi di permanenza variabili da 3 a 72 ore.
- *Calata 3 e secondo e terzo sporgente*: è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata lorda inferiore a 20.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo inferiori a 3.000 kW e tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore. Con media pressoché settimanale, sul secondo sporgente di ponente sono rimaste ormeggiate navi con tonnellaggio fra 20.000 e 50.000 DWT, con valori medi di potenza a bordo fra 3.000 e 7.000 kW e tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore.
- *Calata 4*: è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata lorda inferiore a 5.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo inferiori a 500 kW e tempi medi di permanenza fra 9 e 72 ore.
- *Quarto sporgente*: è stato interessato da navi con tonnellaggio la cui portata lorda raggiunge i 100.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo di circa 15.000 kW e tempi medi di permanenza fra 3 e

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

72 ore.

- *Darsena servizi*: ha effetti del tutto trascurabili sull'ambiente per il numero e le potenze delle imbarcazioni coinvolte.
- *Pontile e campo boe*: il primo è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata lorda inferiore a 50.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo variabili fra 500 a 7.000 kW e con tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore. Il campo boe ha ospitato navi con tonnellaggio fra 50.000 e 100.000 DWT, con valori medi di potenza inferiori a 15.000 kW e tempi medi di permanenza fra 3 e 72 ore.
- *Quinto sporgente*: è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata lorda inferiore a 50.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo variabili fra 500 a 7.000 kW con tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore.
- *Calata 5*: è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata lorda fra 5.000 e 50.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo variabili fra 500 a 7.000 kW con tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore.
- *Molo Polisettoriale*: è stato interessato da navi con tonnellaggio di portata variabile fra 5.000 e 100.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo fra 500 e 15.000 kW e tempi medi di permanenza inferiori a 72 ore.
- *Rada Mar Grande*: è stata interessato da navi in attesa con tonnellaggio di portata variabile fra 5.000 e 100.000 DWT con valori medi di potenza elettrica a bordo fino a 15.000 kW e tempi di permanenza anche superiori a 92 ore.

3.5 Analisi delle potenze richieste

La Tabella 3 riporta i dati riassuntivi che permettono una immediata

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Banchina	Numero Navi complessive [Nro]	Valori medi di potenza a bordo [kW]	Tempi medi di permanenza [h]	Navi /giorno [Nro/g]	Potenza media a molo/giorno [MW/g]	Consumo stimato [TWh/anno]
Calata 1	35	27.504	1.122	0,0	0,0	205.247
I Sporgente Testata	14	8.001	507	0,0	0,0	7
I Sporgente di Ponente	215	330.029	10.425	0,3	0,2	1
Calata 2	182	177.022	8.415	0,2	0,1	774
II Sporgente di Levante	464	2.771.551	21.600	0,6	1,7	335
II Sporgente Testata	10	6.001	423	0,0	0,0	13.470
II Sporgente di Ponente	150	368.524	6.048	0,2	0,2	1
Calata 3	147	88.516	6.708	0,2	0,1	501
III Sporgente di Levante	586	1.036.598	22.575	0,8	0,6	134
III Sporgente Testata	80	70.509	2.688	0,1	0,0	5.265
III Sporgente di Ponente	644	932.602	30.444	0,9	0,6	43
Calata 4	2	1.000	108	0,0	0,0	6.388
Cementir	116	58.012	4.746	0,2	0,0	0
IV Sporgente di Levante	183	2.245.029	9.711	0,3	1,4	62
Pontile Eni	975	3.991.190	41.490	1,3	2,5	4.905
Campo Boe	54	810.011	2.229	0,1	0,5	37.259
V Sporgente	1.164	2.575.205	40.233	1,6	1,6	406
Molo Polisettoriale	1.154	8.771.230	41.238	1,6	5,4	23.312
Calata 5	83	367.515	3.324	0,1	0,2	81.384

Tabella 3 - Stima delle potenze e dei consumi di energia a molo (biennio 2010-2012)

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

comprensione dei risultati dell'analisi svolta; nei calcoli si è ipotizzato un coefficiente di elettrificazione pari a 0,2 kW/t e un fattore di carico manovra/molo cautelativo di 0,45. I dati si riferiscono ad una finestra temporale di 2 anni, ovvero 730 giorni.

Al fine di analizzare la fattibilità di una possibile elettrificazione delle banchine è stato necessario definire dei criteri per valutare il rapporto costi/benefici; si è dunque ragionato in base alla tipologia del molo e delle navi ormeggiate.

È doveroso precisare che i dati a disposizione sono relativi ad un solo biennio, pertanto non è possibile ipotizzare, in maniera assolutamente significativa, un *trend* di crescita del traffico portuale disegnando uno scenario futuro che giustifichi, al di là di ogni ragionevole dubbio, gli ingenti investimenti conseguenti al progetto di elettrificazione delle banchine. Si ritiene tuttavia che l'analisi condotta, rigorosa e puntuale, sui dati a disposizione, sia in linea con analoghi studi già effettuati o in corso di completamento, nell'ambito della letteratura scientifica nazionale ed internazionale sull'argomento. I margini di incertezza stimati sui risultati e sulle soluzioni proposte non dovrebbero superare il 10%, parametro assolutamente congruente con i coefficienti di sicurezza normalmente in uso.

L'elaborazione sui dati disponibili ha evidenziato da un lato un'attività trascurabile per alcune banchine, dall'altro un numero di navi significativo per il secondo, terzo e quinto sporgente, per il pontile Eni e per il Molo Polisettoriale.

Prendendo invece come riferimento la potenza media giornaliera utilizzata dalle navi per ogni molo, si evidenzia che le maggiori richieste sono ovviamente localizzate sui già citati moli più trafficati; si osserva comunque come il quinto sporgente, pur presentando una ridotta attività giornaliera, impegni tuttavia una ingente quantità di potenza per l'alto tonnellaggio delle navi ospitate.

3.6 Soluzioni per l'elettificazione delle banchine

Quella che è definita “l'elettificazione delle banchine” prevede sia interventi a terra che interventi a bordo della nave.

In generale, gli interventi a terra prevedono (Figura 3):

- la realizzazione di una cabina primaria di trasformazione dell'energia elettrica da 150 kV a 20 kV (*main incoming substation*);
- l'installazione di convertitori statici (opportunamente alloggiati, eventualmente in cabina primaria) per adattare la frequenza di rete nazionale (50 Hz) a quella degli impianti elettrici a bordo di alcune navi (60 Hz);
- la realizzazione della connessione tra la rete di trasmissione dell'energia elettrica e la cabina primaria;
- l'installazione, in prossimità dell'ormeggio, di una cabina in cui alloggiare i sistemi di protezione e controllo integrati e l'eventuale trasformatore per adeguare la tensione di distribuzione alla tensione di alimentazione richiesta dalle navi (*shore-side substation*);
- la realizzazione di cavidotti interrati per la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica;
- la realizzazione di cassette di connessione (*berth terminal*) per realizzare il collegamento “presa/spina” tra banchina e nave (*shore-side connector*), complete, eventualmente, di dispositivi per la movimentazione dei cavi di collegamento. Gli *Shore-side substation* e i *berth terminal* possono anche essere interrati (Fig. 4).

In generale, gli interventi a bordo della nave prevedono:

- l'installazione di prese per il collegamento e di un quadro per eseguire il parallelo tra gruppi elettrogeni di bordo e rete, sia in fase di alimentazione da banchina che in fase di distacco dell'alimentazione;

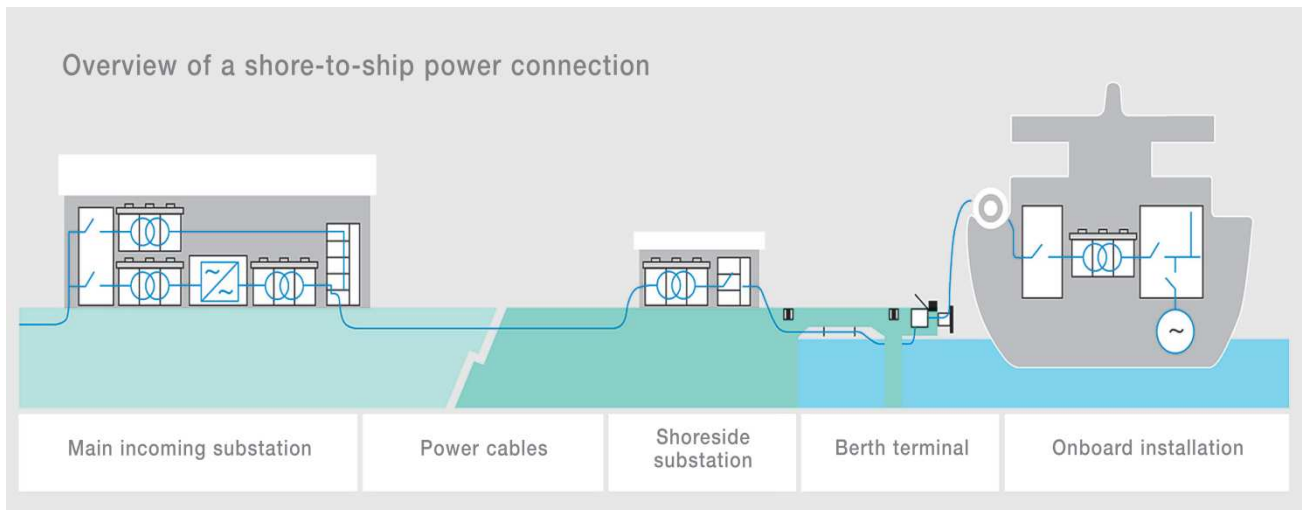


Figura 3 - Schema dell'intera infrastruttura elettrica necessaria sia a terra che a bordo per l'elettificazione della banchina e della nave (fonte ABB)



Figura 4 - Esempio di interramento del sistema di conversione

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- l'eventuale installazione di trasformatori per l'adeguamento dei livelli di tensione (generalmente gli impianti elettrici a bordo delle navi sono eserciti a 440 V oppure a 6,6 kV o a 11 kV);
- l'eventuale installazione di tamburo avvolgicavo per la connessione alla banchina.

Tenuto conto che non esiste al momento uno standard univoco per questi sistemi, è fondamentale, per il raggiungimento del successo dell'iniziativa, stabilire opportuni accordi di collaborazione tra Autorità Portuale, Aziende concessionarie dei moli e Armatori delle navi che attraccano nel porto di Taranto.

3.7 Frequenze, tensioni e sistema di avvolgimento cavi

Come già accennato, a bordo delle navi il valore della tensione di distribuzione primaria dipende dalla potenza complessiva installata a bordo.

Generalmente, i sistemi di generazione e di distribuzione in media tensione a bordo di grosse navi prevedono normalmente un livello di tensione pari a 11 kV, quando la capacità complessiva dei generatori supera i 20 MW e sono presenti motori con potenze maggiori di 400 kW, ovvero una tensione di 6,6 kV, quando la capacità complessiva dei generatori varia da 10 MW a 20 MW e sono presenti motori con potenze massime attorno ai 300 kW. Per navi di modeste dimensioni, sia la generazione che la distribuzione avvengono normalmente in bassa tensione con livelli di tensione comunemente di 440 V o 690 V. I diversi livelli di tensione in funzione della potenza complessiva sono riassunti in Fig. 5.

Per quanto riguarda la distribuzione in bassa tensione, fino a qualche anno fa lo standard era fissato a 440 V. A seguito dei continui aumenti di potenza richiesti, si è passati alla distribuzione a 690 V e talvolta anche a 1000 V, così da ridurre i valori sia delle correnti nominali che delle correnti di guasto. All'interno della nave, le utenze sono alimentate con sistemi trifase a 400 /230V

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

per mezzo di trasformatori BT/BT.

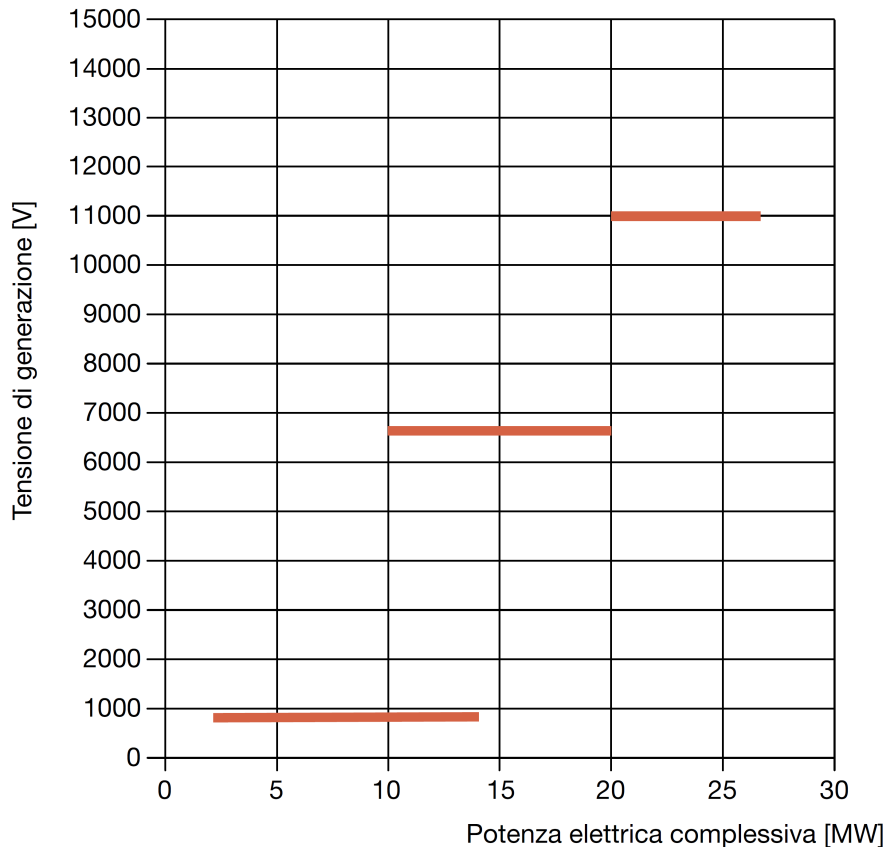


Figura 5 - Grafico tensioni-potenze su navi (fonte ABB)

Le frequenze più comunemente utilizzate sulle navi sono 50 Hz o 60 Hz in relazione a diversi aspetti tra i quali spiccano la tipologia di costruzione navale e il paese di produzione.

Il collegamento “presa/spina”, partendo dalle già citate cassette di connessione installate in banchina, può essere realizzato in vari modi in funzione del tipo di nave (portarinfuse, porta container, petroliere ecc.), delle modalità di attracco alla banchina e delle modalità di carico e scarico delle merci dalle navi.

Per fornire l'alimentazione elettrica alle navi nelle fasi di carico o di scarico ed evitare intralci e impedimenti alle gru preposte a dette funzioni, si potrebbe attrezzare una chiatta a motore (da affiancare alla poppa della nave) su cui allogare il sistema di collegamento (*shore-side connection*) ed eventualmente

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

anche il trasformatore per l'adeguamento tra livelli di tensione, soluzione adottata in molti porti internazionali (Fig. 6).

Altra soluzione utilizzata è quella di una struttura metallica parallela alla banchina, completa di ponteggi per il passaggio degli operatori e del carro ponte per la movimentazione dei cavi utili alla connessione. Questo sistema consente di collegare facilmente, con buone tolleranze sulla posizione, la presa sulla nave alla cassetta di connessione (*berth terminal*) più vicina in banchina.

Un'altra possibilità, utile nel caso di spazi limitati in banchina, è quella del sistema di alimentazione mobile costituito da un carrello dotato di tamburo avvolgicavo con il cavo di alimentazione avente ad un terminale un connettore per la cassetta di connessione in banchina e all'altro un connettore per la nave (Fig. 7); equivalentemente si potrebbero inserire in corrispondenza delle cassette di connessione, dei tamburi avvolgicavo fissi con le caratteristiche descritte e quindi realizzare un sistema di alimentazione fisso, effettuando così la movimentazione del connettore verso la nave mediante le gru del porto o quelle a bordo della nave (Fig. 8).



Figura 6 - Sistema di alimentazione del tipo chiatta a motore

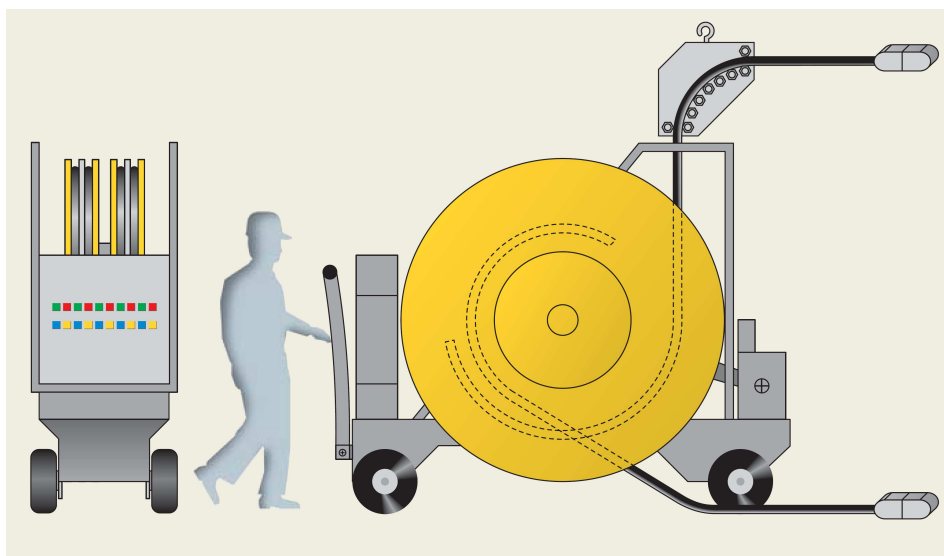


Figura 7 - Sistema di alimentazione mobile



Figura 8 - Sistema di alimentazione fisso

3.8 Individuazione delle banchine da elettrificare

Dai dati ricevuti dall'Avvisatore Marittimo del Porto di Taranto, si sono raccolte informazioni sulla tipologia delle navi che attraccano ai tre ormeggi, sulla loro stazza, e sui relativi periodi di permanenza. Sulla base di queste informazioni si è deciso di circoscrivere l'analisi di fattibilità ai seguenti ormeggi: Molo polisettoriale, Pontile petrolifero, Sporgente 2.

Le motivazioni di fondo per questa scelta si fondano sull'analisi di due fattori:

- a) il *fabbisogno energetico* medio giornaliero delle navi ormeggiate nelle suddette banchine;
- b) la *ripetibilità* del traffico ovvero del tipo di navi che ivi attraccano.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Utilizzando questa *ratio*, da un lato si otterrebbe l'abbattimento della maggior parte delle emissioni e dall'altro la fattibilità tecnica dell'azione. Infatti, ipotizzare l'elettificazione di tutte le banchine per tutte le possibili navi che possono attraccare rappresenta un obiettivo velleitario dal punto di vista tecnico-economico che peraltro produrrebbe una riduzione delle emissioni non proporzionale all'incremento di investimento richiesto. Cionondimeno, si avrebbe il sotto-utilizzo globale della infrastruttura realizzata, con un eccessivo aumento sia del tempo di ammortizzamento che dei costi di manutenzione.

Lasciare alcune banchine non elettrificate permetterebbe di sfruttare a pieno quelle elettrificate per le navi che vorranno adattare i loro sistemi di generazione deviando sui moli non elettrificati le navi senza le predisposizioni necessarie. Oltretutto la gestione e la manutenzione delle banchine indicate risulta vantaggiosa perché ognuna di esse è in concessione esclusiva ad un'unica società. Ulteriore vantaggi derivano dal fatto che l'area coinvolta dall'azione è limitata; infatti le prestazioni dell'infrastruttura elettrica dipendono dall'estensione dell'impianto perché la posa dei cavi è un'opera ad alta invasività per la necessità di effettuare scavi.

Tuttavia, occorre rilevare che anche le restanti banchine, qualora se ne riscontrasse la necessità tecnico-economica, ad esempio per un congruo *trend* in crescita di navi in attracco o anche per un obbligo di legge futuro, potranno essere elettrificate, applicando nei rispettivi siti le considerazioni tecniche e le scelte qui adottate relativamente agli ormeggi sopra menzionati.

Dall'analisi dei dati riportata nella sezione precedente si evince che la potenza richiesta per alimentare contemporaneamente le tre banchine è legata al:

- fabbisogno di potenza di ogni singola nave adottando come buona prassi tecnica un leggero sovradimensionamento per portare in conto eventuali picchi di potenza;
- numero (intero) di navi che giornalmente possono contemporaneamente essere ormeggiate.



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

3.9 Dimensionamento e soluzione tecnica proposta

Per il dimensionamento di massima si sono ipotizzati gli scenari riportati nella Tabella 4.

Ipotizzando cautelativamente, per l'insieme delle utenze, un fattore di utilizzazione e di contemporaneità pari a 1, risulta necessaria, in base ai calcoli effettuati, una potenza pari a 35 MVA.

Tale ipotesi di lavoro, tenuto conto dei tempi medi di permanenza delle navi su ciascun molo, porterebbe alla riduzione complessiva annua delle emissioni riportate nella Tabella 5.

La potenza stimata può essere fornita da una cabina primaria di trasformazione 150 kV / 20 kV da realizzare *ex-novo* e connessa alla rete nazionale di trasmissione in AT, eventualmente con il contributo di uno o più impianti da fonti rinnovabili, di cui si parlerà nel seguito.

Con tali premesse, risulta opportuno realizzare la cabina primaria

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

	Tipo di nave	Tensione di alimentazione (V)	Potenza Max richiesta da singola nave (MVA)	Numero massimo previsto di navi contemporaneamente ormeggiate	Potenza da installare (MVA)
Molo Polisettoriale	Portacontainer	6.600 o 440	7	2	14
Pontile Petrolifero	Petroliere	6.600 o 440	7	2	14
Sporgente 2	Merci varie e rinfuse	6.600 o 440	7	1	7
Totale			7	6	35

Tabella 4 - Caratteristiche dei moli più inquinanti, stima del numero di navi e delle potenze necessarie

	Riduzione annua di NOx [t/anno]	Riduzione annua di CO2 [t/anno]
Molo Polisettoriale	676	15.400
Pontile Petrolifero	218	5.621
Sporgente 2	203	4.665
Totale	1.097	25.686

Tabella 5 - Riduzione delle emissioni in tonnellate/anno dei moli da elettrificare

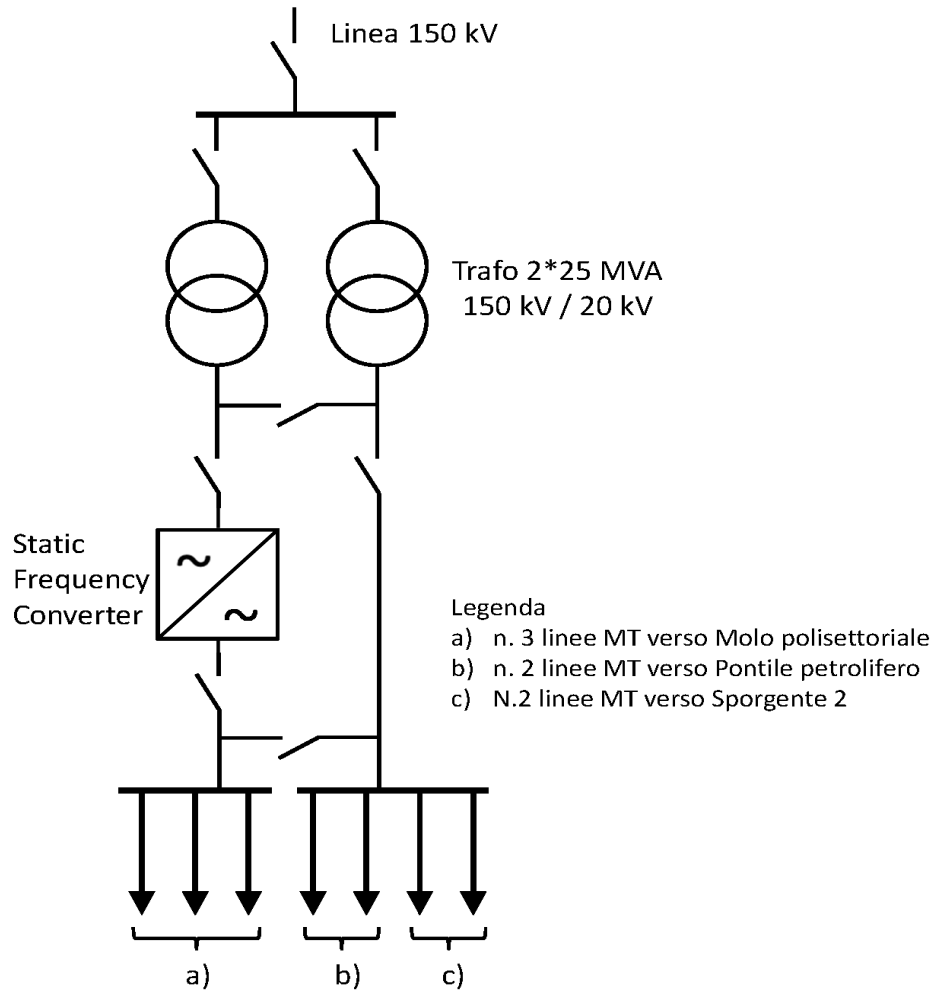


Figura 9 - Schema elettrico unifilare della cabina primaria

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

dotata di due trasformatori di potenza almeno pari a 25 MW ciascuno così che in condizioni normali d'uso ciascun trasformatore funzioni in condizioni di massimo rendimento.

Inoltre, nel caso uno dei due trasformatori andasse in avaria o sia indisponibile per manutenzione programmata, sarebbe comunque disponibile una riserva, anche se ridotta, di potenza. Lo schema unifilare della rete trifase, illustrato in Fig. 9, si completa con le necessarie apparecchiature di protezione, di manovra e di regolazione.

Qualora vi fossero elementi sufficienti ad ipotizzare ampliamenti o futuri sviluppi dell'attività portuale, sarebbe preferibile installare tre trasformatori da 25 MVA o riservare idonei spazi per la relativa collocazione, in fase di realizzazione della cabina di trasformazione.

L'alimentazione delle utenze navali avviene generalmente a frequenza 60 Hz e con valori di tensione pari a 6,6 kV o 440 V; in questa fase di studio si prevede quindi di installare in ogni *shore-side substation* un trasformatore trifase con tensione al secondario 6,6 kV o 440 V, preferendo distribuire l'energia elettrica in media tensione (a 20 kV). Questo livello di tensione, standard per la distribuzione a terra, consente di utilizzare apparecchiature facilmente reperibili sul mercato a costi senz'altro concorrenziali rispetto ad apparecchiature a diverso livello di tensione. Per quanto riguarda la frequenza è possibile realizzare in cabina primaria un quadro di commutazione che renda possibile (entro certi limiti, da concordare in fase di realizzazione) di alimentare anche alla frequenza di rete 50 Hz.

In fase preliminare, non essendovi certezza su quali navi (ovvero quali tipologie di livelli di tensione e di frequenze) intendano nel futuro, anche prossimo, aderire alla iniziativa, si stabiliscono le specifiche di seguito descritte.

3.9.1 Molo Polisettoriale

A questo molo, di lunghezza circa 1500 m, attraccano in generale *portacontainer* di lunghezza fortemente variabile che raggiungono anche 250 m. Le operazioni di carico e scarico avvengono mediate gru mobili a terra sul bordo della banchina, pertanto risulta arduo imporre un punto fisso di attracco. Si presentano quindi due soluzioni alternative:

1. *Come da Fig. 10:* Predisporre in banchina n. 3 *shore-side substation* che vengono alimentate da n. 3 linee in MT a 20 kV provenienti dalla cabina primaria. Ogni trasformatore alloggiato nella *substation* alimenta n. 8 *berth terminal* alloggiati sul bordo della banchina ed equidistanti circa 60 m, realizzando in questo modo sul bordo della banchina n. 24 *berth terminal* equidistanti 60 m. Con l'adozione di questa soluzione, occorre stendere mediamente, lungo la porzione di banchina che compete ad ogni trasformatore (a meno dell'elevazione per raggiungere il ponte ove è ubicata la connessione), meno di 30 m di cavo. Le *shore side substation* possono essere ubicate in vicinanza o anche interrate.
2. *Come da Fig. 11:* In assenza di spazio in banchina o qualora non sia possibile interrare le *shore side substation*, si possono prevedere n. 3 linee in MT a 20 kV, provenienti dalla cabina primaria, che alimentano n. 3 gruppi costituiti n. 8 *berth terminal* alloggiati sul bordo della banchina ed equidistanti circa 60 m, che rendono però disponibile una alimentazione in MT da 20 kV; in questo caso si devono prevedere per l'alimentazione chiatte a motore con le caratteristiche già descritte.

3.9.2 Pontile petrolifero

A questo pontile, di lunghezza circa 540 m, attraccano esclusivamente navi petroliere. La soluzione proposta, come da Fig. 12, consiste nel predisporre in banchina n. 2 *shore-side substation* che vengono alimentate da n. 2 linee in MT



Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

a 20 kV provenienti dalla cabina primaria; ogni trasformatore allogato nella *substation* alimenta n. 2 *berth terminal* allogati sul bordo del pontile: n. 2 disponibili su di un lato e n. 2 disponibili sul lato

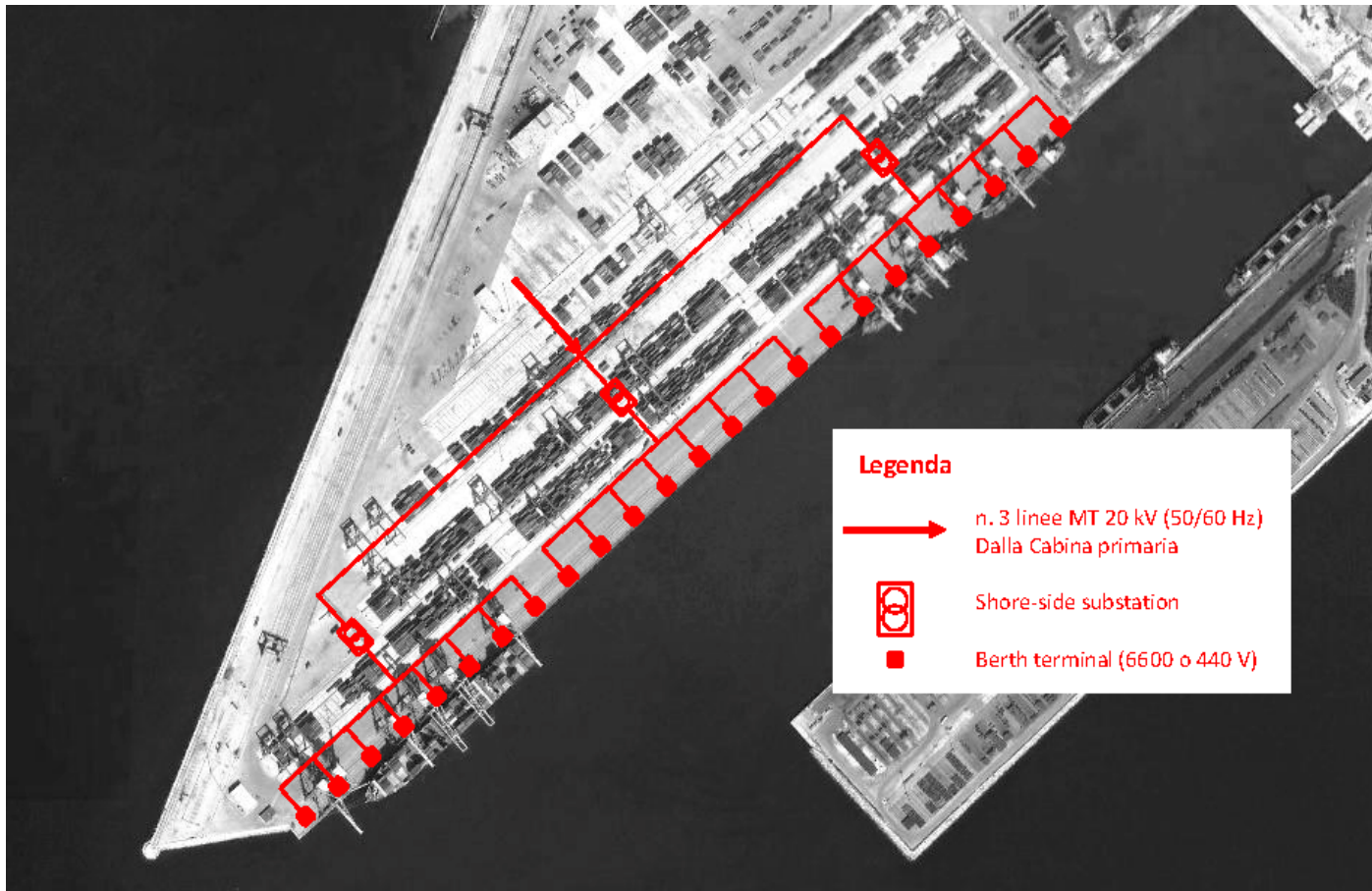


Figura 10 - Soluzione 1 per l'elettrificazione del Molo Polisettoriale

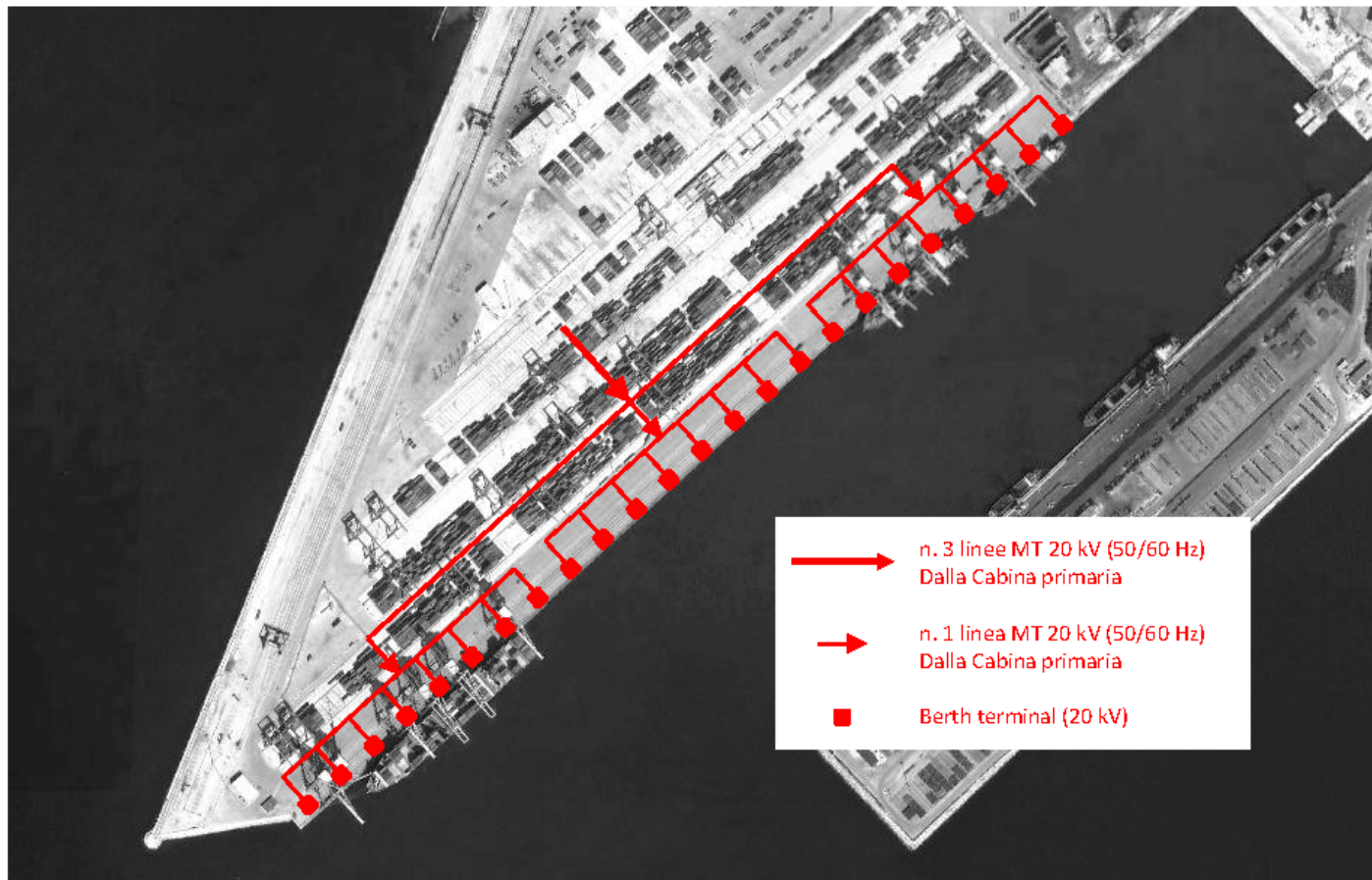


Figura 11 - Soluzione 2 per l'elettificazione del Molo Polisetoriale



Figura 12 - Soluzione per l'elettrificazione del Pontile Petrolifero



Figura 13 - Soluzione per l'elettrificazione dello Sporgente 2

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

opposto del molo ed equidistanti circa 250 m.

I cavi di collegamento vanno stesi lungo la banchina sino a raggiungere il connettore sull'imbarcazione, in alternativa si può utilizzare un sistema di alimentazione mobile costituito da un carrello dotato di tamburo avvolgicavo.

3.9.3 Sporgente 2

A questo molo, di lunghezza circa 500 m, attraccano navi con merci varie e rinfuse di lunghezza fortemente variabile e le operazioni di carico e scarico avvengono mediante gru mobili a terra sul bordo della banchina, pertanto anche in questo caso risulta arduo imporre un punto fisso di attracco.

Si propone di predisporre in banchina n. 2 *shore-side substation* che vengono alimentate da n. 2 linee in MT a 20 kV provenienti dalla cabina primaria. Una delle due *substation* dovrà alimentare n. 8 *berth terminal* alligati sul bordo sinistro della banchina, mentre l'altro alimenterà n. 8 *berth terminal* alligati sul bordo destro della stessa banchina ed equidistanti circa 60 m (Fig. 13). Saranno stesi lungo la banchina (a meno dell'elevazione per raggiungere il ponte ove è ubicata la connessione), mediamente, meno di 30 m di cavo. In alternativa si potrà utilizzare un sistema di alimentazione mobile costituito da un carrello dotato di tamburo avvolgicavo. Le *shore side substation* possono essere ubicate in vicinanza o interrate.

3.9.4 Ulteriori sviluppi

Si conclude questa sezione, con un'indicazione di massima su possibili, ulteriori sviluppi dell'elettrificazione delle banchine, al di fuori dei casi specifici qui esaminati, anche alla luce di quanto riportato sul citato PRP di Taranto.

In particolare, il PRG prevede il potenziamento dell'area PAS, includente il Molo S. Cataldo/ lato di levante e la calata 1. Tale area, anche in

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

considerazione della sua vicinanza al centro urbano, è destinata, tra l'altro, ad accogliere il traffico passeggeri facente capo al Porto di Taranto. Lo spostamento del varco doganale VDo-0 alla radice del S. Cataldo consentirà l'apertura alla fruizione cittadina dell'area, compatibilmente con le misure di sicurezza (*safety*) e *security*, queste ultime, derivanti dall'applicazione del codice ISPS. Gli edifici esistenti e di recente realizzazione (sede Autorità p.le, edifici per servizi comuni 1° e 2° lotto) nonché quelli già progettati (centro servizi Polivalente) hanno già connotato tale area all'uso gestionale, di servizio e direzionale ed, in tal senso, il piano ne prevede il completamento ed ampliamento. Pertanto, grande importanza potrà assumere in un prossimo futuro il potenziamento delle strutture della banchina relativa, che, interessata da tale nuovo traffico passeggeri, potrà richiedere interventi di elettrificazione, ora ritenuti non urgenti per scarsità di utilizzo dello stesso sito.

Alla luce di quanto sopra e in considerazione dell'intero piano di sviluppo portuale riportato nel PRP e citato anche nel progetto dell'ipotesi di Fondazione "*Taranto Port International*", attualmente allo studio dell'Autorità Portuale, delle Istituzioni e degli *stakeholder* del territorio, si ritiene utile ipotizzare l'elettrificazione delle altre banchine qui non riportate, adoperando i medesimi criteri di dimensionamento sinora esposti.

4. Sistema intelligente di monitoraggio ambientale

Qui di seguito si descrive un progetto di massima di un sistema basato su rete diffusa di sensori intelligenti o *smart sensor* finalizzato al monitoraggio dei parametri ambientali e alla gestione della sicurezza ambientale nel Porto di Taranto, con particolare riferimento al controllo delle sostanze inquinanti prodotte dai motori delle navi durante le operazioni di carico e scarico.

L'obiettivo dello studio è quello di sviluppare una piattaforma intelligente, modulare e scalabile in grado di monitorare in continuo e in *real-time* i parametri ambientali più significativi, evidenziando la loro relazione con le attività di carico e scarico, così da individuare e segnalare situazioni potenzialmente pericolose dal punto di vista ambientale. Il ricorso a un monitoraggio proattivo degli ambienti e delle attività lavorative consentirà di individuare i rischi di inquinamento ambientale, di suggerire azioni di mitigazione, così da ridurre la probabilità di accadimento di eventi dannosi e la *magnitudo* degli effetti.

4.1 Descrizione del sistema proposto

Il Sistema da realizzare prevede la presenza di tre sotto-sistemi:

- **Monitoraggio:** è il sottosistema che attraverso una rete fisica di sensori intelligenti rileva una serie di parametri ambientali e li segnala al sistema centrale di controllo (*centro gestione safety ambientale*); ai sensori ambientali potranno aggiungersi sensori "virtuali" che leggono parametri ed eventi anche da sistemi informatici terzi (sistema informativo dell'Autorità portuale ecc.)
- **Controllo:** è il sottosistema che consente da un lato la raccolta dei dati dai sensori "fisici" e "virtuali" all'interno di un *repository* centralizzato e dall'altro la trasmissione, verso la rete di sensori o altri dispositivi "intelligenti", di azioni correttive e/o preventive (allarmi ecc.)
- **Gestione:** è il sottosistema che consente all'utente di gestire la sicurezza ambientale; esso permette di:

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- definire - attraverso un motore di *workflow* e di gestione eventi - le situazioni di rischio potenziale derivanti dalle operazioni usualmente svolte in area portuale e le conseguenti azioni/procedure operative da attuare (compreso l'invio di messaggi di *alert* verso l'area portuale utilizzando la stessa rete di sensori);
- effettuare attività di analisi:
 - *ex-post* sui dati rilevati dal monitoraggio (cruscotti e statistiche) per fornire uno strumento di supporto alle decisioni;
 - *ex-ante* (o durante lo svolgimento delle attività) per individuare potenziali situazioni di rischio e attivare le procedure operative di mitigazione.

Lo schema architetturale del Sistema complessivo è rappresentato in Fig. 14. Il principio di funzionamento può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- monitoraggio continuo delle grandezze lette dai sensori e forniti dalle attività in corso (manualmente o automaticamente se supportate da sistemi informatici);

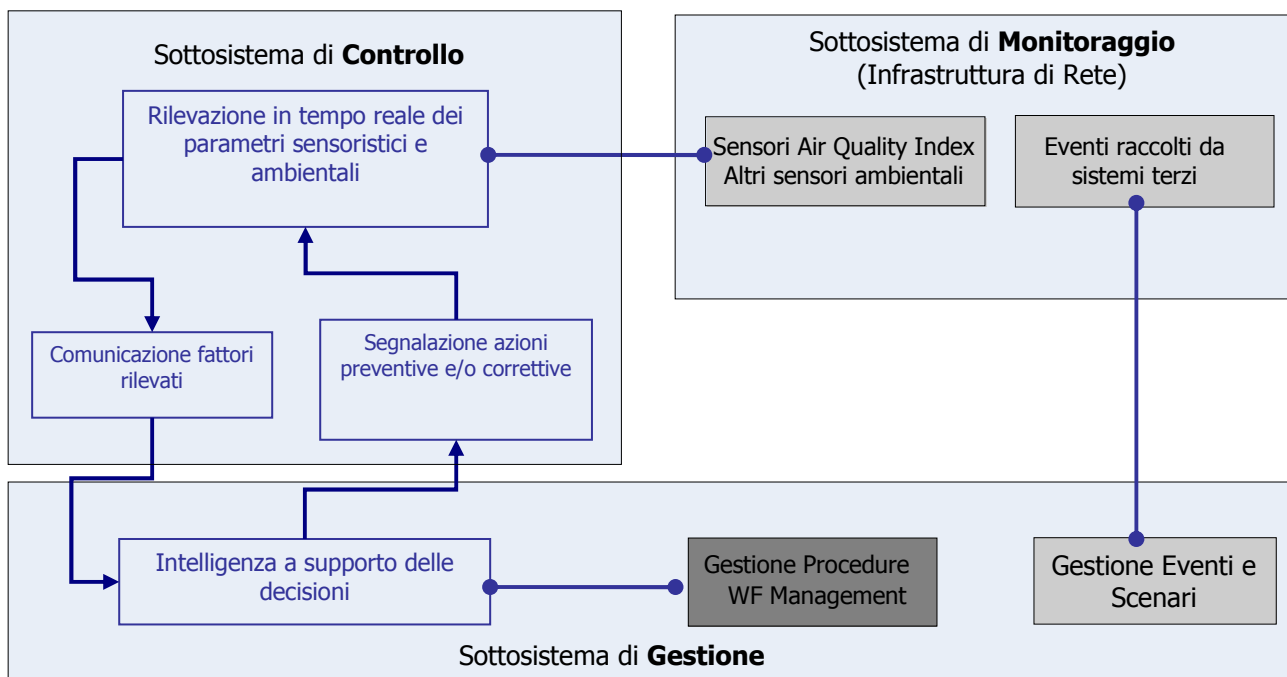


Figura 14 - Architettura del sistema di monitoraggio

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- elaborazione dei possibili scenari di rischio sulla base dei dati e delle informazioni ricevute in ingresso;
- formulazione di azioni preventive e/o correttive sulla base delle procedure operative codificate nel *repository* del sistema.

4.2 L'infrastruttura tecnologica

Nel Porto di Taranto è già presente un'infrastruttura tecnologica realizzata nell'ambito del progetto regionale, denominato SITIP “*Sistema Informativo Telematico Integrato dei Porti Pugliesi*”.

Il progetto per l'informatizzazione dei porti pugliesi SITIP ha avuto come obiettivi principali la minimizzazione dell'impatto ambientale sui diversi sistemi territoriali, con la massima fluidità e semplicità – anche amministrativa – del percorso delle merci attraverso le diverse infrastrutture (mare-strada, mare-ferrovia ecc.), e la riduzione della congestione del traffico stradale e della massima efficienza della multi – modalità, con l'impiego razionale di tutte le informazioni in tempo reale sul movimento delle merci e delle persone. Il progetto è stato realizzato da un raggruppamento di imprese guidate dalla SMA S.p.A. del Gruppo Intini. Con la SMA hanno collaborato le due società Sintra S.r.l. e Digigroup S.r.l.

A livello *hardware*, il SITIP si configura come una rete dati, il cui scopo è lo scambio di informazioni relative alle procedure di trasporto delle merci nei porti pugliesi, consentendo la cooperazione informatica tra i porti. Il SITIP ha implementato un Centro Elaborazione Dati Regionale (CED) che rappresenta il nucleo del Sistema Informativo Telematico Integrato dei Porti pugliesi ed una *Virtual Private Network* (VPN), appositamente progettata e realizzata per questo specifico servizio, che collega il CED regionale ai singoli nodi portuali. Al CED, inoltre, esiste un collegamento di *back-up* sempre attivo, in tecnologia ADSL, sul quale transita il traffico in caso di caduta del collegamento principale. In caso di caduta anche del collegamento secondario viene attivato un ulteriore collegamento di back-up su linea commutata ISDN. In tutta l'area portuale sono

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

stati installati ponti radio a 5 GHz tra le diverse sporgenze; inoltre ai varchi di ingresso del Porto sono state installate alcune telecamere che facilitano ed automatizzano tutte le procedure di ingresso/uscita dal Porto di mezzi.

4.3 Criticità operative

Come già richiamato in precedenza, la principale criticità del Porto di Taranto è rappresentata dalle polveri minerali rilasciate nell'area dall'attività industriale ILVA lungo i pontili e dalle sostanze gassose nocive derivanti dall'attività petrolifera dell'ENI. Oltre all'attività dell'ILVA e dell'ENI, c'è anche da segnalare l'attività di trasporto materiale inerte dell'azienda ITALCAVE. L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale ha già condotto uno studio sulla qualità dell'area presso l'area portuale.

Infine, oltre citati attori, si ricorda la società Ecologica S.p.A. che movimentata, per conto dell'ILVA, materie prime ingombranti (bricchette di ferro) che non possono essere trasportate sui nastri trasportatori.

4.4 Sottosistema di monitoraggio

4.4.1 Esigenze specifiche

In sistemi di monitoraggio basati su reti diffuse di sensori, particolare attenzione deve essere posta nella realizzazione della rete, in quanto essa stessa costituisce parte essenziale del sistema di raccolta dei dati e quindi è alla base del sistema nel suo complesso.

In primo luogo, i nodi devono essere in grado di stabilire dinamicamente una topologia che consenta loro di comunicare; una tale procedura non solo mantiene semplice la pianificazione e l'installazione dei sensori, ma anche e soprattutto consente di avere una maggiore tolleranza ai guasti per via della capacità di riconfigurazione. È ipotizzabile, infatti, che i sensori possano guastarsi nel tempo, se sottoposti a particolari condizioni ambientali, o per normale usura in relazione allo specifico periodo di vita utile.

Per la rete di sensori diventa poi fondamentale il problema

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

dell'ottimizzazione dell'energia consumata; per allungare il tempo di vita utile dei sensori stessi, si prevede, infatti, che alcune postazioni siano alimentate da batterie che periodicamente verranno sostituite dagli operatori. Pertanto, è necessario pensare a protocolli che consentano la disabilitazione dei vari sensori quando non è necessario misurare le grandezze ambientali e/o non è necessario trasmettere i dati ai punti di raccolta. Tali protocolli dovranno anche cercare di garantire i ritardi (*delay*) minimi richiesti dai diversi segnali di controllo.

L'energia consumata dai sensori può essere ridotta controllando opportunamente il tasso di generazione dei pacchetti contenenti le misure delle grandezze monitorate e controllando il numero di sensori accesi che monitorano una stessa grandezza. Infatti, con riferimento a quest'ultimo aspetto, per aumentare la capacità di monitoraggio e l'attendibilità del sistema, è opportuno che più sensori rilevino la stessa grandezza per poi trasferire i dati, opportunamente aggregati, ai nodi di raccolta.

Si sottolinea infine che – nel caso di *Wide Sensors Network* – il concetto di qualità del servizio assume connotazione particolare, in quanto fa propriamente riferimento alla capacità della rete non solo di misurare le grandezze del sistema, ma anche di essere in grado di rilevare tempestivamente variazioni delle stesse e quindi il verificarsi di determinati eventi.

Poiché la rete dovrà essere dispiegata in aree differenti in funzione dello scenario da monitorare, è fondamentale considerare nello sviluppo della soluzione anche le reti *wireless ad-hoc*; tali reti, infatti, hanno specifiche caratteristiche di autoconfigurabilità e mobilità.

Potrebbe inoltre essere necessario considerare la possibilità che i diversi sensori siano in grado di stabilire la loro posizione assoluta e/o relativa. Questo faciliterebbe le operazioni di intervento e la realizzazione eventuale di *Location Based Service* (LBS) per la navigazione guidata all'interno dell'area monitorata e la stima della posizione di eventuali sensori mobili facenti parte, per esempio, dell'equipaggiamento del personale di controllo. Inoltre, si fa notare che l'eventuale conoscenza della posizione dei sensori può essere sfruttata anche nell'ambito della prevenzione e del monitoraggio.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Il progetto della rete deve tener presente infine che la radiolocalizzazione dovrebbe essere ottenuta senza un eccessivo spreco di risorse del sistema, in termini di banda e di consumo di energia da parte dei dispositivi mobili.

E' infine necessario, nella selezione delle tecnologie di comunicazione, tenere presenti le possibili interferenze generate dalle apparecchiature radio delle navi.

4.4.2 Il sensore ambientale

Per il monitoraggio dei parametri ambientali si procederà alla selezione di sensoristica di ultima generazione da scegliere fra quella che può garantire i migliori risultati qualitativi a fronte di costi comunque contenuti.

I singoli sensori saranno poi assemblati a bordo di un dispositivo dotato di capacità elaborativa che a sua volta dovrà provvedere alle funzioni di raccolta dati dai sensori, di eliminazione del rumore di fondo, di trasmissione dei dati verso il sistema centrale di gestione.

Si approfondisce qui di seguito l'architettura "logica" del dispositivo che si intende realizzare e che assume tutte le caratteristiche di uno smart sensor. Uno *smart sensor* è costituito essenzialmente da quattro moduli funzionali:

- sensoristica;
- unità di elaborazione;
- transceiver;
- unità di potenza.

Si possono avere anche delle componenti aggiuntive che dipendono dalla particolare applicazione, come un sistema di localizzazione, un generatore di potenza e un *mobilizer*.

In estrema sintesi, quindi, il modello logico di uno smart sensor risulta essere composto da uno o più trasduttori collegati a blocchi di conversione A/D; i segnali analogici in uscita dal trasduttore vengono infatti convertiti in digitale se non sono già in questa forma, e posti in ingresso all'unità di elaborazione.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Quest'ultima, che in genere è associata ad una piccola unità di memorizzazione, si occupa di svolgere le procedure che consentono al sensore di collaborare con gli altri nodi per l'esecuzione del compito di rilevamento specifico. Un transceiver connette il nodo sensore alla rete.

Uno dei componenti fondamentali del nodo sensore è l'unità di potenza, che può essere supportata da moduli di *power scavenging*, come celle solari e/o batterie, poiché i nodi sensore vengono posti in zone spesso inaccessibili e la vita operativa di ciascun nodo dipende essenzialmente dalla vita operativa dell'unità di potenza.

La maggior parte delle tecniche di *routing* su reti di sensori e delle attività di rilevamento richiedono la conoscenza delle informazioni di localizzazione con alto grado di accuratezza; per tale motivo, è molto comune che un nodo sensore sia affiancato da un sistema di localizzazione. Un *mobilizer* può talvolta essere utile per controllare il movimento dei nodi sensore, quando ciò è necessario per lo svolgimento delle attività di monitoraggio.

Tutti questi componenti dovranno essere racchiusi in un unico modulo leggero e trasportabile. I vincoli non si riferiscono solo all'ingombro, ma includono anche il consumo energetico estremamente ridotto, la capacità di operare ad alte densità volumetriche, il basso costo di produzione, l'autonomia e la capacità di lavorare incustoditi, nonché la capacità di essere adattativi all'ambiente.

Vale la pena sottolineare l'esigenza anche di un sistema di localizzazione dei nodi sensori dove si assume che ogni nodo abbia incorporata un'unità GPS con un'accuratezza di almeno 5 metri.

Infine, è necessario porre l'attenzione sulla necessità che ogni nodo sensore debba richiedere delle unità di potenza ridotte. L'attività di comunicazione risulta essere sicuramente la più onerosa in termini di consumi, questo perché ogni qualvolta uno smart sensor deve trasmettere l'informazione dovrà mantenere attivo l'ascolto sul canale radio per verificare che l'informazione sia stata effettivamente ricevuta dal destinatario. Questo comporta che per stimare i consumi dovuti ai moduli di comunicazione si dovranno valutare i consumi e le tempistiche relative alla trasmissione ed alla ricezione, ed anche ai consumi dovuti alle fasi di accensione e spegnimento.

4.4.3 Requisiti della rete di sensori

Il progetto di una rete di sensori richiede la valutazione di diversi aspetti tecnologici che devono indirizzare il progettista ad effettuare una scelta fra le diverse tecnologie disponibili. Alcuni di questi fattori sono dettagliati di seguito:

- **Fault tolerance.** I nodi sensori sono intrinsecamente soggetti al fallimento, inteso come malfunzionamento del dispositivo, come sopra accennato; in contesti come quelli portuali un singolo sensore può facilmente essere danneggiato o distrutto e questo non deve pregiudicare il funzionamento dell'intera rete. Con il termine "*fault tolerance*" viene indicata la capacità di una rete di sensori di mantenere le sue funzionalità in corrispondenza del malfunzionamento dei suoi nodi. Possiamo definire un modello per questa tolleranza come una funzione del tasso di decadenza dei nodi, cioè l'indice del malfunzionamento dei nodi e del tempo. Ogni qualvolta si progetta una WSN (*Wireless Sensor Network*), si dovrà tenere presente quale sia la tolleranza di funzionamento richiesta, e rispettarla implementando opportuni algoritmi. Nello specifico, oltre al possibile malfunzionamento del singolo sensore, deve essere considerata la possibilità che si verifichi un malfunzionamento nella rete di comunicazione, ovvero che uno o più sensori non siano nelle condizioni di comunicare i valori letti.
- **Scalabilità.** Lavorando in aree molto vaste, è necessario ipotizzare la presenza di un numero alto di sensori e quindi di un sistema ad elevata scalabilità, che consenta in modo flessibile di estendere o restringere l'area soggetta a monitoraggio in relazione a specifiche esigenze e alle specifiche attività di volta in volta svolte nelle aree portuali. La necessità di una densità elevata deve quindi essere tenuta in considerazione in sede di progetto, al fine di garantire il corretto funzionamento della rete stessa. Inoltre si dovrà considerare la circostanza che i singoli nodi possono evolvere nel tempo sia in termini di posizione che di funzionamento (aggiunta di sensori per rilevare specifici agenti inquinanti non previsti in fase iniziale, ricollocazione delle concessioni sulle banchine ecc.).

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- *Costi produttivi.* L'intero sistema deve conseguire e soprattutto mantenere nel tempo un vantaggio economico rispetto alle campagne di monitoraggio realizzabili con le centraline tradizionali.
- *Ambienti operativi.* I sensori saranno utilizzati in luoghi inospitali, all'aperto e in condizioni critiche; per questo sarà necessario progettare e realizzare i dispositivi in maniera conseguente tenendo comunque presente il rispetto della fault tolerance ed il contenimento dei costi.
- *Topologia di rete.* Gli aspetti inerenti alla topologia delle reti di sensori *wireless* saranno studiati sotto due diversi aspetti:
 - la posizione che i diversi dispositivi dovranno assumere rispetto alla mappa del Porto;
 - le tecnologia di comunicazione fra i diversi nodi e fra questi e il sistema centrale.

Per quel che concerne il posizionamento fisico dei dispositivi è opportuno ricordare che uno dei vantaggi delle reti wireless risiede proprio nell'estrema libertà con la quale si possono collocare i nodi sensore. Ricordando inoltre che anche nodi sensore essenzialmente statici, cioè posti in posizioni precise che non evolvono nel tempo, sono soggetti al problema dell'inattività o della disabilitazione a causa della mancanza di energia, ciò comporta che anche questi dispositivi contribuiscono all'evoluzione della topologia di rete. Infine, è opportuno ricordare che un altro vantaggio delle WSN è la facilità con la quale queste possano essere integrate con l'aggiunta di nuovi dispositivi, anche questo contribuirà al cambiamento della topologia di rete.

Tutte le osservazioni fatte portano a valutare l'utilizzo di "topologie funzionali di rete" e di protocolli di routing (protocolli di "instradamento") che garantiscano l'affidabilità della rete anche in corrispondenza di continui cambiamenti di posizione dei nodi e/o all'aggiunta/rimozione dei nodi stessi.

- *Ambiente circostante.* I nodi sensore, nella maggior parte dei casi, si troveranno a lavorare dentro il fenomeno da osservare, per esempio

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

immediatamente a ridosso dei camini di scarico dei gas delle navi, vicino alle tramogge o alle benne che scaricano materiale pulverulento, in prossimità di automezzi che in banchina procedono alla movimentazione delle merci e quindi producono gas inquinanti ecc.. Questi esempi danno l'idea delle condizioni estreme in cui i nodi possono trovarsi, condizioni che certamente ne determinano il funzionamento e che vanno quindi previste in fase di progetto.

- *Mezzo trasmissivo.* La comunicazione senza fili fra i diversi dispositivi e fra questi e il nodo centrale potrà avvenire o utilizzando l'eventuale infrastruttura di rete wireless disponibile in area portuale o (molto più probabilmente) la rete GSM/UMTS di un operatore di telefonia mobile. Nel primo caso non vi sono costi da considerare, nel secondo è necessario verificare i costi di connessione anche in relazione alle quantità di informazioni da trasmettere.

4.4.4 Tecnologia a radio frequenza

Le osservazioni fin qui fatte consentono di ritenere le tecnologie a radio frequenza, la miglior scelta possibile per l'implementazione delle reti di sensori wireless che possano essere classificate come LR-WPAN, perlomeno per il momento.

Allo stato attuale sono due gli standard che dominano la scena delle comunicazioni wireless:

1. *Bluetooth* (BT, IEEE 802.15.1);
2. *Wireless Ethernet* (Wifi, IEEE 802.11b-g).

Bluetooth è orientato a connessioni fra dispositivi posti a distanze relativamente piccole nell'ordine della decina di metri e con *data rate* inferiori ad 1 Mbit/s. Wifi invece è stato sviluppato per consentire l'evoluzione delle reti LAN in reti senza fili con data rate superiori alle decine di Mbit/s, è rivolto quindi principalmente all'interconnessione di calcolatori. Entrambe queste tecnologie basano i livelli inferiori del loro *stack* sullo standard IEEE 802, mentre i livelli più

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

elevati sono stati definiti da consorzi di aziende *SIG Special Interest Group*, che ne hanno decretato il successo commerciale.

Le comunicazioni RF sono scelte nella maggior parte dei progetti di ricerca che impiegano reti di sensori, perché i pacchetti trasmessi sono piccoli, il tasso dei dati è basso (meno di 1 Hz) e il riuso è alto, data la breve distanza di comunicazione [45].

Nello specifico, vista la tipologia di area da monitorare, lo standard Bluetooth è sicuramente da escludersi.

4.4.5 I sistemi di localizzazione

Le tecniche di radio localizzazione ad alta affidabilità come i sistemi satellitari GPS/Galileo, i sistemi inerziali, le reti cellulari, le WLANs ecc., sono di ausilio alla sicurezza di persone, mezzi e prodotti e rappresentano un requisito imprescindibile nei sistemi monitoraggio e prevenzione, qualora si vogliano offrire efficienti servizi di rilevazione degli scenari di rischio. In tale contesto, riveste cruciale importanza il progetto di una efficiente architettura di rete che realizzi una interazione sinergica tra i vari componenti che concorrono alla rilevazione e alla comunicazione.

La letteratura propone diversi algoritmi di localizzazione, tutti accomunati da alcune caratteristiche fondamentali. Data la natura delle reti wireless di sensori è necessario che il sistema sia in grado di auto organizzarsi, così da non dipendere da un'infrastruttura globale di supporto; occorre inoltre che l'algoritmo sia robusto a perdite di connettività e a errori sulle grandezze misurate per stimare la posizione; infine è richiesta una gestione efficiente dell'energia consumata dato che generalmente l'alimentazione è limitata dalla durata delle batterie.

A seconda che sia un particolare nodo a stabilire la posizione di ogni elemento della rete oppure che ciascuno si localizzi in maniera autonoma, si distinguono due strategie: localizzazione centralizzata o distribuita. Generalmente nella localizzazione centralizzata il nodo privilegiato (*sink*) dispone di maggiori capacità di calcolo e di energia derivante dagli altri nodi;

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

questo lo rende in grado di gestire informazioni rese disponibili dall'intera rete che può sfruttare per localizzare tutti i nodi, generalmente a scapito di un aumento della *latenza* e della quantità di pacchetti radio che i nodi devono scambiarsi.

4.5 Il sottosistema di controllo

Il sottosistema si occuperà di attuare un monitoraggio proattivo degli ambienti di lavoro portuali al fine di individuare i rischi ambientali legati alle attività svolte (attracco della nave, carico/scarico ecc.).

Il componente di controllo fornirà, in ogni momento, oltre alle informazioni rilevate dalla sensoristica anche informazioni utili a definire lo scenario operativo (in un dato momento) dell'intera area portuale (per es. la localizzazione della nave sulle banchine, la tipologia della nave, il tipo di operazioni di carico/scarico in corso, il materiale trattato ecc.).

Il sottosistema, oltre a supportare il flusso dati dalla rete di monitoraggio verso l'elaboratore centrale, gestirà anche l'eventuale informazione "di ritorno" ovvero l'informazione che dal sottosistema di gestione viene rimandata verso la rete dei sensori, che avendo "intelligenza" a bordo possono agire da terminali per comunicazioni dirette agli operatori portuali e/o agli altri soggetti interessati, nei tempi e nelle modalità da definire. Il sottosistema di Controllo si compone dei seguenti moduli:

- modulo per il monitoraggio e la diagnosi del sistema;
- modulo per il controllo della sensoristica.

4.5.1 Il modulo di monitoraggio e diagnosi

"Prevenire è meglio che curare": l'applicazione di questo concetto nell'ambito del nostro progetto costituisce il *focus* del presente modulo, appunto denominato modulo di monitoraggio e diagnosi. Come descritto precedentemente, la rete di monitoraggio risulta essere un sistema

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

particolarmente complesso e la qualità dei servizi resi (e quindi dei dati ambientali letti) è direttamente collegata alla affidabilità complessiva della architettura completa della rete di monitoraggio.

Il modulo di monitoraggio e diagnosi dovrà quindi prevedere una soluzione innovativa ed incrementale per rilevare e gestire grandi quantità di dati ed informazioni, nonché la realizzazione di controlli in real-time sia della parte processi (lettura ed interpretazione dei dati) che della parte relativa alla comunicazione utilizzata proprio per garantire in maniera efficiente ed efficace la continuità dei servizi preposti.

La gestione in *real-time* delle informazioni a disposizione e l'interdisciplinarietà delle informazioni rilevate dal campo sono quindi le caratteristiche fondamentali che contraddistinguono il modulo oggetto di realizzazione.

Nello specifico si intende per monitoraggio:

- la valutazione periodica delle prestazioni dei sistemi;
- le rilevazioni degli indicatori di prestazioni anomale;
- la individuazione delle azioni migliorative per il superamento di tali anomalie;
- l'esecuzione delle azioni di miglioramento.

Il modulo dovrà rilevare dati, trasmetterli al sistema centrale fornendo così una consolle di monitoring e di *overview* del sistema e della bontà del suo funzionamento. Il *core* centrale raccoglierà le misure in una base di dati, descriverà operativamente le *performance* dei sistemi del quale è responsabile e fornirà una guida all'intervento dell'operatore grazie ad un sistema che storicizza automaticamente gli interventi eseguiti e le soluzioni adottate. Il modulo sarà caratterizzato da una piattaforma software per il monitoraggio e la diagnosi in real-time, ponendosi al centro di una architettura distribuita, raccogliendo dati di natura differente (quantitativi, qualitativi, parziali, ecc.), adoperando un approccio olistico e logiche deterministiche e non, al fine di ottenere sintesi di conoscenza della situazione del sistema in essere.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Il modulo sarà dotato di un inventario di misure che possano esprimere le prestazioni e per ogni set di misure considerate le loro caratteristiche di efficacia.

I componenti oggetto di controllo sono:

- *Network*: ovvero la rete e i servizi di connettività;
- *Platform*: le piattaforme di *sensor network*;
- *Applications*: gli applicativi fruibili agli utilizzatori finali;
- *Operations*: gestione dell'infrastruttura;
- *End services*: i servizi di *system integration*.

Il sottosistema, oltre ad effettuare il monitoring in tempo reale delle componenti hardware e software, si dovrà occupare anche dell'interazione con il Modulo di Gestione, al quale dovrà fornire i dati rilevati dai sensori per l'elaborazione prevista.

4.5.2 Il controllo della sensoristica

Nell'ambito del progetto, il modulo per il controllo della sensoristica prevede la realizzazione di una rete per effettuare il monitoraggio dei sensori utilizzati sul campo, ove per controllo si intende la gestione degli input dei sensori.

I recenti sviluppi nella tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), nelle comunicazioni wireless e nell'elettronica digitale in genere, hanno consentito negli ultimi anni la realizzazione di sensori multifunzionali in grado di comunicare reciprocamente entro brevi distanze. I sensori, quando interagiscono tra di loro su base collaborativa, realizzano una WSN capace di monitorare l'ambiente, processare i dati, prendere decisioni basate sulle osservazioni ed effettuare le opportune azioni di controllo.

Le reti di sensori rappresentano la naturale, ma al contempo rivoluzionaria, evoluzione dell'impiego di sensori nell'ambito industriale. Il mercato, infatti, richiede dispositivi ed impianti dotati sempre di maggiori capacità ed elevati livelli di funzionalità; i sensori utilizzati all'interno di questi dispositivi e sistemi

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

vengono in genere impiegati per stimare una grandezza fisica o utilizzati per monitorare parametri di “controllo di processo”. L'utilizzo di una rete di trasduttori porta innegabili vantaggi rispetto all'utilizzo di sensori tradizionali in termini di flessibilità, performance, facilità d'installazione, costi d'eventuali sviluppi futuri ed attività di manutenzione.

La necessità dell'implementazione di un'infrastruttura di rete al contempo richiede però l'utilizzo di sensori più evoluti che non sono più dei semplici trasduttori di grandezze fisiche, ma sistemi più complessi che integrano oltre alle capacità di misura anche capacità di memorizzazione, di calcolo ed ovviamente interfacce di comunicazione. Queste osservazioni portano alla definizione degli *smart sensor*, dispositivi integrati che sono dotati di microcontrollori in grado di effettuare attività di comunicazione ed elaborazione dell'informazione.

4.6 Il sottosistema di gestione

Al fine di meglio indirizzare la problematica della *safety* durante le operazioni portuali, è opportuno focalizzarsi sui processi svolti regolarmente nei porti. Diventa quindi fondamentale soffermarsi sulla modellazione di tali processi.

Un processo è un insieme di attività eseguite da persone e/o sistemi che, scatenate da un evento, producono un risultato di output. Un processo può essere costituito solo da attività eseguite da sistemi (processo System-To-System o S2S) o solo da attività eseguite da persone (processo Human-To-Human o H2H) o entrambi (processo Human-To-System-To-Human o H2S2H). Le attività possono essere coordinate secondo regole predefinite (processo strutturato) o secondo regole che vengono definite in itinere dai partecipanti al processo (processo destrutturato).

I processi strutturati si caratterizzano per un'elevata rigidità della struttura, sono ben definiti, ripetitivi e guidati da schemi prefissati; tutti gli elementi necessari alla realizzazione del processo sono forniti all'operatore in forma automatizzata. Il flusso informativo è paragonabile ad una catena di

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

montaggio.

I processi destrutturati sono legati prevalentemente alla capacità di intervento dei singoli operatori che collaborano attivamente all'esecuzione del processo, decidendo di volta in volta la scelta più opportuna alla prosecuzione del normale flusso operativo.

Gli elementi necessari alla realizzazione del processo possono variare e gli stessi operatori si procurano le informazioni ritenute utili allo svolgimento della propria attività. Il flusso informativo è paragonabile ad una invenzione.

In genere, un processo a cui partecipano persone è un processo parzialmente strutturato o semi-strutturato. Un processo può essere costituito da diversi sottoprocessi o può avviare altri processi indipendenti. Un sottoprocesso è un processo a se stante, che può essere avviato solo da un processo "padre".

Il modulo di gestione delle procedure operative di sicurezza si occuperà della modellazione delle stesse e della gestione della prevenzione nei processi portuali attraverso la rilevazione di scenari di rischio durante l'esecuzione delle attività. Il modulo si poggerà su una base di conoscenza strutturata e un sistema basato sulla progettazione di una rete di workflow di processi e di flussi operativi per il controllo continuo delle attività lavorative in un cantiere di lavoro.

La base di conoscenza dovrà essere in grado di immagazzinare tutte le informazioni sulle vulnerabilità e i rischi di tutti gli asset di intervento nelle diverse attività lavorative previste in una determinata zona delimitata (per esempio una precisa area portuale).

Mentre il sistema di workflow management dovrà supportare una progettazione di un sistema di sicurezza, basato da un lato sul monitoraggio continuo degli asset nell'ambiente di lavoro (persone, attrezzature, materiali ecc.), dall'altro lato sull'interpretazione e il monitoraggio continuo delle situazioni reali dell'ambiente di lavoro, mediante l'uso di strumenti sensoristici, e definizione di strategici punti di controllo, intercettando eventuali interferenze.

4.6.1 I processi portuali e i soggetti coinvolti

4.6.1.1 I processi svolti in ambito portuale

All'interno di un'area portuale si possono svolgere differenti attività afferenti alle seguenti tipologie:

1. imbarco (*import*);
2. trasbordo (*transshipment*);
3. sbarco (*export*);
4. deposito.

L'imbarco riguarda le attività che precedono la partenza via mare della merce, arrivata in porto o mediante autotrasporto o trasporto intermodale. Esso comprende le operazioni di:

- notifica dell'arrivo della merce in porto;
- prenotazione degli spazi di stoccaggio merce;
- arrivo della merce in porto.

Il trasbordo riguarda le operazioni svolte prima e dopo il trasporto della merce a bordo della nave, in particolare:

- espletamento delle pratiche doganali per l'esportazione o l'importazione;
- carico della merce sulla nave;
- viaggio a bordo della nave;
- scarico della merce.

Se applicata ad una determinata partita di merce, questa fase implica la presenza di due porti; se applicata a differenti partite di merce, riguarda un solo porto.

Lo sbarco riguarda le operazioni svolte all'arrivo della merce e comprende:

- stoccaggio della merce a terra;

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- prelievo della merce da parte di un mezzo di trasporto terrestre.

Il deposito riguarda le operazioni svolte per depositare la merce in porto una volta arrivata.

Le attività portuali si possono suddividere secondo tre flussi:

1. *flusso di import* dove i materiali arrivano nel porto per mezzo di camion o treni e vengono temporaneamente depositati in attesa di proseguire il loro percorso via nave;
2. *flusso di transshipment*, riguardante i materiali sbarcati da una nave e che proseguono il loro viaggio trasbordando su un'altra nave, in genere di dimensioni inferiori rispetto alla nave madre;
3. *flusso di export*, riguardante i materiali scaricati dalla nave e che vengono temporaneamente depositati per poi proseguire il loro tragitto via treno o camion fino al ricevitore.

4.6.1.2 Attori

E' possibile distinguere i seguenti soggetti che partecipano attivamente al processo e che fanno parte di differenti sottosistemi:

- *L'Autorità Portuale*: Ente Istituito in Italia con la legge 84/94.
All'art. 6 si stabilisce che in diversi porti italiani è istituita l'autorità portuale con i seguenti compiti, in conformità agli obiettivi di cui all'art. 1: indirizzo, programmazione, coordinamento, promozione e controllo delle operazioni portuali e delle altre attività commerciali e industriali esercitate nei porti, con poteri di regolamentazione ed ordinanza anche in riferimento alla sicurezza rispetto ai rischi di incidenti connessi a tale attività.
- *L'Autorità Marittima*: (corpo delle capitanerie di porto – guardia costiera).
É un Corpo della Marina Militare che svolge compiti e funzioni collegate in prevalenza con l'uso del mare per i fini civili e con dipendenza funzionale da vari ministeri che si avvalgono della loro opera. Tra le principali linee di attività svolge anche la funzione di polizia marittima (polizia tecnico-

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

amministrativa marittima), comprendente la disciplina della navigazione marittima e la regolamentazione di eventi che si svolgono negli spazi marittimi soggetti alla sovranità nazionale, il controllo del traffico marittimo, la manovra delle navi e la sicurezza nei porti, le inchieste sui sinistri marittimi, il controllo del demanio marittimo, i collaudi e le ispezioni periodiche di depositi costieri e di altri impianti pericolosi.

- *L'Agente Marittimo Raccomandatario:* (Legge 135/1977, Art. 2)
È colui che svolge attività di raccomandazioni di navi, quali assistenza al comandante nei confronti delle autorità locali o di terzi, ricezione e consegna delle merci, operazioni di imbarco e sbarco dei passeggeri, acquisizioni di noli, conclusioni di contratti di trasporti per merci e passeggeri con rilascio dei relativi documenti, nonché qualsiasi altra analoga attività per la tutela degli interessi a lui affidati.
- *L'Impresa Portuale:* (Legge 84/1994 – Art. 16)
Impresa autorizzata dal porto ad effettuare operazioni e servizi portuali utilizzando attrezzature e risorse umane per lavorare all'interno dell'area portuale. Sono operazioni portuali il carico, lo scarico, il trasbordo, il deposito, il movimento in genere delle merci e di ogni altro materiale, svolti nell'ambito portuale. (riportate anche nelle definizioni dell'art 2 dell'ordinanza dell'autorità portuale 2/2008). Sono servizi portuali quelli riferiti a prestazioni specialistiche, complementari e accessorie al ciclo delle operazioni portuali. I servizi ammessi sono individuati dalle Autorità Portuali o, laddove non istituite dalle Autorità Marittime. (Art. 16, comma 1).
- *L'Impresa di Fornitura lavoro temporaneo:* (Legge 84/1994 – Art. 17)
Impresa, la cui attività deve essere esclusivamente rivolta alla mera fornitura di manodopera a lavoro temporaneo per l'esecuzione delle operazioni e dei servizi portuali, da individuare secondo una procedura accessibile ad imprese italiane e comunitarie, deve essere dotata di adeguato personale e risorse proprie con specifica caratterizzazione di professionalità nell'esecuzione delle operazioni portuali. Il lavoro deve

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

essere fornito alle imprese di cui agli artt. 16 e 18 per l'esecuzione delle operazioni portuali e dei servizi portuali autorizzati.

- *L'Impresa di Trasporti su gomma*: i trasportatori, contattati dall'agente marittimo raccomandatario o dal proprietario della merce, sono destinati allo spostamento del carico dal posto di origine fino al porto di partenza e successivamente dal porto di destinazione fino al posto del ricevimento.
- *Il Broker*: Figura di mediazione in fase di trattativa tra armatore e proprietario della merce. È colui che ricerca la nave giusta per il caricatore, in funzione dei dati essenziali del contratto (tipo, durata, qualità e quantità delle merci).
- *L'Armatore*: è giuridicamente colui che assume l'esercizio della nave (art. 265 e segg., Codice della navigazione) e quindi, dal punto di vista economico, è un imprenditore, che organizza capitale e lavoro al fine principale della navigazione. È quindi colui che arma la nave e che ne assume l'esercizio per impiegarla sia al suo servizio che al servizio di terzi. Armare una nave significa munirla dell'equipaggio, delle attrezzature e degli oggetti necessari per il compimento dei viaggi e comunque per tutti i fini attinenti la navigazione.

La proprietà non è il presupposto necessario della qualità di armatore, in quanto questo può essere il proprietario o comproprietario della nave, oppure un mandatario, usufruttuario o conduttore, prendendo la nave solo in locazione.

L'armamento della nave presuppone naturalmente la nomina del comandante e dell'equipaggio, cioè del personale necessario per l'espletamento a bordo di tutte le mansioni tecnico commerciali (art. 273 e segg., Codice della navigazione).

- *Il Vettore Marittimo*: è colui che, attraverso la sua organizzazione commerciale, impiega la nave in attività di trasporto, a proprio rischio e sotto la propria responsabilità. Questa figura si può solitamente identificare con l'armatore o con il Noleggiatore, cioè colui che ha preso la nave a noleggio per effettuare attività di trasporto per proprio conto e

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

rischio (con i contratti di noleggio- art. 348 e segg., Codice della navigazione). Il vettore tratta con il caricatore le condizioni del trasporto; ne fissa le tariffe; riceve il carico a bordo, tramite il comandante, al momento convenuto; rilascia i documenti del trasporto a suo nome; risponde della custodia delle merci per tutto il tempo che esse rimangono a bordo e si impegna a consegnarle al ricevitore a destino, nelle stesse condizioni in cui le ha ricevute al porto di imbarco, senza danni e avarie.

La responsabilità del vettore marittimo verso il caricatore e il ricevitore è regolata dalla legge, dalle convenzioni internazionali, dagli usi e consuetudini locali, nonché dalle condizioni pattuite fra le parti all'atto della stipula del contratto di trasporto (art. 421 e segg., Codice della navigazione).

- *Lo Spedizionario*: è in genere colui che per conto di altri provvede a spedire, ritirare o rispeditare una partita di merce. Normalmente tale attività è svolta da una singola persona o da imprese che, nella pratica, sono conosciute con la designazione di case di spedizione. Se lo spedizionario è regolarmente iscritto negli albi professionali istituiti presso i compartimenti doganali egli è denominato spedizionario doganale (art. 1737, Codice della navigazione).
- *Il Pilota di Porto*: ai sensi dell'art. 86 del Codice della Navigazione, nel porto dove il servizio di pilotaggio è istituito, i piloti sono organizzati in forma di corporazione. Nei porti nazionali operano 42 corporazioni di piloti, riunite nella Federazione Italiana Piloti dei Porti - FIPP. L'obbligatorietà del pilotaggio, che deve essere stabilita con Decreto del Presidente della Repubblica, è estesa a 40 porti ed a tutti i tipi di naviglio superiori alle 500 tsl, in virtù di un decreto ministeriale.

Il pilota pertanto è parte integrante del sistema di sicurezza che fa capo a ciascun porto, nel quadro di un complesso di elementi finalizzato a ridurre l'incidenza del fattore umano nei sinistri marittimi, a perfezionare le procedure operative tra la nave e il pilota, a standardizzare le informazioni che il pilota e il comando di bordo devono scambiarsi nella fase più

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

delicata della navigazione, quella cioè di avvicinamento alla costa e al porto. Per le navi esentate dal servizio, l'autorità marittima può imporre la presenza del pilota a bordo qualora particolari condizioni meteo marine o di traffico portuale lo richiedano ai fini della sicurezza della nave, del porto e della navigazione.

- *Il Rimorchiatore*: colui che affianca la nave in fase di manovra per permettere loro di attraversare i canali navigabili e giungere o partire dall'ormeggio. L'obbligatorietà del servizio di rimorchio, è riferita a tutti i tipi di naviglio superiori alle 500 tsl, in virtù di una ordinanza dell'autorità marittima approvata dal ministero dei trasporti e della navigazione, così come è esplicitato nell'art. 102 del codice della navigazione. L'impiego del rimorchiatore, inoltre, può essere reso temporaneamente obbligatorio con apposita ordinanza dell'Autorità marittima per determinati tipi di nave, tenuto conto della natura delle merci trasportate, nonché, in caso di sfavorevoli condizioni di tempo (ordinanza 2/90 emessa il 18/1/90 dall'autorità marittima) o esigenze di sicurezza del porto e delle navi.
- *Ormeggiatore*: colui che collabora alla manovra di ormeggio, può essere già a bordo o a terra.

4.6.1.3 Le comunicazioni e i documenti

Le principali comunicazioni tra i vari soggetti coinvolti all'interno del processo, sono rappresentate essenzialmente da documenti regolamentati dal Codice della Navigazione, dai decreti ministeriali, dalle ordinanze dell'autorità marittima e dell'autorità portuale. Tuttavia è importante far notare che le comunicazioni tra nave e capitaneria, in fase di avvicinamento e approdo in porto, avvengono via radio.

I formulari che normalmente documentano il trasporto di linea sono molto numerosi; ciò consente di documentare le varie fasi delle operazioni, sia all'imbarco che allo sbarco e contemporaneamente soddisfare le necessità dell'operatore.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Qui di seguito, vengono riportate le principali comunicazioni effettuate durante un trasporto marittimo con destinazione un porto di italiano:

- *Shipping order*: il proprietario della merce (o lo spedizioniere) compila il buono di imbarco (shipping order) sul formulario del vettore prescelto, inserendovi tutte le indicazioni richieste, tra cui figurano, di solito:
 - il nome del caricatore;
 - il luogo di destinazione delle merci;
 - le marche e i numeri delle stesse;
 - la descrizione delle merci, quantità e peso.

Lo shipping order, sottoscritto dal richiedente, viene consegnato al vettore (o al suo agente) che lo timbra e lo restituisce al richiedente tenendone una copia.

Molto spesso nel buono di imbarco viene precisato che il suo rilascio non costituisce impegno da parte del vettore di caricare effettivamente la merce sulla nave indicata, in base al principio della sostituibilità della nave, sancito dall'art. 451 del Codice della navigazione. Peraltro tale articolo dispone che la nave deve essere sostituita da una della medesima classe e deve essere idonea a compiere un viaggio senza ritardo.

- *Ricevuta di bordo*: una volta messa a bordo la merce, il capitano rilascia al caricatore la ricevuta di bordo, che entro 24 ore dall'avvenuto imbarco, dovrà essere consegnata alla compagnia di navigazione (o all'agente) per ottenere in cambio la polizza di carico.
- *Ricevuta di sbarco*: viene rilasciata al vettore dall'impresa che si occupa delle operazioni di sbarco.
- *Polizza di carico (P/C)*: è il documento fondamentale in materia di trasporti marittimi: la sua disciplina legislativa è contenuta nel Codice della Navigazione (art. 457 e segg.) e la sua disciplina deriva dalla Convenzione di Bruxelles del 25 agosto 1924.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

La polizza di carico testimonia l'avvenuta stipulazione del contratto con il vettore marittimo e ha una grande importanza nel commercio internazionale, poiché non è solo un documento giustificativo di trasporto, ma anche un documento rappresentativo delle merci (nel senso che si può trasferire la proprietà della merce mediante girata del documento). Per sua natura quindi la P/C adempie a molteplici funzioni, in quanto, essa è contemporaneamente:

- ricevuta della merce imbarcata;
- titolo di credito causale;
- titolo di credito rappresentativo della merce.

Le polizze di carico possono essere di vario tipo:

- “P/C ricevuta per l'imbarco”, la cui emissione avviene nel momento in cui le merci sono consegnate al vettore a terra, mentre l'emissione della polizza normale avviene dopo che le merci sono state caricate a bordo della nave;
 - “P/C diretta” o “cumulativa” o “di esportazione” (through bill of lading) che viene usata quando il trasporto di merci viene eseguito cumulativamente da diversi vettori (società di trasporti ferroviari, fluviali, marittimi, aerei). In pratica è un unico contratto di trasporto con cui viene coperto l'intero percorso anche se il viaggio viene eseguito da più vettori;
 - “P/C pulita o sporca” a seconda che sulla polizza vi siano o meno riportate annotazioni o riserve circa lo stato della merce o dell'imballaggio.
- *Comunicazione d'approdo*: documento inviato dall'agente marittimo raccomandatario, in qualità di rappresentante della nave che sta per approdare, ai vari enti di riferimento quali, capitaneria di porto, polizia di frontiera, commissariato, guardia di finanza, sanità marittima e infine autorità portuale. Nella comunicazione d'approdo vengono indicati i dati dell'imbarcazione:

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- nome della nave;
- bandiera;
- tsl (stazza lorda);
- lunghezza, larghezza e pescaggio all'arrivo;
- motivo dell'approdo;
- ricevitori/caricatori;
- ormeggio (numero della banchina);
- impresa portuale che svolgerà i lavori di scarico/carico merce.

La comunicazione d'approdo deve indicare anche il posto d'ormeggio preferito e laddove la nave sia interessata da operazioni commerciali, l'impresa portuale alla quale sono affidate le predette operazioni. I termini per la presentazione di tali comunicazioni sono di almeno 48 ore prima dell'arrivo previsto della nave.

4.6.2 Il contesto operativo

Le attività di *modeling* delle procedure operative dovranno essere gestite da uno strato software che recepisce, in fase di *design time* (fase statica), gli scenari delle operatività previste per l'esecuzione di determinate attività di carico/scarico. In questa fase di modeling si dovrà pianificare una serie di controlli sullo stato degli "asset" (persone, materiali, attrezzature utilizzate, navi ecc.) in base alle caratteristiche di vulnerabilità di ognuno di essi, in particolare modo si dovrà pianificare dei controlli con più frequenza sugli asset e sulle attività che hanno una elevata rischiosità di provocare uno o più eventi pericolosi (impatti). Per esempio, in caso di arrivo di una nave di particolari dimensioni e con un periodo di carico/scarico di alcune giornate (durante le quali i motori si prevede saranno sempre accesi) è necessario "allertare" e "potenziare" la rete di monitoraggio sulla banchina di interesse, con rilevazioni a maggiore frequenza anche discriminando i parametri di maggiore

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

interesse/rischiosità.

In questa attività di *modeling*, che include l'individuazione e la valutazione dei rischi per ogni asset e fase lavorativa monitorata, sarà necessario predisporre una pianificazione che gestisca situazioni molto più complesse, magari ad esempio una gestione di più istanze in parallelo su un unico punto critico e in questi casi valutare i rischi definiti da interferenze su più fronti.

La corretta rappresentazione degli asset presenti sul luogo di lavoro e il corretto monitoraggio del loro campo di azione è fondamentale per poter modellare il più possibile gli scenari reali suggerendo agli operatori (magari attraverso comunicazione da palmari) procedure operative che permettono di aumentare i livelli di sicurezza del cantiere.

L'attività deve essere fondamentale per supportare la logica del processo decisionale relativo al controllo dei rischi e al miglioramento della sicurezza. A tale scopo sarà necessario seguire e adottare una metodologia che getta delle linee guida per definire un unico processo razionale e sistematico per la valutazione dei rischi in rapporto ai costi e benefici.

Tale approccio è definito nel modello *Formal Safety Assessment (FSA)*, che permette di progettare il modello di sicurezza adottando opportuni step di un definito processo:

- step 0: *FSA campo di applicazione e obiettivi*

In questa fase si stabiliscono le norme di valutazione o meglio le regole e i criteri di decisione per accettare o rifiutare determinati fattori di rischio.

- step 1: *Hazard identification*

Obiettivo di questa fase è quello di acquisire informazioni per identificare gli impatti pericolosi.

- step 2: *Risk Assessment*

L'obiettivo di questa fase è quello di valutare i fattori di rischio associato ad ogni pericolo sulla lista di priorità.

- step 3: *Risk control options*

L'obiettivo è quello di misurare e controllare i rischi calcolati al punto 2. Si dovrà dare enfasi inizialmente sui fattori ad alto rischio.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- **step 4**: *Cost-benefit assessment*

In questa fase si dovranno determinare i costi di attuazione di ciascuna opzione dei rischi da dover mitigare.

- **step 5**: *Decision making*

In questa fase si andranno a definire e a scegliere tutte le procedure operative standardizzate creando una baseline di piano di attività operative includendo rischi e incertezze precedentemente valutate.

Ad ogni attività svolta all'interno dell'area portuale sarà associato un determinato livello di rischio. Tale livello di rischiosità può diventare ancora più elevata se le differenti attività vengono svolte contemporaneamente e in zone limitrofe. In questo caso gli effetti di un possibile evento dannoso sarebbero molto più gravi rispetto a quelli delle singole attività.

In quest'ottica riveste una grandissima importanza la delimitazione e l'identificazione delle aree occupate dalle sorgenti pericolose e la delimitazione dell'area di impatto. Diventa quindi necessario conoscere le informazioni cartografiche, la localizzazione e la tipologia dei centri di vulnerabilità, le informazioni quantitative sulla distribuzione della popolazione portuale e le informazioni sulla qualità dell'aria e quelle meteorologiche.

Si possono individuare differenti scenari di rischio derivanti dalla contemporanea esecuzione di diverse attività nell'area portuale. La concorrenza di queste attività porta ad avere livelli di rischio sempre più elevati i cui effetti possono coinvolgere non solo gli operatori coinvolti nelle operazioni portuali ma anche altri soggetti che si trovano nelle vicinanze.

La preventiva codifica dei processi interni, oltre che la mappatura delle procedure operative, permetterà da un lato di conoscere le attività, di individuare gli attori coinvolti, di analizzare i flussi informativi e di gestire eventuali anomalie dall'altro di formulare azioni correttive o preventive. A seconda della gravità dell'evento e della pericolosità dello scenario verranno, da un lato, messi in allarme i responsabili delle attività, dall'altro allertate tutte le autorità competenti grazie all'utilizzo di un sistema di comunicazione distribuito (palmaria agli operatori, dispositivi visivi, avvisatori acustici ecc.), che permetterà

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

di raggiungere in tempo reale non solo le persone impegnate nelle attività portuali ma anche quelle che vi transitano per altre motivazioni (passeggeri, trasportatori, operatori doganali ecc.).

4.6.3 Macro requisiti funzionali

Alla luce delle considerazioni sinora effettuate, si tracciano le macro funzionalità del modulo di gestione.

Tale modulo consentirà:

1. la modellizzazione di processi sul campo tramite l'utilizzo di strumenti di *Business Process Management*.
 - di modellare le attività; in pratica legare secondo un filone di informazioni comuni, i tasselli che riguardano una attività specifica, con l'obiettivo di identificare i punti critici sui quali andare ad intervenire;
 - di identificare gli attori coinvolti; sapere chi fa cosa, in che modo, al fine di tutelare le mansioni di chi esegue una determinata attività, sempre nell'ottica e con l'obiettivo di salvaguardare quanto possibile gli addetti ai lavori;
 - di definire i flussi informativi; dare una forma e una organizzazione alle attività, individuando le info rilevanti nei processi e di trattarle secondo una giusta ed adeguata priorità.
2. il Monitoraggio dei processi modellati attraverso strumenti di Workflow Management;
3. il Monitoraggio di situazioni di rischio durante le fasi lavorative attraverso un sistema di Rilevamento continuo di dati ambientali e Supporto alle Decisioni in caso di criticità.

4.6.4 Il component business process e il workflow management

Il *Business Process Management* rappresenta l'insieme delle attività necessarie per gestire il ciclo di vita di un processo, attraverso uno sviluppo di tipo incrementale; possiamo infatti identificare alcune fasi che, eseguite in maniera sequenziale, modellano e consentono la gestione delle attività rispetto a particolari esigenze. Si distinguono le seguenti fasi:

- *Progettazione*: fase nella quale si dà vita ad un primo modello formale di processo;
- *Modellazione*: in cui la visione di business viene definita formalmente in processi concreti, attraverso l'analisi accurata delle attività svolte in ambito aziendale;
- *Esecuzione*: dove i processi vengono effettivamente applicati mediante la definizione di precise regole di business in grado di garantire l'orchestrazione delle attività;
- *Monitoraggio*: attività indispensabile per lo studio del modello prodotto e per eventuali valutazioni di diversa natura;
- *Ottimizzazione*: fase nella quale si identificano e si implementano i miglioramenti.

Il concetto di processo è strettamente collegato alla suddivisione delle attività di produzione, in task più elementari e viene visto come uno strumento attraverso il quale è possibile automatizzare il flusso delle attività in tempi nettamente inferiori, consentendo di tenere traccia della conoscenza insita nel processo stesso.

Un *workflow* è una rappresentazione di una sequenza di operazioni, dichiarate come lavoro di una persona, lavoro di un meccanismo semplice o complesso, lavoro di un gruppo di persone, lavoro di uno staff organizzativo. Esso può essere visto come l'astrazione di un lavoro reale, un lavoro condiviso, un lavoro frazionato o lavoro con qualunque altro tipo di ordinamento. Un workflow è un modello di attività abilitato da un'organizzazione sistematica delle

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

risorse, definisce ruoli e massa, flussi di energia e di informazione, in un processo di lavoro che può essere documentato ed appreso. I concetti relativi al workflow sono strettamente correlati ad altri concetti usati per descrivere la struttura organizzativa, come funzioni, squadre, progetti, politiche e gerarchie.

Il componente di BPM consentirà la modellazione dei processi operativi portuali sia di tipo sincrono che asincrono la cui esecuzione potrà essere interrotta in ogni istante da eventuali eventi di allarme rilevati attraverso sensori ambientali e quindi dare inizio a processi / procedure operative di emergenza. La fase di modellazione dei processi prevederà la definizione di:

- tutte le risorse previste (persone, materiali, attrezzature, navi, sensori, allarmi) e loro caratteristiche per eseguire tutte le operazioni portuali dei casi di studio selezionati oltre alla gestione della safety in caso situazioni in emergenza; si dovrà in tal caso indicare le procedure operative previste e standardizzate compreso le azioni da dover sottoporre da parte di tutti gli attori coinvolti (persone, sensori, allarmi, sistemi di allarmi ecc...). Il dettaglio delle procedure dovrà tenere conto della effettiva operatività del sistema sul campo, ipotizzando una situazione a regime del sistema con una chiara situazione infrastrutturale del area da monitorare (infrastruttura a WSN, sensori, palmari ecc.).
- tutti gli scenari iniziali, quelli di esecuzione lavori e quelli di fine lavori, dettagliando tutte le operazioni previste nella ambito dei casi di studio selezionati. Per scenario iniziale si intende l'insieme dei processi operativi previsti per mettere in sicurezza un dato luogo di lavoro prima che le attività lavorative vengano effettivamente eseguite (ad esempio invitare a dei responsabili della sicurezza il controllo dello stato di specifiche attrezzature, pianificare delle checklist ecc.).
- tutte le casistiche di rischio di alta priorità in base ai risultati del processo FSA precedentemente introdotto, da associare a singola risorsa ed attività da eseguire sul campo.

Uno dei vantaggi derivanti dall'utilizzo di un software di BPM è la

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

velocizzazione e semplificazione della gestione ed il miglioramento dei processi. Per ottenere questi obiettivi, un software di BPM deve monitorare l'esecuzione dei processi, consentire agli esperti di dominio di fare analisi e cambiare le procedure operative sulla base di dati concreti, piuttosto che in base ad opinioni soggettive. Tali operazioni sono talora svolte da software differenti che comunicano tra loro, da programmi che misurano i dati e altri che contengono la descrizione dei processi "aggiornabile" con i dati dell'operatività.

4.6.5 Il componente per il monitoraggio a regole

Il monitoraggio ambientale di aree portuali può essere attuato attraverso l'impiego di una serie di sensori disposti nelle aree da controllare.

Tuttavia, affrontando il problema di safety in generale, nasce una semplice domanda: è chiaro cosa, come e quando controllare una area di lavoro affinché si circoscrivano le manifestazioni di situazioni pericolose?

Prima di tutto, il "cosa" controllare, il "come" controllare e il "quando" controllare le condizioni di pericolo dipendono non solo dalle attività che si dovranno svolgere in una determinata area di lavoro, ma, e soprattutto dai soggetti (mezzi, persone, strumenti) che saranno coinvolte per eseguire le varie attività previste.

Volendo elencare una serie di soggetti da poter monitorare ai fini della safety si dovrà creare uno strumento informatico che riesca a rappresentare virtualmente le condizioni ambientali di tali soggetti nelle attività coinvolte, oltre a fornire degli strumenti che permettono di controllare e di gestire la safety sul campo enfatizzando una approccio di *workforce management*.

Potendo rilevare in tempo reale le condizioni attraverso l'uso di sensori o di messaggi da operatori da campo, si potrà dar luogo ad un insieme di profili con i quali identificare quelli di rischio e, per ogni rischio rilevato, eseguire delle azioni che si possono tradurre o nell'invio dei messaggi di allarme sul campo o, in casi più complessi, di attuare delle procedure operative dedicate che coinvolgono diversi soggetti.

Si ipotizza inizialmente di poter censire nel sistema di un insieme di entità e

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

di attributi di caratterizzazione che permettono di modellare i soggetti da monitorare attraverso associazione dei sensori da campo ed informazioni di caratterizzazione.

Il sistema deve prevedere una fase di *authoring* nella quale modellare dei profili di rischio a partire dalle entità definite e dalle attività previste.

Potendo fare un esempio concreto, si ipotizza di poter definire un sensore da campo che rilevi semplicemente un dato ambientale (entità), e di monitorare le attività di carico e scarico di merci eccezionali in una banchina di area portuale attraverso check-list manuale (da operatore). A questo punto nella definizione di un profilo di rischio, il sistema dovrà permettere, per le istanze di tali entità (i dati ambientali rilevati), la definizione di uno o più livelli di rischio entro i quali poter attuare delle azioni. Agganciato alla caratteristica propria del sensore, che può essere nel caso precedente il sensore di CO, potrà essere utile definire degli attributi di geo-localizzazione. Il posizionamento delle entità, permette di progettare situazioni basate sul posizionamento di sensori o di operatori da campo.

Le funzionalità individuate per il componente sono le seguenti:

Authoring Mode

1. *Gestore Entità*: racchiude le funzionalità per la modellazione delle entità.

Lo strumento deve consentire la definizione del meta modello che descrive tutte le entità oggetto di monitoraggio e le relazioni tra di esse. Per esempio dovrà essere possibile definire entità del tipo: area di lavoro, fase lavorativa, materiale lavorato, attrezzature utilizzati, tipologia di nave, etc. Per ogni entità dovranno essere definiti degli attributi di caratterizzazione: come ad esempio la tipologia dell'entità da monitorare, tipologie di dati rilevati (nel discreto o nel continuo), eventuali livelli di variabilità dei dati puntuali rilevabili ecc

2. *Gestore istanze di Entità da monitorare*: racchiude le funzionalità per gestire gli oggetti da monitorare sul campo (sensoristica ecc.). Tali

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

oggetti saranno istanziati secondo il meta modello definito al passo precedente.

3. *Creazione dei profili ambientali* distinti per livello di rischio: racchiude le funzioni per la composizione dei profili ambientali ottenuti attraverso la combinazione di dati rilevati da più dispositivi sul campo. La creazione di tali profili deve poter aggregare istanze di entità di tipo sensore definendo le relazioni logiche (AND, OR o operazioni logiche più complesse) tra i valori rilevati.

Run Time Mode

1. *Tavole di Decisione*: consente al sistema di valutare a run time l'occorrenza dei profili ambientali definiti nella fase di Authoring per una particolare fase lavorativa che è in esecuzione in una determinata area di lavoro monitorata da specifici sensori.
2. *Gestore Azioni*: racchiude le funzionalità per attuare le azioni da intraprendere a fronte della valutazione dei profili ambientali rilevati ed effettuata dalle tavole di decisione.

4.7 Stima dei costi del sistema di monitoraggio

La realizzazione del sistema di monitoraggio intelligente prevede una spesa di circa 10.000,00 € per ogni sensore da installare nei punti strategici e significativi dal punto di vista statistico. La quantità minima di sensori necessaria ad assicurare una soddisfacente rilevazione ed un livello accettabile di attendibilità delle misure si aggira intorno alle dieci unità, pertanto il loro costo complessivo non dovrebbe superare i 100.000,00 €.

Il costo del software di controllo, comprensivo di tutte le prestazioni sopra indicate non dovrebbe superare anch'esso i 100.000,00 €, al netto del sistema di comunicazione, che peraltro sarebbe già nella disponibilità dell'Autorità Portuale.

Pertanto, per quanto sopra, si deduce che, il costo complessivo dell'intero sistema di monitoraggio e controllo dovrebbe aggirarsi sui 200.000,00 €.

5. *Ipotesi di elettrificazione con l'ausilio di fonti rinnovabili di energia*

Secondo le raccomandazioni contenute nella più volte richiamata delibera di Giunta n.1474 del 17/07/2012, nel procedere nello studio di fattibilità, doveva essere considerata anche l'eventualità della produzione di energia da fonti rinnovabili. Naturalmente, la potenza fornita da impianti siffatti, a meno di importanti investimenti e di disponibilità di aree da attrezzare opportunamente, potrà soddisfare solo una parte del fabbisogno richiesto.

Il progetto di massima qui descritto ha per oggetto la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale di picco di circa 484 kWp, da realizzarsi mediante pannelli fotovoltaici posti sulle superfici utilizzabili in zona portuale, come ad esempio sui tetti degli edifici e/o capannoni, ovvero in aree scoperte (ad esempio, realizzando coperture di parcheggi). L'impianto qui riportato prende come riferimento per la sua realizzazione una superficie complessiva standard di circa 30.000 mq., anche se la disponibilità presso la zona portuale di Taranto potrebbe risultare effettivamente di gran lunga minore. In questo caso, quanto esposto va adeguatamente riportato all'effettiva taglia dell'impianto, risultante dalla reale superficie realizzativa, mediante un riporto in prima approssimazione di tipo proporzionale. Va da sé, naturalmente, che ove la taglia dell'effettivo impianto fotovoltaico risultasse troppo ridotta rispetto ai risparmi energetici percentuali attesi, verrebbe meno la convenienza e l'opportunità stessa della sua realizzazione.

Per quanto riguarda le caratteristiche dell'impianto, occorre considerare innanzitutto che il generatore fotovoltaico è destinato ad operare in parallelo alla rete elettrica. Per dettagliare poi i trasformatori da impiegare, le linee in cavo in MT e tutti i dispositivi di comando e protezione in MT, si dovrà interpellare il distributore di energia locale, che dovrà fornire indicazioni sulla linea MT dedicata prevista. In questa prima fase progettuale si è ipotizzata una consegna in media tensione a 20 kV.

5.1 Descrizione dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico si prevede venga connesso alla rete di media tensione $V_n = 20$ kV, 50 Hz; esso sarà così composto da:

- campo o generatore fotovoltaico;
- strutture di sostegno;
- quadri di campo;
- quadro inverter;
- inverter;
- trasformatore, quadro di parallelo e interfaccia con la rete di distribuzione.

L'impianto si comporrà di un campo fotovoltaico composto da 2.240 pannelli di potenza nominale pari a 216 Wp, per una potenza complessiva di circa 484 kWp, realizzato con 112 stringhe da 20 moduli in serie. Ogni stringa sarà sezionabile mediante sezionatori con fusibili e sarà protetta mediante diodo per evitare l'inversione di polarità.

Per la conversione e il condizionamento dell'energia prodotta si utilizzeranno degli inverter che si attesteranno ad un unico trasformatore, inglobato in resina BT/MT, di potenza pari a 800 kVA.

L'inverter, con valori di tensione e corrente di ingresso compatibili con quelli del campo fotovoltaico, sarà equipaggiato con un interruttore di potenza lato CC con azionamento a motore, un interruttore di potenza lato CA e un interruttore di emergenza. L'uscita in corrente alternata MT dal trasformatore elevatore si attesterà a una cabina di interfacciamento che presenterà una unica uscita in MT che si collegherà alla cabina di consegna.

Posizionamento dei moduli fotovoltaici

Il campo fotovoltaico sarà installato se possibile con orientamento 0° Sud, angolo di tilt 25° e angolo limite fra le file pari a 18° circa.

I quadri di campo verranno posti nelle immediate vicinanze delle stringhe

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

così da rendere minima la lunghezza dei cavi; gli inverter e il trasformatore saranno posizionati centralmente rispetto ai quadri di campo, in modo che la lunghezza dei cavi provenienti dai quadri di campo sia la minore possibile. La cabina di consegna sarà posizionata in prossimità del punto di consegna definito con il distributore locale.

Producibilità dell'impianto fotovoltaico

Facendo riferimento ai valori di irraggiamento della provincia di Taranto, si è calcolato che la radiazione solare media annua su superficie orizzontale e su piano inclinato a 25° sono pari a 1.580 kWh/mq e 1.750 kWh/mq, rispettivamente. Considerando la potenza di picco del sistema fotovoltaico pari a 484 kWp circa, essendo il piano dei moduli con orientamento 0° Sud e portando in conto gli effetti di auto-ombreggiamento fra le file parallele, supponendo un valore di BOS non inferiore al 75%, utilizzando le norme UNI 10349 e UNI 8477 ed un fattore di albedo pari a 0,26 si può stimare una produzione energetica annua minima di circa 750.000 kWh.

Scelta dei componenti

Tutti i componenti elettrici utilizzati dovranno essere conformi alle prescrizioni di sicurezza delle Norme CEI che sono loro applicabili; tali dispositivi dovranno avere caratteristiche adatte e corrispondenti ai valori ed alle condizioni in base alle quali l'impianto elettrico sarà progettato; in particolare devono soddisfare le seguenti condizioni:

- essere adatti al massimo valore della tensione (valore efficace in c.a.) al quale essi sono alimentati nell'esercizio ordinario;
- essere scelti tenendo conto del valore massimo della corrente (valore efficace in c.a.) che devono portare nell'esercizio ordinario;
- essere scelti sulla base delle loro caratteristiche di potenza, in modo da poter essere utilizzati alla potenza massima che assorbono in servizio;
- essere selezionati tenendo conto delle sollecitazioni e delle condizioni

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

ambientali specifiche del luogo nel quale essi saranno installati ed alle quali essi potranno essere sottoposti.

I moduli fotovoltaici dovranno essere in silicio policristallino e presenteranno le seguenti caratteristiche nominali di potenza di picco nominale misurata in *STC-Standard Test Conditions* (1000 W/mq di irraggiamento solare, temperatura della cella di 25°C) pari a 216 Wp.

Le celle saranno adeguatamente protette frontalmente da vetro temperato atto a resistere senza danno a urti e alla grandine con elevato valore di trasparenza; i moduli fotovoltaici dovranno essere inglobati singolarmente tra due ulteriori fogli protettivi come ad esempio l'etilvinile acetato laminato a vuoto e ad alta temperatura; anche il retro delle celle sarà protetto in modo da renderle completamente impermeabili e stabili agli agenti atmosferici e ai raggi ultravioletti.

Il gruppo di conversione sarà costituito da un inverter BT e un trasformatore elevatore BT/MT con tensione massima di 880 V, corrente massima di 2 x 591 A e potenza massima di 580 kWp.

Il trasformatore sarà di potenza pari a 800 kVA del tipo isolato in resina 20000V/270V/270 Dyn11 a perdite ridotte con tensione nominale di 24 kV.

Il campo si comporrà di 14 quadri di campo in grado di connettere fino ad 8 stringhe; in ciascun quadro di campo dovranno essere installati tutti gli organi di protezione e sezionamento per quanto concerne la sezione in continua dell'impianto fotovoltaico.

Il quadro di campo dovrà essere posto in posizione baricentrica rispetto alle stringhe in modo da ridurre il più possibile la lunghezza delle linee e la conseguente caduta di tensione su esse; per una maggiore sicurezza dovrà essere eseguito in doppio isolamento.

Il quadro inverter sarà posizionato nelle immediate vicinanze dell'inverter e del quadro generale di alimentazione; esso dovrà avere una sezione in corrente continua e una sezione in corrente alternata; sulla prima si attesteranno le linee provenienti dal quadro di campo in cui ciascuna linea sarà protetta e sezionabile; sulla seconda sezione in corrente alternata si attesteranno le uscite degli inverter e anche tali linee saranno protette e sezionabili.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Le linee di collegamento elettrico tra ciascun quadro di campo e il quadro elettrico di interfaccia saranno dimensionate in modo che la c.d.t. risulti inferiore al 2% tenendo conto della lunghezza e della modalità di posa.

Per tutti i tratti di linea esterni e interni agli edifici saranno utilizzate pose entro tubazioni flessibili o rigide di tipo pesante in materiale isolante.

Per le linee in cavo interrate facenti parte dell'impianto si precisa che i conduttori saranno protetti e salvaguardati meccanicamente; per la realizzazione delle tubazioni, conformemente a quanto previsto nelle norme CEI 11-17, la posa dovrà avvenire in condotto interrato con ispezione intendendo per condotto interrato un manufatto di tipo edile, apribile o non apribile, prefabbricato o gettato in opera. il cui diametro interno del tubo dovrà essere almeno 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi.

Per l'infilaggio dei cavi sulle tubazioni interrate si dovranno avere adeguati pozzetti in cls completi di chiusino pedonabile; i pozzetti saranno posizionati ai piedi dei quadri di campo, nei punti di intersezione e, lungo le linee, ad una distanza non superiore a 50 metri.

Si stima un costo di circa 800.000,00 € per l'impianto sopra descritto, comprensivo di tutte le apparecchiature e caratterizzato dalle prestazioni illustrate. Come già evidenziato, tale costo diminuisce con la taglia dell'impianto.

6. Fattibilità economica dell'intervento

Viene di seguito riportata una stima di massima dei costi per la realizzazione degli interventi presentati.

La valutazione non può che essere approssimativa, in quanto le informazioni d'ingresso necessarie per questo studio sono ancora da acquisire in modo definitivo ed esaustivo, da parte degli organi competenti. In particolare, per un'accurata valutazione occorrerà:

- acquisire informazioni circa il punto di connessione alla rete di trasmissione nazionale dell'energia elettrica;
- acquisire informazioni riguardo al luogo in cui installare la stazione primaria e, con riferimento a quanto considerato nella relazione, a quali livelli di affidabilità minimi si intendono raggiungere;
- validare e confermare le ipotesi di massima sui percorsi delle linee e quindi sulle lunghezze e sulle sezioni dei conduttori;
- acquisire informazioni riguardo alla disponibilità degli armatori e dei concessionari dei moli ad aderire all'iniziativa e quindi, eventualmente, a contribuire alla realizzazione dell'opera;
- confermare anche i livelli di tensione individuati, che al momento risultano ipotetici, pur rientrando comunque in quelli standard previsti per questo tipo di installazione;
- confermare, per quel che riguarda il ricorso ad energia fotovoltaica per coprire il fabbisogno riveniente dalla elettrificazione delle banchine, l'effettiva taglia d'impianto connesso alla rete MT dell'area portuale, sulla base della reale superficie netta disponibile per l'installazione dei pannelli.

Le voci riportate nell'analisi dei costi sono quindi indicative e necessariamente esposte a revisione, resta comunque da osservare che l'oggetto di questo studio è stato confinato solo ad una parte delle utenze del Porto di Taranto, per esigenze di modularità e semplicità.

Si riporta il risultato delle analisi economiche nelle Tabelle 6-9 seguenti.

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Costo della connessione alla rete elettrica nazionale (€)	1.200.000,00
Realizzazione di cabina primaria di potenza non inferiore a 50 MVA (€)	4.000.000,00
Fornitura in opera di convertitori statici di frequenza (€)	800.000,00
Fornitura in opera di quadri di media tensione a valle della cabina primaria (€)	120.000,00
Costo totale allacciamento RTN e CP (€)	6.120.000,00

Tabella 6 - Costi per la connessione alla rete elettrica nazionale e la realizzazione della cabina primaria

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

linee	
n. linee di collegamento tra cabina primaria e Molo Polisettoriale	3
lunghezza singola linea interrata (km)	3,4
Lunghezza totale linee interrate (km)	10,2
fornitura in opera di linea MT interrata (€/km)	90.000,00
Costo totale linea 20 kV	918.000,00

Shore-side substation	
n. Shore-side substation	3
Fornitura in opera di Shore-side substation (€/cad)	70.000,00
Costo totale Shore-side substation	210.000,00

Bert terminal	
n. Berth terminal	8
Fornitura in opera di Berth terminal compresi i costi di allacciamento alla Shore -side substation più vicina (€/cad)	40.000,00
Costo totale Berth terminal (€)	320.000,00

Sistema movimentazione cavi	
n. di sistemi di movimentazione cavi	3
Fornitura in opera di sistema movimentazione cavi (€/cad)	30.000,00
Costo totale sistema movimentazione cavi (€)	90.000,00

Costo totale per il Molo polisettoriale (€)	1.538.000,00
--	---------------------

Tabella 7 - Costi per il Molo Polisettoriale

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

linee	
n. linee di collegamento tra cabina primaria e Molo Polisetoriale	2
lunghezza singola linea interrata (km)	6,4
Lunghezza totale linee interrate (km)	12,8
fornitura in opera di linea MT interrata (€/km)	90.000,00
Costo totale linea 20 kV	1.152.000,00

Shore-side substation	
n. Shore-side substation	2
Forn. in op. di Shore-side substation (€/cad)	70.000,00
Costo totale Shore-side substation	140.000,00

Bert terminal	
n. Berth terminal	4
Fornitura in opera di Berth terminal compresi i costi di allacciamento alla Shore -side substation più vicina (€/cad)	35.000,00
Costo totale Berth terminal (€)	140.000,00

Sistema movimentazione cavi	
n. di sistemi di movimentazione cavi	2
Fornitura in opera di sistema movimentazione cavi (€/cad)	30.000,00
Costo totale sistema movimentazione cavi (€)	60.000,00

Costo totale per il Pontile petrolifero (€)	1.492.000,00
--	---------------------

Tabella 8 - Costi per il Pontile petrolifero

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

linee	
n. linee di collegamento tra cabina primaria e Molo Polisetoriale	2
lunghezza singola linea interrata (km)	7,6
Lunghezza totale linee interrate (km)	15,2
fornitura in opera di linea MT interrata (€/km)	90.000,00
Costo totale linea 20 kV	1.368.000,00

Shore-side substation	
n. Shore-side substation	2
Fornitura in opera di Shore-side substation (€/cad)	70.000,00
Costo totale Shore-side substation	140.000,00

Bert terminal	
n. Berth terminal	4
Fornitura in opera di Berth terminal compresi i costi di allacciamento alla Shore -side substation più vicina (€/cad)	40.000,00
Costo totale Berth terminal (€)	160.000,00

Sistema movimentazione cavi	
n. di sistemi di movimentazione cavi	4
Fornitura in opera di sistema movimentazione cavi (€/cad)	30.000,00
Costo totale sist. movimentazione cavi (€)	120.000,00

Costo totale per Sporgente 2 (€)	1.788.000,00
---	---------------------

Tabella 9 - Costi per Sporgente 2

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Infine, nella Tab. 10 seguente si riporta il costo complessivo stimato, sulla base delle analisi di cui alle Tabelle 6-9 e sulla base di stime di massima di costi riguardanti la realizzazione dell'impianto di monitoraggio e dell'impianto fotovoltaico, di cui ai rispettivi paragrafi 4 e 5.

Costo totale allacciamento RTN e CP (€)	6.120.000,00
Costo totale per il Molo polisettoriale (€)	1.538.000,00
Costo totale per il Pontile petrolifero (€)	1.492.000,00
Costo totale per Sporgente II (€)	1.788.000,00
Costo sistema di monitoraggio (€)	200.000,00
Costo Impianto fotovoltaico (€)	800.000,00
Totale intervento (€)	11.938.000,00

Tabella 10 - Costo complessivo stimato per l'intero intervento

7. Conclusioni

La città di Taranto è storicamente cresciuta intorno a grandi attività industriali che hanno costituito un importante volano per lo sviluppo economico e sociale ma l'hanno anche sottoposta a forti sollecitazioni dal punto di vista ambientale. La crescente attenzione allo sviluppo eco-sostenibile ha, negli ultimi anni, acuito la sensibilità della comunità locale intorno alle tematiche inerenti le emissioni inquinanti e da polveri sottili che immancabilmente sono associate alle grandi produzioni generando un profondo malessere sociale. Dunque la necessità di riqualificare il territorio tarantino nel suo complesso deve passare attraverso la negoziazione tra istanze produttive e eco-compatibilità delle azioni da intraprendere.

In questo contesto un ruolo rilevante assume l'attività del Porto di Taranto che, benché abbia un impatto relativo rispetto alle emissioni complessive all'interno del territorio, ha la peculiarità di trovarsi geograficamente a ridosso della città per cui la sua riqualificazione è auspicabile nell'ottica del miglioramento della qualità della vita della città stessa.

L'inquinamento presente nel territorio portuale riviene da numerose fonti e quindi il processo di abbattimento degli agenti inquinanti deve essere affrontato da molteplici punti di vista. La scelta di elettrificare le banchine rappresenta sicuramente un buon punto di partenza per abbattere le emissioni delle navi in sosta nel porto, ma occorre fare una serie di considerazioni per valutarne la reale convenienza realizzativa. In particolare bisogna portare in conto gli elevati costi dell'infrastrutturazione che devono essere inevitabilmente confrontati con il trend del traffico e delle attività portuali previsto per il futuro (tra cui anche il possibile, auspicabile incremento del traffico passeggeri), di cui al PRP del 2010, ma che al momento non sembra essere del tutto incoraggiante.

Le analisi condotte pongono subito in chiaro che l'idea di una elettrificazione in toto delle banchine è utopica perché, per come è strutturato il traffico portuale, non porterebbe a significativi vantaggi ambientali a fronte di investimenti considerevoli. L'idea che emerge dalla elaborazione dei dati a disposizione è quella di focalizzare l'attenzione e le successive ipotesi

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

progettuali su di un ben definito numero di moli, evidenziati nel presente lavoro, che, per potenza richiesta, emissioni prodotte, o ripetibilità del traffico risultano tecnicamente fattibili.

Nel caso si volessero comunque immaginare scenari diversi (magari ecologicamente più affascinanti), si rischierebbe di vedere lievitare in modo spropositato i costi e con loro i tempi di realizzazione, rendendo di fatto inattuabile l'intera ipotesi.

Un importante fattore da non sottovalutare è la presenza in ambito portuale di numerosi interlocutori che dovranno collaborare affinché si possano concretizzare le ipotesi formulate e le soluzioni proposte. La scelta di limitare i moli da elettrificare, in congiunzione alla realizzazione di un efficiente sistema di monitoraggio e controllo ambientale, va dunque nella direzione della razionalità anche da questo punto di vista.

L'opera di elettrificazione dovrà necessariamente prescindere dalla armonizzazione delle situazioni degli impianti elettrici attualmente in essere su ciascun molo, perché ogni concessionario ha sviluppato in modo del tutto autonomo la propria infrastruttura elettrica (stato del neutro, linee di distribuzione, presenza di generazione autonoma, sistemi di backup, caratteristiche del coordinamento nelle protezioni ecc.) per rispondere ai bisogni dei propri utenti senza prendere in considerazione l'aspetto sistemico. Va anche precisato che le imbarcazioni di vecchia generazione dovrebbero essere sottoposte a modifiche strutturali; per questo motivo sarà necessario il coinvolgimento delle compagnie navali a tale iniziativa.

Dato che la complessità della gestione richiede un forte coordinamento per l'esecuzione dei lavori infrastrutturali, sarebbe auspicabile la nascita di un ente terzo che censisca i bisogni, valuti la complessa situazione elettrica e avvii il processo di negoziazione tra i tre principali attori presenti nel porto (Autorità Portuale, Concessionari e Armatori).

Per quanto riguarda infine la possibile realizzazione di impianti da fonti alternative, di cui si è riportato nel lavoro un progetto di massima, occorre precisare che il ricorso ad energia fotovoltaica per coprire il fabbisogno riveniente dalla elettrificazione delle banchine va attentamente valutato, almeno

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

nelle proporzioni volute, vista la necessità di avere a disposizione una superficie netta per l'installazione dei pannelli molto vasta che interferirebbe inevitabilmente con tutte le operazioni portuali. L'ipotesi progettuale riportata, che riguarda un'installazione economicamente conveniente della taglia di complessivi 500 kWp circa, relativa ad una dotazione del parco fotovoltaico di oltre 2.000 pannelli, potrebbe comunque essere opportunamente ridotta, in funzione delle aree tecnicamente e/o politicamente utilizzabili (tetti edifici, aree a parcheggio, altre aree libere ecc.), con ovvia riduzione della potenza di picco disponibile, ma si ritiene non conveniente, e quindi non fattibile, scendere al di sotto dei 100 kWp, sia per considerazioni di tipo economico-gestionale, sia per problemi di affidabilità e manutenibilità specifica (ovvero per unità di kWp) relativi a una potenza così bassa, in confronto a quella richiesta per l'intero impianto di cui al presente studio di fattibilità di elettrificazione.

Considerazioni diverse invece riguardano la possibilità di utilizzare la fonte eolica, che è fortemente impattante dal punto di vista ambientale, oltre a richiedere una pesante infrastrutturazione che si andrebbe ad aggiungere a quella già necessaria per l'elettrificazione. Inoltre sono in fase di conclusione gli iter di valutazione di alcuni progetti per la realizzazione di parchi di diverse decine di megawatt nel territorio immediatamente a ridosso del Porto, la cui energia potrebbe essere utilmente utilizzata anche per l'utenza relativa alle banchine.

Si può tuttavia prendere in considerazione l'ipotesi di realizzare un impianto fotovoltaico per coprire il fabbisogno elettrico delle utenze (attualmente con diversi allacci) e dei servizi presenti nell'area pubblica del Porto ed eventualmente nel Molo Polisettoriale. Questo richiede un'attenta analisi dei consumi e delle richieste dei vari enti nonché una stima delle superfici realmente utilizzabili.

E' comunque bene evidenziare che le conclusioni a cui si è pervenuti non possono essere considerate definitive per il carattere limitato delle informazioni rese disponibili. Con i dati forniti per il biennio 2010-2012 non è possibile disegnare uno scenario futuro che giustifichi, al di là di ogni ragionevole dubbio, gli ingenti investimenti conseguenti al progetto di elettrificazione delle

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

banchine, né, tantomeno, la posizione geografica del porto, svantaggiosa per il traffico croceristico, a maggior inquinamento ambientale, rispetto a quelli di Bari, Brindisi e Gioia Tauro, sembra garantire una espansione in questa direzione.

Val la pena sottolineare l'esistenza di raccomandazioni della Comunità Europea che promuovono il monitoraggio delle emissioni portuali e le tecniche per la loro riduzione anche se non è ancora ben chiaro su chi ricadranno gli oneri di gestione di questo sistema.

D'altronde è possibile ipotizzare che nel prossimo futuro la crescente attenzione del Governo italiano e della stessa Comunità Europea si traduca, da un lato, nella emanazione di norme che impongano alle Autorità Portuali di dotarsi di banchine elettrificate e, dall'altro, nella promulgazione di bandi a sostengano delle attività di riqualificazione dei porti.

Occorre infine sottolineare che il successo dell'elettrificazione del porto non può prescindere dai seguenti passi fondamentali:

- analisi approfondita della fattibilità finanziaria dell'operazione con riferimento alla fase di costruzione e gestione dell'infrastruttura;
- valutazione dell'investimento anche in termini di impatto ambientale di breve/medio/lungo termine sulla zona portuale e sulle aree residenziali limitrofe;
- condivisione del progetto da parte degli armatori delle navi che attraccano al porto;
- coinvolgimento e condivisione delle opere da parte dei concessionari interessati.

8. Bibliografia

- [1] M. Amodio *et al.* (2011a). *Chemical characterization of PM in Apulia Region: local and long-range transport contributions to Particulate Matter*. *BOREAL ENVIRONMENTAL RESEARCH*; vol.16(4), pag. 251–261; ISSN 1239-6095.
- [2] M. Amodio *et al.* (2011b), “*Fugitive Emissions*”, EAC, Manchester , 4-9 Settembre 2011.
- [3] G. De Gennaro *et al.* (2012), “*An integrated approach to identify the origin of PM10 exceedances*”, *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*; Volume 19, pag. 3132-3141, DOI: 10.1007/s11356-012-0804-5.
- [4] M. Amodio *et al.* (2013); “*How a Steel Plant Affects Air Quality of a Nearby Urban Area: A Study on Metals and PAH Concentrations*”; *AEROSOL AND AIR QUALITY RESEARCH*; ISSN: 1680-8584 print / 2071-1409 online; doi: 10.4209/aaqr.2012.09.0254
- [5] ARPA Puglia (2012): *Monitoraggio “diagnostico” degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e del Benzo(a)Pirene (BaP) a Taranto in ottemperanza a Protocollo Integrativo di Intesa ARPA – Regione Puglia per il potenziamento del monitoraggio della qualità dell’aria a Taranto*, con riferimento ad IPA e BaP, http://ecologia.regione.puglia.it/aria/03_Allegato_I.pdf.
- [6] M. Cozzi *et al.* (2010). Toxic elements content in PM10 samples from a coastal area of the Northern Adriatic Sea; *Cent. Eur. J. Chem.*, 8(5) , 1014–1026.
- [7] G. De Gennaro *et al.* (2013), *Assessment of the fugitive emission impact from a steel plant*; *ATMOSPHERIC ENVIRONMENT*, submitted.
- [8] Trozzi C., Vaccaro R. (1998) *Methodologies for estimating air pollutant emissions from ship*. Techn. report, methodologies for estimating air pollutant emissions from transport, RF98.
- [9] ARPAV (2007) Dipartimento Provinciale di Venezia di A.R.P.A.V., “*Le emissioni da attività portuale*” - febbraio 2007, http://www.arpa.veneto.it/dapve/docs/Relazione_tecnica_emissioni_portuali.pdf.
- [10] EU (2002) European Commission - “*Quantification of ship emission associated with ship movements between ports in the European Community*” (summary

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- and chapter 1 e 2), Final Report – Luglio 2002
http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/chapter2_ship_emissions.pdf.
- [11] EEA (2006) European Environmental Agency *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook 2006*
<http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR4/en/page009-a.html>.
- [12] ARPA Puglia (2007): *Inventario delle Emissioni in Atmosfera della Regione Puglia*, <http://www.inemar.arpa.puglia.it/Home.asp>.
- [13] Autorità Portuale del Porto di Taranto (2013): *Guida al Porto di Taranto*, <http://www.port.taranto.it/it/guida-interattiva.html>.
- [14] EPA (1996) <http://www.epa.gov/ttn/atw/natal/>.
- [15] EPA (2003) *Risk Assessment Document for Coke Oven MACT Residual Risk*, http://www.epa.gov/airtoxics/coke/coke_rra.pdf.
- [16] L.D. Emberson et al. (2001). *WATER, AIR, AND SOIL POLLUTION* 130, 107–118.
- [17] A. Mazzone (2012). *Focus on the emission from the port of Puglia Region*. PhD thesis in Chemistry, Bari University, 4: 104 – 146.
- [18] N. Moreno (2007). *Characterisation of dust material emitted during harbour operations (HADA Project)*. *ATMOSPHERIC ENVIRONMENT*, Volume 41, Issue 30, 6331–6343.
- [19] Regione Puglia (2012) *Piano contenente le prime misure di intervento per il risanamento della qualità dell'aria nel quartiere Tamburi (TA) per gli inquinanti PM10 e Benzo(a)Pirene ai sensi del D. lgs. 155/2010 art. 9 comma 1 e comma 2*. Scaricato dal sito:
http://www.ecologia.regione.puglia.it/aria/02_Piano_Piano_Risanamento_PM10_BaP_17_7_2012.pdf.
- [20] Antis, R. Prakash, T. Vuong, and D. Huynh, (2000) *Max-Min d-Cluster Formation in Wireless Ad Hoc Networks*, IEEE INFOCOM, 2000.
- [21] P.J. Hum. (2001) *Fabric Area Network - A New Wireless Communications Infrastructure to Enable Ubiquitous Networking and Sensing on Intelligent Clothing*. In *COMPUTER NETWORKS* 35 (2001), pages 391-399.
- [22] Perrig, R. Szewczyk, V. Wen, D. Culler, and J. D. Tygar, (2001) “SPINS:

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- Security Protocols for Sensor Networks*,” Proc. Of ACM MobiCom’01, pp. 189-199, Rome, Italy.
- [23] Ronza, S. Felez, R.M. Darbra, S. Carol, J.A. Vilchez, J. Casal (2003). *Predicting the frequency of accidents in port areas by developing event trees from historical analysis. JOURNAL OF LOSS PREVENTION IN THE PROCESS INDUSTRIES* 16, 551–560.
- [24] Savvides, C. Han, and M. B. Strivastava, (2001) *Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Networks of Sensors*, ACM MobiCom 2001, pp. 166-179, Rome, Italy.
- [25] Stirling, O. Renn, A. Rip, and A. Salo, (1999) “*On Science and Precaution in the Management of Technological Risk*” Final Report for the WC Forward Studies, Science and Technology Policy Research, University of Sussex.
- [26] H. Walke (1999) “*Mobile Radio Networks – Networking and Protocols*”, John Wiley and Sons.
- [27] H. Walke, P. Seidenberg, and M. P. Althoff (2003) “*UMTS – The fundamentals*”, John Wiley and Sons.
- [28] Bluetooth Special Interest Group (2004) *Bluetooth Core Specification Version 2.0 + Enhanced Data rate*, Nov. 2004
- [29] Fretzagias, and M. Papadopouli (2004). *Cooperative Location-Sensing for Wireless Networks*. In Second IEEE International conference on Pervasive Computing and Communications.
- [30] Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, (2000) *Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks*, Proceedings of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom’00), Boston, MA
- [31] Liu and K. Wu, (2005) *Performance evaluation of range-free localization methods for wireless sensor networks*. In Proceedings of 24th IEEE International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC2005), Phoenix, Arizona.
- [32] Savarese, J. M. Rabaey, and K. Langendoen, (2002) *Robust positioning algorithms for distributed ad-hoc wireless sensor networks*. In Proceedings of the General Track: 2002 USENIX Annual Technical Conference, pages 317-

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

327, Berkeley, CA, USA.

- [33] Siegemund, and C. Flörkemeier.(2003) *Interaction in Pervasive Computing Settings using Bluetooth-Enabled Active Tags and Passive RFID Technology together with Mobile Phones*. In Proc. of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'03).
- [34] G. Boggia *et al.*, (2005) "A Cross-layer Approach to Enhance TCP Fairness in Wireless Ad-hoc Networks". In Proc. of 2005 2nd International Symposium on Wireless Communication Systems 2005 (ISWCS 2005), Siena - Italy.
- [35] Dodero *et al.*, (2006) *Peer-to-peer network technology applied to the harbour environment*, Proc. 6th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Torino, June 27-30.
- [36] G. Gupta and M. Younis,(2003) *Load-Balanced Clustering in Wireless Sensor Networks*, IEEE International conference on communications, Anchorage, Alaska.
- [37] G. Hoblos, M. Staroswiecki, and A. Aitouche, (2000) "Optimal Design of Fault Tolerant Sensor Networks," IEEE International Conference on Control Applications, pp. 467-472, Anchorage, AK.
- [38] G. J. Pottie and W. J. Kaiser, (2000) "Wireless Integrated Network Sensors," Communications of the ACM, vol. 43, no. 5, pp. 551-8.
- [39] IEEE 802.11 (1999) "*Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*," ANSI/IEEE Std. 802.11, ISO/IEC 8802-11, first edition.
- [40] IEEE 802.11e (D12) (2004a) *Draft Amendment to Standard [for] for Information Technology-- Telecommunications and Information Exchange Between Systems--LAN/MAN Specific Requirements-- Part 11 Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Amendment 7: Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements*, Dec. 2004
- [41] IEEE 802.15 (2003a) *Information Technology Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements Part 15.4: Wireless Medium Access Control*

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
- [42] IEEE 802.15 (2003) *Information Technology Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High-Rate Wireless Personal Area Networks (HR-WPANs)*, Sept. 2003
- [43] IEEE 802.15.1 (2005) *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*.
- [44] IEEE 802.16 (2004) *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems*, June 2004
- [45] J. M. Rabaey, M. J. Ammer, J. L. da Silva Jr., D. Patel, and S. Roundy, (2000) "PicoRadio Supports Ad Hoc Ultra-Low Power Wireless Networking," *IEEE COMPUTER MAGAZINE*, pp. 42-48.
- [46] J. Rabaey et al., (2000a) "PicoRadio: Ad-hoc Wireless Networking of Ubiquitous Low-Energy Sensor/Monitor Nodes," Proceedings of the IEEE Computer Society Annual Workshop on VLSI (WVLSI'00), pp. 9-12, Orlando, Florida.
- [47] J. Redi, W. Watson, and V. Shurbanov, (2002) "Energy-Conserving Reception Protocols for Mobile Ad Hoc Networks," in Proc. MILCOM 2002.
- [48] K. Langendoen and N. Reijers. (2003) *Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison*. *COMPUT. NETWORKS*, 43 (4): 99-518.
- [49] Doherty, K. S. J. Pister, and L. E. Ghaoui, (2001) "Convex Position Estimation in Wireless Sensor Networks," in Proc. of IEEE Infocom 2001, Anchorage, Alaska, April 22-26.
- [50] Li and J. Y. Halpern,(2001) "Minimum Energy Mobile Wireless Networks Revisited", Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC'01), Helsinki, Finland.
- [51] L. Subramanian and R.H. Katz, (2000) "An architecture for building self-

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

- configurable systems*", Proceedings of the 1st ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, pp. 63–73, Boston, MA, USA.
- [52] L. Tzevelekas *et al.*, (2005) *Towards Potential-Based Clustering for Wireless Sensor Networks*, CoNEXT'05, Toulouse, France.
- [53] Boukraa, and S. Ando. (2002) "A Computer Vision System for Knowledge-based 3D Scene Analysis using Radio Frequency Tags". In Proc. of IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME '02).
- [54] M. Potkonjak *et al.* (2003) "Ad Hoc Wireless Networking, chapter Location Discovery" in *AD-HOC WIRELESS SENSOR NETWORKS*.
- [55] Bulusu, J. *et al.* (2003) "Self-configuring localization system: design and experimental evaluation". *ACM TRANSACTIONS ON EMBEDDED COMPUTER SYSTEM*.
- [56] Younis and S. Fahmy, (2004) "HEED: A hybrid energy efficient, distributed clustering approach for Ad-hoc sensor networks", *IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING*, Volume: 3, Issue: 4, p.p. 366 - 379.
- [57] Bahl and V. N. Padmanabhan. (2000) "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system". In *INFOCOM* (2), pages 775-784.
- [58] Krishnan and D. Starobinski, (2006) "Efficient clustering algorithms for self organizing wireless sensor networks". *AD HOC NETWORKS*, vol. 4, no. 1, pp. 36.59.
- [59] R. Nowak. (2003) "Distributed EM algorithms for density estimation and clustering in sensor networks". *IEEE TRANS. ON SIG. PROC.*, 51(8).
- [60] R. Ramanathan and J. Redi (2002) "A brief overview of ad hoc networks: Challenges and directions," *IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE*, vol. 40, no. 5, pp. 20–22.
- [61] S. Kaplan' and B. J. Garrick (1981) "On The Quantitative Definition of Risk", *RISK ANALYSIS*, Vol. I , No. I, pp. 11-27.
- [62] S. Lindsey and C. S. Raghavendra. (2002) "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems". In Proceedings of the IEEE Aerospace Conference.
- [63] S. Meguerdichian, *et al.*, (2001) "Coverage Problems in Wireless Ad-Hoc Sensor

Distretto Produttivo dell'Ambiente e del Riutilizzo

Networks", *IEEE INFOCOM 2001*, Vol. 3, pp. 1380-1387, Anchorage, Alaska.

- [64] Bejerano, (2004) "*Efficient Integration of Multihop Wireless and Wired Networks with QoS Constraints*", *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING*.