

PROGETTO MON ACUMEN

PROJET MON ACUMEN

“MONitorage Actif Conjoint Urbain-MaritimE de la Nuisance”

Autorità del Sistema portuale del Mar Tirreno Settentrionale - sede di Livorno
Scali Rosciano 6/7, Livorno

Progetto/Projet n. 154
CUP B52H17000770003

Componente C – Comunicazione
Composante C - Communication

Attività C.2 - Analisi delle best practices
sull'inquinamento acustico dei porti
*Activité C.2 - Analyse des meilleures pratiques en
matière de pollution sonore dans les ports*

Prodotto C.2.1 – Quaderni di Analisi dell'impatto
acustico dei porti
*Produit C.2.1 - Portefeuille d'analyse de l'impact
acoustique des ports*

Data di consegna prevista/Date de livraison prévue: 09/2019
Data di consegna effettiva/Date de livraison réelle: 11/2019

Organizzazione responsabile / *Organisation responsable:*
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana, Università degli Studi di Genova

Livello di diffusione <i>Niveau de diffusion</i>		
PU	Pubblico/ <i>Public</i>	X
CO	Confidenziale, solo per i partner/ <i>Confidentiel, seulement pour les partenaires</i>	

Numero della documentazione da consegnare / Nombre de documents à livrer:	C.2.1
Responsabile della documentazione da consegnare / Responsable de la documentation à livrer:	ARPAT, UNIGE
Componente/Composant:	C - Comunicazione/ <i>Communication</i>

Revisione del Documento Examen de documents			
Versione Version	Data Date	Modifiche Modifications	
		Tipo di modifiche Type de changement	Modificato da Modifié de

Sintesi / Résumé
Prima delle tre pubblicazioni previste sull'inquinamento acustico dei porti, le quali intendono dare un contributo scientifico alla discussione sulla mitigazione dell'impatto ambientale generato dai porti e sull'esempio di reti di monitoraggio specifiche per tipologia di rumore. <i>La première des trois publications prévues sur la pollution acoustique des ports vise à apporter une contribution scientifique au débat sur l'atténuation de l'impact environnemental généré par les ports et sur l'exemple des réseaux de surveillance spécifiques au type de bruit.</i>

POSSIBLE SOLUTIONS FOR PORT NOISE MONITORING

**Davide Borelli, Tomaso Gaggero, Emanuela Pallavidino, Corrado Schenone,
Emile Leonard Waffo Kamdem, Clepin Adelphe Yousseu Njiotan**

ABSTRACT

The subject of port noise is increasingly gaining attention due to the higher number of complaints from people living in the nearby urban areas. Moreover, unlike other kinds of transport noise, such as the one due to railways, airports or roads, the current normative framework in this sector is lack-ing a proper structure and is in general inadequate. Aim of this paper is to analyze the state of the art and, in particular, the available instrumentation and technologies that can be adopted in the field of harbor noise monitoring. In addition, the main norms and standards related to this topic will be summarized in order to establish which conditions are required for a proper evaluation of the port noise impact on the surrounding urban areas. New features of monitoring instruments and innovative measurement techniques that can successfully be applied to the port noise will be reviewed, in order to identify the best way to characterize the acoustic emissions of the various complex differ-ent sources typically present in harbors, and to achieve the goal of a proper and effective monitoring system that can be adopted to control noise in ports and its impact on the inhabitants living in its close proximity.

1 Introduzione

A differenza di altri tipi di rumore proveniente da strade, ferrovie o aeroporti [1-3], il rumore dei porti è stato a lungo trascurato, come se le emissioni generate non fossero rilevanti per la qualità della vita della popolazione esposta. Solo di recente il fenomeno ha suscitato maggiore interesse, principalmente a causa della reazione degli abitanti delle città portuali che non tollerano più fastidi e disturbi del sonno causati dal rumore proveniente dai porti.

Lo sviluppo limitato di questo argomento, rispetto all'enorme quantità di studi dedicati altri tipi di rumore generato da infrastrutture di trasporto e/o infrastrutture industriali, è ben documentato, così come la complessità dell'argomento. L'impatto acustico dei porti è il risultato di una complessa sovrapposizione di rumore generato da navi, gru, carico e scarico di merci, imbarco e sbarco di persone, cantieri navali, camion e treni, che colpisce l'area sia nelle ore diurne di ore notturne.

A causa di questa complessità, sono stati condotti numerosi progetti di ricerca al fine di definire linee guida per l'analisi e la gestione del rumore portuale. Per valutare l'impatto acustico, è stato in passato necessario adottare varie tecniche basate su strumenti normalmente utilizzati nei sistemi di monitoraggio acustico, ad esempio, fonometri, sonde di intensità sonora, griglie di microfoni, telecamere acustiche, ecc., la cui scelta è dipesa dal tipo di sorgente acustica analizzata. Alcune di queste tecniche di misurazione non sembrano del tutto adeguate per questa complessità. Se da un lato la caratterizzazione di sorgenti mobili, come gli autoveicoli, o di sorgenti fisse, come molte macchine o impianti industriali, ha raggiunto un alto livello di sviluppo ed è stato adeguatamente standardizzato, le campagne di misurazione del rumore portuale non

hanno una consolidata metodologia. Inoltre, l'accessibilità molto limitata alle aree portuali e le grandi dimensioni delle sorgenti rendono più difficili le operazioni di monitoraggio.

2 Legislazione e norme tecniche

La necessità di una legge specifica per la gestione delle problematiche legate al rumore prodotto dalle aree portuali è urgente; tuttavia, anche oggi, non esiste un atto normativo per la regolamentazione del rumore prodotto dalle attività portuali. Attualmente, la legge vigente in Italia è basata sulla "legge quadro sull'inquinamento acustico" (legge 26 ottobre 1995 n. 447) che è ora quasi interamente attuata attraverso l'emissione di decreti specifici per il regolamento del rumore generato da strade, ferrovie, aeroporti e industrie. La specificità del rumore portuale è spesso associata alla Legislazione Comunitaria, che definisce le linee guida per l'aggiornamento dei metodi di calcolo del rumore derivante da attività industriale, aeromobili, traffico veicolare e ferroviario e relativi dati sul rumore (direttiva 2003/613/CE), ma questa specificità non è trattata in modo esaustivo; questo succede anche nella legislazione sulla valutazione e gestione del rumore ambientale (Direttiva Europea 2002/49/CE) perché, nel caso di porti con una forte componente turistica e/o commerciale, complica eccessivamente l'analisi.

L'Organizzazione Internazionale per la Normazione (ISO), per compensare parzialmente le attuali carenze normative, ha emesso alcune regole su aspetti specifici delle navi: la direttiva ISO 14509-1:2008 Small craft "Airborne sound emitted by powered recreational craft -- Part 1: Pass-by measurement procedures"; ISO 14509-2:2006 Small craft "Airborne sound emitted by powered recreational craft -- Part 2: Sound assessment using reference craft"; e la norma ISO 2922:2000 Acoustics "Measurement of airborne sound emitted by vessels on inland waterways and harbours".

Inoltre, altre norme riguardanti fonti specifiche che possono trovarsi nel porto o nella zona vicina sono in vigore, ad es. ISO 3095:2013 Acoustics "Railway applications -- Measurement of noise emitted by rail bound vehicles", ISO 3746:2010 Acoustics "Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure -- Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane", ISO 12001:2000 Acoustics "Noise emitted by machinery and equipment -- Rules for the drafting and presentation of a noise test code", ISO 20906:2009 Acoustics "Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports", UNI 11143:2005 Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti (in Italiano), UNI 10855:1999 Acustica - Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti (in Italiano).

3 Strumenti e tecniche impiegate per il monitoraggio del rumore portuale

Per studiare il rumore dei porti, che ha un impatto sull'ambiente circostante e spesso sulle aree abitate, sono stati sviluppati vari strumenti e tecniche di misurazione. Di seguito viene presentata una panoramica dei principali studi disponibili in letteratura. Alcuni studi sono incentrati su singole sorgenti di rumore e principalmente su navi che verosimilmente sono le sorgenti più caratteristiche all'interno di un porto. Altri studi hanno affrontato il problema cercando di caratterizzare l'intera quantità di rumore generato dal porto e trasmesso alle aree circostanti.

3.1 Misurazioni con griglie di microfoni

Il progetto SILENV [4-6] aveva tra i suoi obiettivi l'identificazione e la quantificazione del rumore aereo generato dalla nave. A tal fine, sono stati adottati diversi approcci di misurazione all'interno del progetto.

Per quanto riguarda le navi ormeggiate, il primo approccio prevedeva il posizionamento di due griglie di microfoni verticali perpendicolari al piano di simmetria della nave e poste vicino alle fonti principali (ciascuna con 9 punti di misurazione, posizionati a 3 diverse altezze e 3 diverse distanze dal lato); questa soluzione ebbe alcuni problemi, come le zone d'ombra nelle due sezioni in cui il campo sonoro non è regolare ed è presente una forte direttività verticale delle emissioni acustiche [7]. Ciò suggerisce che le misurazioni effettuate alla banchina ad una piccola altezza dal suolo, specialmente per le navi più grandi, possono cadere nell'area d'ombra generata dallo scafo e quindi rilevare livelli inferiori rispetto a quelli che possono essere irradiati a quote maggiori dalla nave [8]. Il secondo approccio prevedeva una superficie microfonata di misurazione a forma di parallelepipedo e orientata in direzioni parallele e normali al piano di simmetria della nave. La distanza scelta tra la griglia e la nave era di 10 m poiché era considerata la più adatta per essere libera da ostacoli in un porto industriale [9]. Un esempio di tale configurazione di misurazione è riportato nella Figura 1.

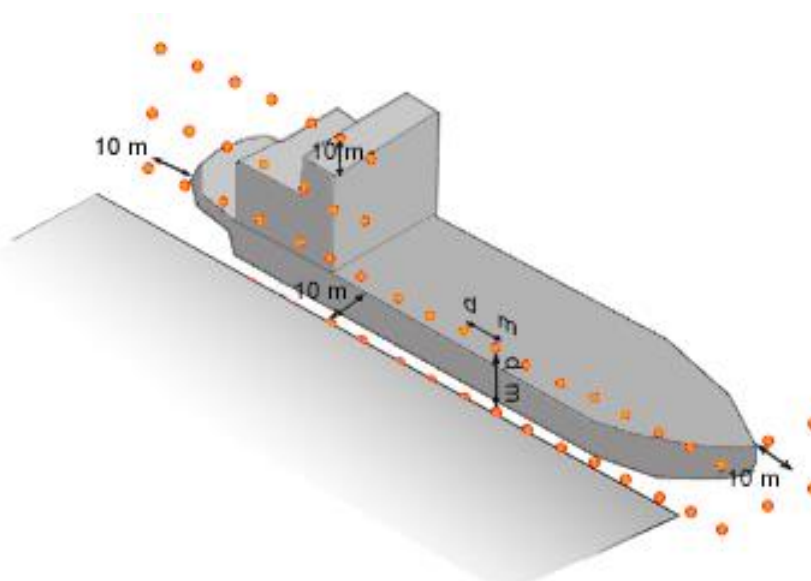


Figura 1: Esempio di griglia di misurazione per rumore aereo irradiato da una nave

Dai dati raccolti con questo approccio, sembrava che la propagazione nel campo sonoro misurato fosse dominata da effetti di campo vicino e/o riflessi (dal suolo e da altre superfici), rendendo difficile identificare semplici procedure per identificare le perdite acustiche. Pertanto, questo approccio dovrebbe essere applicato a un gran numero di casi al fine di calibrare il valore limite e supportare l'effettiva fattibilità della procedura stessa. Altre misurazioni sono state eseguite con lo stesso approccio per verificare la fattibilità di questa procedura sperimentale, considerando 13 posizioni di misurazione distribuite sul piano parallelo alla simmetria della nave alle 3 diverse altezze di 1,2 m, 17 m e 26,6 m. I risultati delle misurazioni hanno confermato che il livello di pressione acustica aumenta con l'aumentare dell'altezza [10]. Inoltre, per questo approccio, procedure che tengono conto dei requisiti già esistenti [11-13] sono stati usati per caratterizzare le fonti di rumore, i loro percorsi di trasmissione e come questi influenzano le varie categorie di ricevitori. Un terzo approccio ha suggerito di posizionare una griglia di microfoni orizzontali, parallela al piano di simmetria della nave, allineata su tre file a diverse distanze dallo scafo, in corrispondenza di altezza costante di 1,2 m. In questo modo l'influenza dell'effetto d'ombra sulla propagazione del rumore da una sorgente posta a 1 m dalla posizione di misurazione è stata messa in luce; usando questa configurazione, il livello di pressione sonora misurato nella prima fila (a 1 m dallo scafo) era inferiore a quello misurato nell'ultima fila (a 19 m dallo scafo) e varia in base alla posizione del microfono [14]. Infine, un ulteriore approccio prevedeva il posizionamento di due griglie di microfoni orientati in direzioni parallele al piano di simmetria della nave, con punti di misurazione allineati su due file: una prima fila a una distanza di 1 m dallo scafo della nave e una seconda fila a una distanza di 25 m; per ciascuna fila, vengono prese in considerazione varie altezze e la distanza tra un'altezza e l'altra deve essere scelta in base alla lunghezza della nave e alla distribuzione delle fonti di rumore più significative. Con le misurazioni della prima fila è possibile calcolare il livello di potenza acustica emesso della nave, mentre le misurazioni della seconda consentono di validare il modello di propagazione acustica [15]. Per quanto riguarda le navi in movimento, se le condizioni ambientali non consentono il posizionamento del microfono a una distanza maggiore o uguale a 100 m, o ad una distanza pari alla lunghezza nave, è possibile usare una distanza minore. Se le sorgenti acustiche sono nelle stesse posizioni su entrambi i lati della nave, le misurazioni potrebbero essere prese solo da un lato; in caso contrario, le misure dovrebbero essere prese su entrambi i lati e devono essere considerate almeno due altezze: una a 1,2 m sopra il livello della banchina e una alla stessa altezza del fumaiolo. Altezze aggiuntive possono essere introdotte per navi più grandi o per migliorare la precisione.

3.2 Misurazioni con fonometri

Durante una campagna sperimentale nel porto di Napoli, sono state prese misure della pressione acustica in varie posizioni, a diverse distanze e ad angoli diversi rispetto alla nave, al fine di caratterizzare l'inquinamento acustico proveniente da una nave in movimento, nel caso specifico un traghetto che è entrato nel porto e ha manovrato per attraccare. Le emissioni sonore fluttuano durante la manovra di oltre 20 dB nell'intervallo 50-5000 Hz, riflettendo le diverse condizioni operative dell'impianto di propulsione e la diversa distanza della nave dai ricevitori. La stessa nave è stata quindi monitorata una volta all'ormeggio in banchina e due condizioni operative sono state lì rilevate: i generatori elettrici ed i ventilatori dell'impianto di condizionamento in funzione e

non. Dai risultati è infatti emerso un campo di rumore piuttosto diverso. I ventilatori dell'impianto di condizionamento generano rumore nella gamma di frequenza da 200 a 10000 Hz, mentre il sistema di propulsione mostra contributi più forti in una gamma di frequenza fino a 100 Hz. La nave in banchina generava emissioni più elevate a frequenze più elevate, in particolare nella gamma di 200-5000 Hz, dove il dominano le emissioni di generatori e/o ventilatori elettrici. Considerando le navi in transito, le navi differivano molto l'una dall'altra in termini di dimensioni, architettura, potenza e, di conseguenza, radiazione del rumore. È chiaro che anche per queste imbarcazioni le fluttuazioni acustiche possono essere abbastanza importanti durante la stessa manovra. Inoltre, le differenze tra i livelli di pressione acustica maggiore e minore erano fino a 20 dB (A) [16].

Nell'ambito del progetto Eco.Port, promosso dall'autorità portuale di Venezia, sono stati definiti i valori del livello di potenza acustica emesso dai diversi tipi di imbarcazioni ormeggiate ai moli del porto. Questi dati sono stati successivamente utilizzati all'interno di un modello di calcolo al fine di valutare gli effetti indotti sull'ambiente urbano dalla presenza di diverse combinazioni di navi. Per le navi in transito, è stato creato un sistema di monitoraggio per registrare tutti i principali parametri acustici ad intervalli di un secondo [17].

Un caso notevole è quello del porto di Lipari, che è influenzato dal rumore emesso durante la notte dalla nave cisterna che fornisce quotidianamente acqua per l'isola. I dati acquisiti in due giorni consecutivi, in presenza e assenza della nave, hanno mostrato un rumore generalmente costante e molto variabile, ma in media più elevato in presenza della nave, come previsto [18].

Nel porto di Genova sono state effettuate misurazioni acustiche in tre diverse aree:

- zona A: impianto industriale vicino a una linea ferroviaria;
- zona B: navi all'ormeggio in un'infrastruttura portuale adiacente ad una zona residenziale e attraversata dalla strada urbana principale e da una linea ferroviaria;
- zona C: un impianto industriale immerso in un tessuto urbano complesso e vicino ad un'autostrada.

I risultati del monitoraggio di più giorni sono stati i seguenti: per la zona A, i vari contributi (attività industriali e transiti ferroviari) sono stati evidenziati e analizzati individualmente; per la zona B, l'effetto principale delle emissioni portuali potrebbe essere identificato nell'alterazione del rumore di fondo (cioè alcune bande di frequenza erano statisticamente più significative di altre), ed infine per la zona C si è notato che il comportamento del rumore osservato era la primaria caratteristica delle circostanze dominate dal rumore di traffico infrastrutturale (in questo caso un'autostrada) [19].

La sintesi della ventennale esperienza della campagna di monitoraggio del porto di Genova dimostra che nelle aree portuali il LAeq non supera gli 80 dB(A), mentre vicino al perimetro dei porti il rumore preponderante è quello causato dall'infrastruttura stradale, che di solito supera i 70 dB(A). Infine, nei quartieri collinari distanti in media 0,5 km dal porto, il LAeq è dell'ordine di 50-55 dB(A), il che significa che le sorgenti acustiche dell'area portuale sono percepibili [20]. Una

metodologia simile è stata adottata dall'autorità portuale della Guadalupa per caratterizzare gli ambienti sonori all'interno del progetto Grand Port [21], realizzando misurazioni del rumore in 10 diverse aree vicino al porto.

Inoltre, misurazioni effettuate al Terminal Europa di Genova Voltri su navi agli ormeggi hanno dimostrato che il rumore reale causato dai generatori era nella gamma di frequenza 100-250 Hz. Con un solo motore acceso, è stato rilevato un livello di 95 dB(A) all'uscita dello scarico, ragionevolmente dovuto allo spostamento dell'aria [22].

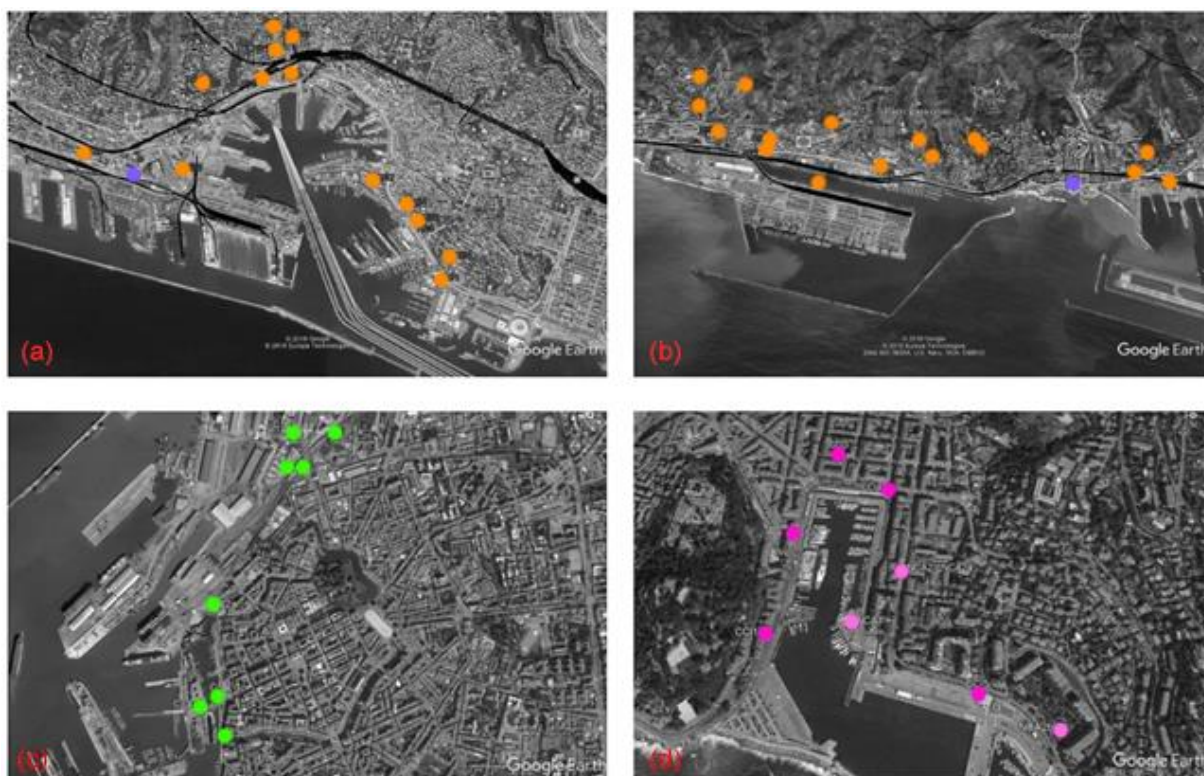


Figura 2: Posizioni di misurazione nei porti di:
 (a) Genova Porto Antico, (b) Genova VTE. (c) Livorno e (d) Nizza

Per quanto riguarda il porto di Livorno [23, 24], è stato effettuato un monitoraggio simultaneo del rumore e del traffico stradale: è stato osservato che, in generale, picchi di traffico stradale (sia leggeri che pesanti) erano associati agli arrivi dei traghetti nel porto. Questo aumento del traffico veicolare in quasi tutti i casi è associato ad un aumento dei livelli acustici, di solito intorno alle 7 del mattino ed intorno alle 18-19 di sera. Un'altra campagna di misurazione si è occupata della caratterizzazione acustica di diverse piccole imbarcazioni in movimento a diverse velocità nei canali di Livorno, che si diramano in una zona densamente abitata; l'analisi, fatta a mezzo di misurazioni "pass-by" a breve e lungo termine, hanno mostrato che "piccoli motoscafi, barche a vela e gommoni a scafo rigido possono essere inclusi nella stessa categoria acustica, mentre piccoli e medi pescherecci di taglia, barche antincendio e barche della pubblica sicurezza fanno parte di una categoria diversa "[24].

Un altro esempio viene dalla città di Nizza, che ha un sistema di monitoraggio del rumore continuo e in tempo reale con 45 fonometri. Tra questi, 7 sono posizionati intorno al porto, di cui 6 di classe 2 e 1 di classe 1, appartenente alla Camera di commercio e industria (CCI) e al comune di Nice Côte d'Azur (NCA). A seconda del titolare, i dati sono disponibili in diverse forme: mentre quelli acquisiti da NCA sono disponibili su richiesta, quelli di cui è responsabile CCI sono distribuiti solo per il porto di Nizza.

3.3 Possibili nuove tecniche

Gli approcci di misurazione sopra descritti possono essere classificati come misurazioni prese nella vicinanza di una sorgente acustica specifica (ad esempio una nave), misurazioni effettuate al confine dell'area portuale e misurazioni effettuate da una posizione remota in cui si trovano i soggetti disturbati dal rumore. Nel primo caso le difficoltà sono legate alla possibilità di raggiungere e operare fisicamente nelle aree portuali durante le attività portuali che non possono essere interrotte o anche leggermente modificate per eseguire misurazioni acustiche per motivi economici. In questi ultimi casi gli svantaggi principali sono rappresentati dalla difficoltà di identificare chiaramente le sorgenti di fastidio. Al fine di superare parzialmente tali problemi, le griglie dei microfoni possono essere utilizzate con telecamere acustiche o con tecniche di beamforming. Le telecamere acustiche consentono di identificare visivamente i principali contribuenti al rumore, anche ad una specifica banda di frequenza, in un ambiente acustico complesso con più sorgenti, consentendo di eseguire misurazioni in posizioni remote. Il principale svantaggio è rappresentato dalla difficoltà di ottenere una stima quantitativa dei livelli di rumore. Le tecniche di beamforming, d'altra parte, consentono un filtraggio spaziale del rumore aumentando il SNR (signal-to-noise ratio) per una data direzione sfruttando la direzionalità della matrice di misurazione. Tale tecnica può essere utilizzata per una stima quantitativa del rumore, ma la posizione della sorgente di rumore rispetto a quella del ricevitore deve essere nota in anticipo con precisione.

Entrambe le tecniche sopra descritte, con i loro pro e contro, meritano attenzione e all'interno del programma EU-Interreg "Marittimo" Italia-Francia è previsto di testarli in un ambiente portuale reale.

4 Conclusioni

Il problema del monitoraggio del rumore portuale ha recentemente acquisito importanza a seguito dei reclami di cittadini che vivono in aree urbane situate vicino ai porti. Finora il problema è stato affrontato provando ad adattare le procedure di misurazione e la strumentazione creati per scopi diversi. Attualmente non sono state emesse normative o linee guida per affrontare specificamente il rumore delle porte. Questa mancanza di regolamenti è principalmente causata dal numero significativo di entità e autorità coinvolte nella gestione portuale e dalla complessità del porto come sorgente di rumore. Infatti, un grande porto può essere considerato come una piccola città con diverse attività che a loro volta possono essere considerate sorgenti di rumore complesse. Mentre la maggior parte delle attività è già soggetta a limitazione del rumore quando si trova al di fuori dei porti, le navi rappresentano una sorgente di rumore relativamente sconosciuta. In risposta ai reclami, molte campagne di misurazione sono state condotte, in genere con fonometri classici, vicino alle tipiche sorgenti di rumore portuale come le navi o nella posizione in cui il cittadino ha riportato disturbi o al confine tra le aree portuali e la città circostante. Quando i porti sono situati all'interno delle aree urbane, che è il caso più comune in Europa e l'unico caso riguardante i porti del Mediterraneo, le misurazioni sono sempre influenzate dal contributo di sorgente di rumore estranee alle attività portuali. In questo scenario è molto difficile, se non impossibile, valutare l'esatto contributo del rumore generato dalle attività portuali al panorama acustico complessivo. La difficoltà nell'identificare con precisione le fonti di rumore rendono anche difficile adottare contromisure che difficilmente verrebbero accettate dagli operatori di terminal se non è dimostrato che il rumore emesso dalle loro attività è responsabile dei reclami dei cittadini. La ricerca condotta attualmente nell'ambito dei progetti EU-Interreg sta cercando di colmare il divario relativo al rumore portuale elaborando nuove misurazioni e tecniche di monitoraggio volte a caratterizzare le diverse fonti di rumore presenti nei porti.

Bibliografia

1. Licitra, G., Ascari, E., Fredianelli, L. Prioritizing Process in Action Plans: a Review of Approaches (2017) Current Pollution Reports, 3 (2), pp. 151-161.
2. Licitra, G., Ascari, E., Brambilla, G. Comparative analysis of methods to estimate urban noise exposure of inhabitants (2012) Acta Acustica united with Acustica, 98 (4), pp. 659-666.
3. Licitra, G., Gallo, P., Rossi, E., Brambilla, G. A novel method to determine multiexposure priority indices tested for Pisa action plan (2011) Applied Acoustics, 72 (8), pp. 505-510.
4. SILENV, (2012a). Deliverable 1.1 Review of the existing Requirements for Noise & Vibration control. URL: http://www.silenv.eu/issues/SILENV_D_1-1_rev3.pdf.
5. SILENV, (2012b). Deliverable 1.2 Harbour noise nuisance. URL: http://www.silenv.eu/issues/SILENV_D_1-2_rev1-9.pdf.
6. SILENV, (2012c). Deliverable 5.2 Green Label proposal. URL: http://www.silenv.eu/green_label/D5.2_green_label_rev_2.pdf.
7. Draganchev H, Valchev S, Pirovsky C. Experimental and theoretical research of noise emitted by merchant ships in port. In: Proceedings of the 19th international congress on sound & vibration, Vilnius, Lithuania; 8–12 July, 2012.
8. Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E. & Schenone, C. (2012) 'Modelling the Outdoor Noise Propagation for Different Ship Types', 17th NAV Intern. Conf. on Ships and Shipping Research, Naples Oct. 2012, p. 1-11, ISBN/ISSN: 9788890439421.
9. Badino, A., D. Borelli, T. Gaggero, E. Rizzuto, C. Schenone, Acoustical impact of the ship source, Proceedings of the 21st International Congress on Sound and Vibration, Beijing, China, 2014
10. Davide Borelli, Tomaso Gaggero, Enrico Rizzuto and Corrado Schenone "Measurement of airborne noise by a ship at quay" 22nd International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2015; Florence; Italy; 12 July 2015 through 16 July 2015; Code 121474.
11. S. Curcuruto, G. Marsico, D. Atzori, E. Mazzocchi, R. Betti, Environmental impact of noise sources in port areas: a case study, Proceedings of the 22nd International Congress on Sound and Vibration, Florence, Italy, 2015.
12. Crocker, M. J. Ed., Handbook of Noise and Vibration Control, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2007).
13. Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E., Schenone, C. Measurements of airborne noise emitted by a ship at quay (2015) 22nd International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2015.
14. Badino, A., D. Borelli, T. Gaggero, E. Rizzuto, C. Schenone: "Airborne noise emissions from ships: Experimental characterization of the source and propagation over land" Applied Acoustics Volume 104, March 2016, Pages 158-171.
15. Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E. & Schenone, C. Analysis of airborne noise emitted from ships. In Rizzuto, E. & Guedes Soares, C. (eds.), Sustainable Maritime

Transportation and Exploitation of Sea Resources, CRC Press/Balkema, Leiden, The Netherlands, 1001-1010 (2012).

16. T. Coppola, F. Quaranta, E. Rizzuto, D. Siano, M. Viscardi: "On field experimental characterisation of the ship sources of acoustic pollution within a commercial harbour", 24th International Congress on Sound and Vibration (ICSV), London, 23-27 July 2017.
17. Di Bella A., Tombolato A e Cordeddu S., (2008), Caratterizzazione in situ e mappatura acustica di navi in transito e all'ormeggio nel porto di Venezia. Dipartimento di Fisica Tecnica. Università di Padova, 4 giugno.
18. Sansone Santamaria A., Marchese A., Zappia V. "Sorgenti di rumore in acque territoriali: problematiche normative e tecniche. Il caso studio di Lipari", Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti, Vercelli, 24-27 marzo 2009.
19. Conte A., Balzano M., Barbieri E., Stragapede F. "Studio sulla rumorosità di origine portuale sull'abitato di Genova" – 4a Giornata di studio sull'acustica Ambientale – Arenzano, 14 ottobre 2011.
20. Walter Piromalli "Il rumore portuale caso di Genova" Agenzia Regionale per la protezione dell'ambiente Ligure- Genova - 5a Giornata di studio sull'acustica Ambientale – Arenzano, 19 ottobre 2012.

PORT NOISE IMPACT AND CITIZENS' COMPLAINTS EVALUATION

Gaetano Licitra, Matteo Bolognese, Diego Palazzuoli, Luca Fredianelli,
Francesco Fidecaro

ABSTRACT

After the publications of the European Environmental Noise Directive in 2002, many noise maps and action plans, as well as a consistent number of scientific papers, emerged for roads, railways, airports and industrial noise. Unfortunately, noise produced by ports in their surrounding areas seems to be forgotten at present, even though there could be many areas affected by it. Relevant attention from authorities and scientific community seems to be devoted to noise produced underwater for its inter-ference with wildlife, rather than noise produced in the urban portion, that is causing disturbance and consequent complaints by some citizens. The INTERREG Maritime projects MON ACUMEN and RUMBLE aim to study noise originating from port activity in order to assess the currently unexplored situation and then identify solutions for a long-term environmental sustainability. More specifically, RUMBLE aims to effectively and efficiently implement small mitigation interventions, while MON ACUMEN will gather the preliminary knowledge on the issue of noise generated by ports. In this context, questionnaires submitted to north Tyrrhenian port authorities concerning the description of the port area, the present monitoring systems, the measurement campaigns and acoustics maps per-formed are discussed. Furthermore, by analyzing the citizen's complaints where present, the critical aspects of the analyzed ports will be studied.

1 Introduzione

L'esposizione al rumore ambientale può essere causa di problemi per la salute umana, come ad esempio malattie cardiovascolari e respiratorie [1-5], ipertensione [6,7], disturbi dell'apprendimento [8-10], disturbi del sonno [11] e annoyance [12-14]. La Direttiva Europea 2002/49/EC (END) [15], al fine di ridurre l'esposizione e prevenire l'insorgere di tali disturbi, impone agli Stati Membri di realizzare mappe del rumore [16] generato da sorgenti stradali [17,18], ferroviarie [19,20], aeroportuali [21,22] e industriali [23-26] e piani di azione per la sua progressiva riduzione ma non dedica sufficiente attenzione ai porti e alle aree circostanti.

Il rumore generato dalle navi colpisce però una sempre più ampia gamma di ricettori, compresi gli abitanti che vivono nella zona costiera vicino a porti o canali [27-31], specialmente dove il traffico navale è intenso o dove si verificano frequentemente operazioni di carico/scarico. Anche se il rumore portuale condivide alcune caratteristiche del rumore stradale, ferroviario o industriale, mancano ad oggi strumenti specifici per caratterizzarlo, valutarlo e monitorarlo [32].

L'impatto acustico dei porti ha suscitato una crescente attenzione negli ultimi anni a livello tecnico e pre-normativo a seguito di numerosi progetti europei come HADA [33], Eco.Port [34], NoMEPorts [35], SIMPYC [36], EcoPorts [37], MESP [38], che hanno cercato di definire linee guida al fine di caratterizzare il rumore dovuto ai porti sulla base della END.

Il recente progetto MON ACUMEN e gli altri progetti del programma marittimo INTERREG condividono lo scopo di studiare il rumore proveniente dall'attività portuale, al fine di valutare la situazione attuale e identificare le migliori soluzioni che consentano la sostenibilità a lungo termine.

I progetti attivi sul II avviso PO Marittimo - Asse 3 – lotto 2 affrontano il rumore transfrontaliero e il tema dei porti da diversi punti di vista:

REPORT si occupa dei modelli di simulazione e metodiche di valutazione e controllo del rumore portuale, DECIBEL dello sviluppo di piccole infrastrutture nei porti di piccole dimensioni, LIST PORT segue i modelli gestionali e logistici di abbattimento del traffico veicolare leggero e pesante verso il porto, MON ACUMEN è dedicato a campagne di monitoraggio del clima acustico dei porti, mentre RUMBLE si occupa delle politiche di risposta al problema del rumore nei porti di grandi dimensioni, attraverso la realizzazione di piccole infrastrutture per la mitigazione e azioni di monitoraggio per la valutazione dell'efficacia di tali soluzioni infrastrutturali, rispetto alla riduzione del rumore nelle aree urbane.

Per alcuni di questi progetti, possono essere realizzate attività congiunte, dal momento che spesso hanno anche scopi comuni, come ad esempio RUMBLE e MON ACUMEN che condividono la necessità di produrre un report sullo stato attuale del rumore portuale. Ciascun progetto si concentra poi su aspetti diversi.

RUMBLE, con la politica di realizzare interventi locali per mitigare il rumore nelle aree portuali e azioni di monitoraggio per verificarne la loro efficacia, ha seguito un approccio integrato che considera i seguenti aspetti:

- analisi di dati storici in possesso di varie amministrazioni locali per mitigare il fenomeno del rumore portuale;
- analisi del sito portuale, delle attività produttive e logistiche al suo interno e individuazione delle aree più impattanti dal punto di vista acustico;
- analisi dell'impatto acustico e caratterizzazione del rumore del traffico terrestre;
- analisi delle buone pratiche e delle migliori soluzioni esistenti e innovative al fine di mitigare il fenomeno.

MON ACUMEN affronta la questione della pianificazione e del controllo acustico nei porti commerciali sviluppando una metodologia comune per la descrizione acustica per il rilevamento del rumore, una progettazione condivisa di sistemi di monitoraggio e una raccolta e la verifica unitaria dei dati raccolti, così come richiesto dalla Direttiva 2002/49/CE al fine di realizzare una pianificazione efficace. Infatti, nonostante le attività portuali siano comparabili e il traffico commerciale sia in gran parte comune, l'assenza di un approccio condiviso ha portato a una sostanziale differenziazione nel monitoraggio acustico, a scapito della salute e dell'efficacia della pianificazione. Per tale scopo in MON ACUMEN si rende necessario:

- raccogliere informazioni sui sistemi di monitoraggio attivi e sulle campagne di misurazione realizzate;
- raccogliere informazioni sull'orografia del territorio e sulla posizione delle attività portuali.

2 Il questionario comune

Per raggiungere i loro obiettivi, RUMBLE, MON ACUMEN e REPORT hanno bisogno di acquisire dagli enti locali coinvolti il maggior numero di informazioni disponibili.

A tal fine è stata eseguita un'unica campagna di raccolta dati inviando un unico questionario a tutte le parti interessate (stakeholder) in ciascun progetto, in modo tale da semplificare e ottimizzare il processo, richiedendo loro le informazioni una sola volta e in un unico documento. Così facendo, è stato inoltre possibile ampliare il database perché agli enti sono stati posti anche quesiti relativi a progetti nei quali non sono direttamente coinvolti.

2.1 Enti coinvolti nello studio

Si riporta in Tab. 1 la risposta dei diversi enti: tutti i porti coinvolti hanno partecipato raggiungendo l'obiettivo del questionario.

Enti	Risponde	Porto	MON ACUMEN	RUMBLE	Report
Regione Liguria	Sì	Genova	---	Sì	---
Ufficio dei trasporti Corsica	---	---	---	Sì	---
Università di Genova	Sì	Genova	Sì	Sì	Sì
Università di Pisa	---	---	---	Sì	Sì
Autorità portuale Mar Ligure Occidentale	Sì	Genova	Sì	Sì	---
Autorità portuale Mar Ligure Orientale	Sì	La Spezia	Sì	---	---
Autorità di sistema portuale del mar Tirreno Settentrionale	Sì	Livorno Portoferraio	Sì	Sì	---
Autorità di sistema portuale del mar di Sardegna	Sì	Cagliari	Sì	Sì	---
Nizza - Costa Azzurra	Sì	Nizza	---	Sì	---
Camera di Commercio e Industria di Nizza (CCI)	Sì	Nizza	---	---	---
Camera di Commercio e Industria di Bastia e Corsica settentrionale	Sì	Bastia	Sì	---	---
ARPAT	Sì	Livorno	Sì	---	Sì
CSTB	---	---	---	---	Sì
Università della Corsica	---	---	---	---	Sì
Università di Cagliari	---	---	---	---	Sì
ARPAL	Sì	La Spezia	---	---	---

Tabella 1: Enti contattati per la raccolta delle informazioni necessarie ai diversi progetti.

2.2 Struttura del questionario

Il questionario, scritto in italiano e in francese, è stato creato organizzando le domande in una struttura chiara per ciascun argomento di indagine.

2.2.1 Anagrafica

La prima sezione riguarda l'anagrafica e richiede le informazioni necessarie per identificare l'ente e il porto in questione. Sono inoltre richiesti i recapiti dei dirigenti e i dati necessari per contattare l'ente.

2.2.2 Descrizione area portuale

In questa sezione si richiede di fornire una descrizione e classificazione dell'area portuale corredata da immagini satellitari georeferenziate e mappe portuali con aree di utilizzo. Una descrizione particolareggiata dell'area portuale è fondamentale per i progetti: per MON ACUMEN al fine della progettazione dei sistemi di monitoraggio; per RUMBLE al fine di identificare le aree di intervento.

2.2.3 Sistemi di monitoraggio del rumore

Come già detto in precedenza, la conoscenza dei sistemi di monitoraggio attivi è fondamentale per tutti e tre i progetti, per comprendere lo stato attuale dei porti in esame. Questa fase chiede di descrivere con precisione i sistemi di monitoraggio, con attenzione alla gestione dei dati, alla disponibilità e alla leggibilità dei dati. Questa fase di lavoro risulta essere indispensabile per MON ACUMEN perché il suo obiettivo è proprio quello di definire un standard di monitoraggio comune all'area transfrontaliera italo-francese del Mar Tirreno.

2.2.4 Campagne di misura

I dati sulle campagne di monitoraggio pregresse, che in seguito vedremo essere limitati e disomogenei, sono richiesti in quanto di fondamentale importanza in materia di definizione del clima acustico. La loro disomogeneità evidenzia quanto sia urgente sviluppare una metodologia di monitoraggio comune.

2.2.5 Mappatura acustica

Questa sezione richiede la descrizione della mappatura effettuata secondo la Direttiva 49/2002/EC dei piani d'azione. Conoscere i contributi generati dalle altre infrastrutture quali linee ferroviarie, strade e aeroporti è necessario per valutare correttamente l'impatto del rumore dei porti.

2.2.6 Esposti e comitati

Questa sezione richiede la stima del numero di soggetti esposti, la classificazione delle sorgenti disturbanti, le mappe georeferenziate delle sorgenti e dei soggetti esposti e le informazioni sugli esposti presentati dai cittadini.

2.2.7 Normativa

Fornisce una serie di domande approfondite sul quadro normativo esistente e sugli strumenti messi a disposizione dagli organi di gestione.

3 Risultati delle campagne di misura

Ad oggi l'unico porto in grado di fornire dei risultati di misurazione del rumore è il porto di Nizza, in quanto possiede sistemi di monitoraggio attivi. In particolare, il porto di Nizza ha due sistemi di monitoraggio che forniscono dati in accordo con la direttiva INSPIRE.

Il sistema di monitoraggio installato nell'area portuale di Nizza è costituito da cinque microfoni di classe 2 e un microfono di classe 1 che permettono un monitoraggio continuo del clima acustico. Entro la fine del 2019 saranno installati altri 3 microfoni in classe 1. Il sistema monitora yacht e navi da diporto ormeggiate, la circolazione di automezzi, le attività commerciali, gli eventi, le manifestazioni e i cantieri attivi nelle vicinanze del porto al fine di identificare la principale sorgente di rumore in caso di esposti dei cittadini.

I dati ottenuti dal monitoraggio sono detenuti da due diversi enti, che li gestiscono in maniera indipendente. Sono inoltre differenti le modalità di distribuzione a seconda del detentore del dato.

3.1 Campagne di misura

Già dall'analisi dei risultati dei monitoraggi nel caso del porto di Nizza, emerge come ci sia una concreta disomogeneità in generale tra le modalità seguite dalle varie autorità portuali nell'affrontare il difficile compito di descrivere gli impatti acustici presenti e la complessa attività che li causa.

Non esistono infatti ad oggi né una metodologia per il monitoraggio, né una strategia comune che possano far incrementare le informazioni acquisite dai diversi enti. Le informazioni, quando fornite, risultano spesso incomplete e bisognose di ulteriori approfondimenti sul campo.

Alla luce di ciò risultano comprensibili le difficoltà riscontrate dalle autorità portuali nel quantificare e geolocalizzare l'impatto del rumore portuale per poi eseguire efficaci azioni di pianificazione e organizzazione delle attività portuali al fine di migliorare il clima acustico dei cittadini e minimizzare gli esposti.

4 Impatti

4.1 Analisi degli esposti

Dall'analisi degli esposti dei cittadini presentati alle autorità portuali e agli enti locali in materia di rumore portuale, dei comitati e delle associazioni antirumore attive sono emerse le caratteristiche di stagionalità del disturbo e le indicazioni sul periodo della giornata maggiormente interessato.

In assenza di interventi mirati a minimizzare l'impatto acustico, a ragione degli ingenti investimenti nazionali e internazionali che genereranno un incremento degli interscambi per via marittima e quindi del traffico navale, il quadro attuale (già caratterizzato da alcune criticità) potrebbe certamente peggiorare.

Ad oggi solamente i porti di La Spezia e Nizza hanno dati precisi sul numero di esposti e sulla loro tipologia. Ma, anche per questi due porti così come per tutti gli altri, non è stato fatto un lavoro di geolocalizzazione degli stessi e delle sorgenti disturbanti, per le quali non esiste una catalogazione e caratterizzazione del punto di vista acustico. Lo scopo dei progetti in corso è proprio quello di fornire strumenti per colmare queste lacune.

4.2 Stagionalità

La successiva Tabella 2 schematizza i risultati della caratterizzazione degli esposti ricevuti nei vari porti in esame, mettendo in evidenza quali siano le stagioni e i momenti della giornata in cui si rilevano maggiori criticità: solo per il porto di Bastia il periodo del giorno più critico si identifica con quello diurno.

Porto	Comitati	Periodo	Stagionalità
Bastia	NO	Diurno	Estivo
Cagliari	Sì	Notturmo	Estivo
Genova	Sì	Notturmo	Estivo
La Spezia	Sì	Notturmo	Nessuna
Livorno	Ignoto	Notturmo	Estivo
Nizza	Sì	Notturmo	Estivo
Portoferraio	Ignoto	Notturmo	Estivo

Tabella 2 – Riassunto degli esposti dell'Alto Tirreno.

5 Conclusioni

In passato, rispetto alle altre maggiori sorgenti di rumore, il fenomeno del rumore portuale è stato quello meno indagato. All'interno dei progetti Interreg Marittimo-Marittime, è stato affrontato il problema del rumore portuale all'interno dell'area dell'alto Tirreno, coinvolgendo sia le autorità portuali che le altre realtà locali interessate dal problema, sottoponendo loro un questionario. Il questionario ha raccolto molti dati, utili anche per capire allo stato attuale come sia percepito dalla popolazione il rumore portuale.

Lo studio effettuato ha messo in evidenza i difetti risultanti delle attività di monitoraggio e la mancanza di un approccio condiviso tra le autorità portuali, ma allo stesso tempo ha rilevato che alcune pratiche sono sulla strada giusta. Ad esempio Nizza presenta un porto attrezzato con un sistema avanzato di monitoraggio del rumore e il suo sistema di monitoraggio può essere esteso anche ad altri porti, anche con lo scopo di informare i cittadini sull'inquinamento acustico.

Le autorità, non avendo a disposizione sufficienti mezzi di controllo, si trovano impossibilitate sia a ridurre l'impatto acustico che a fornire adeguate informazioni alla popolazione, azione promossa dalla END ed utile per ridurre le lamentele. Anche il cittadino infatti, nel momento in cui viene reso partecipe e viene informato dei fatti, si rapporta con tutte le autorità in modo migliore e si rivela collaborativo. Infatti, la principale motivazione a partecipare alla call sul rumore all'interno del programma Interreg Marittimo è stata la mancanza di elementi conoscitivi dei livelli di rumore e delle risposte messe atto per la sua mitigazione.

I dati raccolti rappresentano infatti l'inizio di un percorso per la costruzione di un database integrato sul rumore portuale, che si spera possa divenire uno strumento di pianificazione e controllo non solo delle attività portuali nella zona di transfrontaliera, ma anche un modello per altre aree di interesse comunitario.

Il presente documento, se confrontato con le altre grandi sorgenti di rumore, sottolinea la mancanza di dati e studi per il rumore portuale. Anche la conoscenza del fenomeno e le capacità di gestirlo presentano delle lacune che hanno bisogno di essere colmate, approfondendo gli studi sull'argomento.

Bibliografia

1. Recio, A., Linares, C., Banegas, J. R., & Díaz, J. (2016). Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environmental research*, 146, 359-370. DOI: 10.1016/j.envres.2015.12.036
2. Dratva, J., Phuleria, H. C., Foraster, M., Gaspoz, J. M., Keidel, D., Künzli, N., ... & Schindler, C. (2011). Transportation noise and blood pressure in a population-based sample of adults. *Environmental health perspectives*, 120(1), 50-55. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103448>
3. Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N., & Ising, H. (2005). Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*, 33-40. DOI: 10.1097/01.ede.0000147104.84424.24
4. Babisch, W., Swart, W., Houthuijs, D., Selander, J., Bluhm, G., Pershagen, G., ... & Sourtzi, P. (2012). Exposure modifiers of the relationships of transportation noise with high blood pressure and noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(6), 3788-3808. DOI:10.1121/1.4764881
5. Vienneau, D., Schindler, C., Perez, L., Probst-Hensch, N., & Röösli, M. (2015). The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental research*, 138, 372-380. DOI: 10.1016/j.envres.2015.02.023
6. Van Kempen, E., & Babisch, W. (2012). The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *Journal of hypertension*, 30(6), 1075-1086. DOI: 10.1097/HJH.0b013e328352ac54
7. Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., ... & Breugelmans, O. (2007). Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental health perspectives*, 116(3), 329-333. DOI: 10.1289/ehp.10775
8. Hygge, S., Evans, G. W., & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological science*, 13(5), 469-474. DOI:10.1111/1467-9280.00483
9. Lercher, P., Evans, G. W., & Meis, M. (2003). Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environment and Behavior*, 35(6), 725-735. <https://doi.org/10.1177/0013916503256260>
10. Chetoni, M., Ascari, E., Bianco, F., Fredianelli, L., Licitra, G., & Cori, L. (2016). Global noise score indicator for classroom evaluation of acoustic performances in LIFE GIOCONDA project. *Noise Mapping*, 3(1). DOI: <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0012>
11. Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep medicine reviews*, 11(2), 135-142. DOI: 10.1016/j.slsci.2014.11.003

- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61613-X
12. Guski, R., Schreckenberger, D., & Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *International journal of environmental research and public health*, 14(12), 1539. doi:10.3390/ijerph14121539
 13. Minichilli, F., Gorini, F., Ascari, E., Bianchi, F., Coi, A., Fredianelli, L., ... & Cori, L. (2018). Annoyance judgment and measurements of environmental noise: A focus on Italian secondary schools. *International journal of environmental research and public health*, 15(2), 208. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020208>
 14. Directive, E. U. (2002). Directive 2002/49/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities*, L, 189(18.07), 2002.
 15. Licitra, G., Ascari, E., & Fredianelli, L. (2017). Prioritizing Process in Action Plans: a Review of Approaches. *Current Pollution Reports*, 3(2), 151-161. <https://doi.org/10.1007/s40726-017-0057-5>
 16. Ruiz-Padillo, A., Ruiz, D. P., Torija, A. J., & Ramos-Ridao, Á. (2016). Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model. *Environmental Impact Assessment Review*, 61, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.06.003>
 17. Morley, D. W., De Hoogh, K., Fecht, D., Fabbri, F., Bell, M., Goodman, P. S., ... & Gulliver, J. (2015). International scale implementation of the CNOSSOS-EU road traffic noise prediction model for epidemiological studies. *Environmental pollution*, 206, 332-341. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.031>
 18. Licitra, G., Fredianelli, L., Petri, D., & Vigotti, M. A. (2016). Annoyance evaluation due to overall railway noise and vibration in Pisa urban areas. *Science of the total environment*, 568, 1315-1325. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.071>
 19. Bunn, F., & Zannin, P. H. T. (2016). Assessment of railway noise in an urban setting. *Applied Acoustics*, 104, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.10.025>
 20. Gagliardi, P., Teti, L., & Licitra, G. (2018). A statistical evaluation on flight operational characteristics affecting aircraft noise during take-off. *Applied Acoustics*, 134, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.024>
 21. Iglesias-Merchan, C., Diaz-Balteiro, L., & Soliño, M. (2015). Transportation planning and quiet natural areas preservation: Aircraft overflights noise assessment in a National Park. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.006>
 22. Kephelopoulos, S., Paviotti, M., Anfosso-Lédée, F., Van Maercke, D., Shilton, S., & Jones, N. (2014). Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping. *Science of the Total Environment*, 482, 400-410. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.031>

23. Morel, J., Marquis-Favre, C., & Gille, L. A. (2016). Noise annoyance assessment of various urban road vehicle pass-by noises in isolation and combined with industrial noise: A laboratory study. *Applied Acoustics*, 101, 47-57.
24. Fredianelli, L., Gallo, P., Licitra, G., & Carpita, S. (2017). Analytical assessment of wind turbine noise impact at receiver by means of residual noise determination without the wind farm shutdown. *Noise Control Engineering Journal*, 65(5), 417-433. DOI: <https://doi.org/10.3397/1/376558>
25. Fredianelli, L., Carpita, S., & Licitra, G. (2019). A procedure for deriving wind turbine noise limits by taking into account annoyance. *Science of The Total Environment*, 648, 728-736. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.107>
26. Jansen, E., & de Jong, C. (2017). Experimental assessment of underwater acoustic source levels of different ship types. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 42(2), 439-448. DOI: 10.1109/JOE.2016.2644123
27. Traverso, F., Gaggero, T., Tani, G., Rizzuto, E., Trucco, A., & Viviani, M. (2017). Parametric Analysis of Ship Noise Spectra. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 42(2), 424-438. DOI: 10.1109/JOE.2016.2583798
28. Ikpekha, O. W., Eltayeb, A., Pandya, A., & Daniels, S. (2018). Operational noise associated with underwater sound emitting vessels and potential effect of oceanographic conditions: a Dublin Bay port area study. *Journal of Marine Science and Technology*, 23(2), 228-235. <https://doi.org/10.1007/s00773-017-0468-4>
29. Rossi, E., Licitra, G., Iacoponi, A., & Taburni, D. (2016). Assessing the Underwater Ship Noise Levels in the North Tyrrhenian Sea. In *The Effects of Noise on Aquatic Life II* (pp. 943-949). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8_116
30. Bernardini, M., Fredianelli, L., Fidecaro, F., Gagliardi, P., Nastasi, M., & Licitra, G. (2019). Noise Assessment of Small Vessels for Action Planning in Canal Cities. *Environments*, 6(3), 31. <https://doi.org/10.3390/environments6030031>
31. Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E., & Schenone, C. (2012). Noise emitted from ships: impact inside and outside the vessels. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, 868-879. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1064>
32. Herramienta Automática de Diagnóstico Ambiental (Automatic Tool for environmental diagnosis), LIFE02 ENV/E/000274; 2005.
33. Eco.Port Project (cod. 41). EU Co-financed project through the European Regional Development Fund (ERDF) in the framework of the Adriatic New Neighbourhood Program INTER-REG/CARDS-PHARE 2000-2006. <<https://www.port.venice.it/it/progetto-eco-port.html>> (in Italian).
34. NoMEPorts 2008. Noise Management in European Ports, LIFE05 ENV/NL/000018, Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management. Technical Annex; 2008.
35. SIMPYC 2008. Sistema de Integración Medioambiental de Puertos y Ciudades (Environmental integration for ports and cities), LIFE04 ENV/ES/000216; 2008.
36. EcoPorts 2011. EcoPorts Project, Information exchange and impact assessment for enhanced environmental-conscious operations in European ports and terminals, FP5. <http://cordis.europa.eu/project/rcn/87079_en.html>.

37. Schenone, C., Pittaluga, I., Borelli, D., Kamali, W., & El Moghrabi, Y. (2016). The impact of environmental noise generated from ports: outcome of MESP project. Noise Mapping, 3(1). DOI 10.1515/noise-2016-0002

POSSIBLE SOLUTIONS FOR PORT NOISE MONITORING

**Davide Borelli, Tomaso Gaggero, Emanuela Pallavidino, Corrado Schenone,
Emile Leonard Waffo Kamdem, Clepin Adelphe Yousseu Njiotang**

ABSTRACT

The subject of port noise is increasingly gaining attention due to the higher number of complaints from people living in the nearby urban areas. Moreover, unlike other kinds of transport noise, such as the one due to railways, airports or roads, the current normative framework in this sector is lack-ing a proper structure and is in general inadequate. Aim of this paper is to analyze the state of the art and, in particular, the available instrumentation and technologies that can be adopted in the field of harbor noise monitoring. In addition, the main norms and standards related to this topic will be summarized in order to establish which conditions are required for a proper evaluation of the port noise impact on the surrounding urban areas. New features of monitoring instruments and innovative measurement techniques that can successfully be applied to the port noise will be reviewed, in order to identify the best way to characterize the acoustic emissions of the various complex different sources typically present in harbors, and to achieve the goal of a proper and effective monitoring system that can be adopted to control noise in ports and its impact on the inhabitants living in its close proximity.

1 Introduction

Contrairement à d'autres types de bruit provenant des routes, des chemins de fer ou des aéroports [1-3], le bruit des ports a longtemps été négligé, comme si les émissions générées n'étaient pas pertinentes pour la qualité de vie de la population exposée. Ce n'est que récemment que ce phénomène a suscité plus d'intérêt, principalement en raison de la réaction des habitants des villes portuaires qui ne tolèrent plus les nuisances et les troubles du sommeil causés par le bruit provenant des ports.

Le développement limité de ce sujet, par rapport à l'énorme quantité d'études consacrées à d'autres types de bruit généré par des infrastructures de transport et/ou des infrastructures industrielles, est bien documenté, ainsi que la complexité du sujet. L'impact acoustique des ports est le résultat d'une complexe superposition de bruit engendré par les bateaux, grue, chargement et déchargement de marchandises, embarquement et débarquement de personnes, de chantiers navals, de camions et de trains, qui affecte la zone soit de jour comme de nuit.

En raison de cette complexité, de nombreux projets de recherche ont été menés afin de définir des lignes directrices pour l'analyse et la gestion du bruit portuaire. Dans le passé, pour évaluer l'impact acoustique, il était nécessaire d'adopter diverses techniques basées sur les instruments habituellement utilisés dans les systèmes de surveillance acoustique, tels que les sonomètres, les sondes d'intensité acoustique, les grilles de microphone, les caméras acoustiques, etc., dont le choix dépend du type de source acoustique analysé. Certaines de ces techniques de mesure ne semblent pas tout à fait adaptées à cette complexité. Si, d'une part, la caractérisation des sources mobiles, telles que les véhicules automobiles, ou les sources fixes, comme de nombreuses

machines ou installations industrielles, a atteint un niveau élevé de développement et a été correctement standardisé, les campagnes de mesure du bruit portuaire n'ont pas de méthodologie bien établie.

De plus, l'accessibilité très limitée aux zones portuaires et la grande taille des sources rendent la surveillance plus difficile.

2 Législation et normes techniques

La nécessité d'une loi spécifique pour la gestion des problématiques liées au bruit provenant des zones portuaires est urgent ; toutefois, aujourd'hui encore, il n'y a pas un acte normatif pour la réglementation du bruit produit par les activités portuaires. Actuellement, la loi en vigueur en Italie est basée sur la "loi-cadre sur la pollution sonore" (loi du 26 octobre 1995 n ° 447), qui est à présent appliquée presque entièrement par la publication de décrets spécifiques pour la régulation du bruit généré par les routes, les chemins de fer, les aéroports et les industries. La spécificité du bruit des ports est souvent associée à la législation communautaire, qui définit les lignes directrices pour la mise à jour des méthodes de calcul du bruit généré par les activités industrielles, le trafic aérien, routier et ferroviaire et les données relatives au bruit (directive 2003/613 / CE).), mais cette spécificité n'est pas traitée de manière exhaustive; cela se produit également dans la législation sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement (directive européenne 2002/49 / CE) parce que, dans le cas de ports ayant une forte composante touristique et/ou commerciale, elle complique excessivement l'analyse.

L'Organisation internationale de normalisation (ISO), pour compenser en partie les lacunes réglementaires actuelles, a publié certaines règles relatives à des aspects spécifiques des navires: la directive ISO 14509-1: 2008 sur les petites embarcations «Bruit aérien émis par les bateaux de plaisance à moteur - Partie 1: procédures de mesure au passage »; ISO 14509-2: 2006 Petits navires "Bruits aériens émis par les bateaux de plaisance motorisés - Partie 2: Évaluation du son au moyen d'engins de référence"; et la norme acoustique ISO 2922: 2000 "Mesure du bruit aérien émis par les voies navigables et les ports".

En outre, d'autres réglementations concernant des sources spécifiques susceptibles d'être trouvées dans le port ou dans les zones proches sont en vigueur, par exemple: ISO 3095: 2013 Acoustique "Applications ferroviaires - Mesurage du bruit émis par les véhicules ferroviaires", ISO 3746: 2010 Acoustique "Détermination des niveaux sonores et des niveaux d'énergie de sources de bruit en utilisant la pression acoustique - Méthode d'enquête sur un plan réfléchissant ", ISO 12001: 2000 Acoustique" Bruit émis par les machines et équipements - Règles pour l'élaboration et la présentation d'un code de test acoustique ", ISO 20906: 2009 Acoustique" Contrôle sans surveillance du bruit des avions à proximité des aéroports " , UNI 11143: 2005 Acoustique - Méthode d'estimation de l'impact et du climat acoustique par type de source (en italien), UNI 10855: 1999 Acoustique - Mesure et évaluation de la contribution acoustique de sources uniques (en italien).

3 Instruments et techniques utilisés pour la surveillance du bruit portuaire

Pour étudier le bruit des ports, qui a un impact sur l'environnement et souvent sur les zones habitées, divers instruments et techniques de mesure ont été développés. Vous trouverez ci-dessous un aperçu des principales études disponibles dans la littérature. Certaines études se concentrent sur des sources de bruit individuelles et principalement sur des navires qui sont vraisemblablement les sources les plus caractéristiques à l'intérieur d'un port. D'autres études ont abordé le problème en essayant de caractériser la quantité totale de bruit généré par le port et transmis aux zones environnantes.

3.1 Mesures avec grilles de microphones

Le projet SILENV [4-6] avait parmi ses objectifs l'identification et la quantification du bruit aérien généré par le navire. À cette fin, différentes approches de mesure ont été adoptées au sein du projet.

En ce qui concerne les navires amarrés, la première approche consistait la mise en place de deux grilles de microphones verticaux perpendiculaires au plan de symétrie du navire et placées à proximité des sources principales (chacune avec 9 points de mesure, positionnée à 3 hauteurs différentes et 3 distances différentes sur le côté); cette solution a rencontré quelques problèmes, comme les zones d'ombre dans les deux sections où le champ sonore n'est pas régulier et où il existe une forte directivité verticale des émissions sonores [7]. Cela suggère que les mesures effectuées au quai à une faible hauteur au-dessus du sol, en particulier pour les navires de grande taille, peuvent tomber dans la zone de l'ombre générée par la coque et donc relever des niveaux inférieurs à ceux qui peuvent être irradiés à des altitudes plus élevées par le navire [8]. La seconde approche prévoyait une surface microphone de mesure en forme de parallélépipède et orientée dans des directions parallèles et normales au plan de symétrie du navire. La distance choisie entre la grille et le navire était de 10 m car elle était considérée comme la plus appropriée pour être libre d'obstacles dans un port industriel [9]. La figure 1 donne un exemple de cette configuration de mesure.

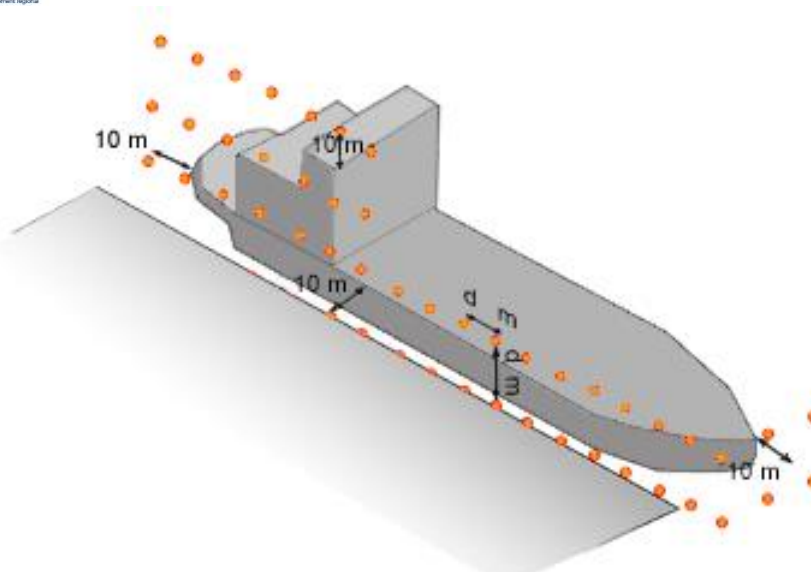


Figure 1 : Exemple de grille de mesure pour le bruit aérien rayonné par un navire

Les données obtenues pour cette approche, montrent que la propagation sonore était dominée par des effets de champ proches et/ou réfléchis (du sol et d'autres surfaces), rendant difficile l'identification de procédures simples pour identifier les pertes acoustiques. Par conséquent, cette approche devrait être appliquée à un grand nombre de cas afin de calibrer la valeur limite et de soutenir la faisabilité réelle de la procédure. D'autres mesures ont été effectuées selon la même approche pour vérifier la faisabilité de cette procédure expérimentale, prenant en compte 13 positions de mesure réparties sur le plan parallèle à la symétrie du navire à 3 hauteurs différentes de 1,2 m, 17 m 26,6 m. Les résultats des mesures ont confirmé que le niveau de pression acoustique augmentait avec l'altitude [10]. De plus, pour cette approche, des procédures tenant compte des exigences existantes [11-13] ont été utilisées pour caractériser les sources de bruit, leurs voies de transmission et leur influence sur les différentes catégories de récepteurs. Une troisième approche a suggéré de placer une grille de microphones horizontaux, parallèle au plan de symétrie du navire, alignée sur trois rangées à différentes distances de la coque, à une hauteur constante de 1,2 m. De cette manière, l'influence de l'effet de l'ombre sur la propagation du bruit provenant d'une source située à 1 m de la position de mesure a été mise en évidence ; en utilisant cette configuration, le niveau de pression acoustique mesuré dans la première rangée (à 1 m de la coque) était inférieur à celui mesuré dans la dernière rangée (à 19 m de la coque) du microphone [14]. Enfin, une autre approche consistait à placer deux grilles de microphones orientées dans des directions parallèles au plan de symétrie du navire, avec des points de mesure alignés sur deux rangées : une première rangée à une distance de 1 m de la coque du navire et une deuxième rangée à une distance de 25 m; pour chaque rangée, différentes hauteurs sont prises en compte et la distance entre une hauteur et l'autre doit être choisie en fonction de la taille du navire et de la répartition des sources de bruit les plus significatives. Les mesures effectuées au premier rang permettent de calculer le niveau de puissance acoustique émis par le navire, tandis que les mesures du second permettent de valider le modèle de propagation acoustique [15]. En ce qui concerne les navires en mouvement, si l'espace dans l'environnement

portuaire ne permette pas le positionnement du microphone à une distance supérieure ou égale à 100 m ou à une distance égale à la longueur du navire, une distance plus courte peut être utilisée. Si les sources sonores se trouvent dans les mêmes positions des deux côtés du navire, les mesures pourraient être prises d'un seul côté ; Dans le cas contraire, les mesures devraient être prises des deux côtés et au moins deux hauteurs doivent être prises en compte : une à 1,2 m au-dessus du quai et une à la même hauteur que la cheminée. Des hauteurs supplémentaires peuvent être introduites pour les navires de plus grande taille ou pour améliorer la précision.

3.2 Mesures au moyen de sonomètres

Au cours d'une campagne expérimentale dans le port de Naples, des mesures de la pression acoustique ont été prises dans différentes positions, à des distances et à des angles différents du navire, afin de caractériser la pollution sonore provenant d'un navire en mouvement, en l'occurrence un ferry qui est entré dans le port et a manœuvré pour accoster. Les émissions sonores fluctuantes au cours de la manœuvre sont plus de 20 dB dans la gamme 50-5000 Hz, ce qui reflète les conditions de fonctionnement différentes du système de propulsion et la distance du navire par rapport aux récepteurs. Le même bateau a ensuite été surveillé une fois à l'amarrage en quai et deux conditions opérationnelles y ont été relevées : les générateurs électriques et les ventilateurs du système de climatisation en fonctionnement et non en fonctionnement. Les résultats montrent un champ de bruit assez différent. Les ventilateurs du système de climatisation génèrent du bruit dans la gamme de fréquences allant de 200 à 10 000 Hz, tandis que le système de propulsion affiche des contributions plus importantes dans une gamme de fréquences allant jusqu'à 100 Hz. Le navire en quai produisait des émissions plus élevées à des fréquences plus élevées, en particulier dans la gamme de 200 à 5000 Hz, où les émissions des groupes électrogènes et / ou des ventilateurs électriques dominent. En ce qui concerne les navires en transit, la taille, l'architecture, la puissance et, par conséquent, le rayonnement du bruit différerait sensiblement les uns des autres. Il est clair que même pour ces bateaux, les fluctuations acoustiques peuvent être assez importantes au cours de la même manœuvre. En outre, les différences entre les niveaux de pression acoustique les plus élevés et les plus faibles étaient jusqu'à 20 dB (A) [16].

Dans le domaine du projet Eco.Port, promu par l'autorité portuaire de Venise, ils ont été définis les valeurs du niveau de puissance acoustique émis par les différents types de bateaux amarrés aux quais du port. Ces données ont ensuite été utilisées à l'intérieur d'un modèle de calcul afin d'évaluer les effets induits sur l'environnement urbain par la présence de différentes combinaisons de navires. Pour les navires en transit, un système de suivi a été mis en place pour enregistrer tous les paramètres acoustiques à des intervalles d'une seconde [17].

Un cas remarquable est celui du port de Lipari, qui est influencé par le bruit émis pendant la nuit par le navire-citerne qui fournit quotidiennement de l'eau à l'île. Les données obtenues en deux jours consécutifs, en présence et absence du bateau ont montré un bruit généralement constant et très variable, mais en moyenne plus élevé en présence du navire, comme prévu [18].

Dans le port de Gênes elles ont été effectuées des mesures acoustiques en trois différentes zones:

- zone A : installation industrielle près d'une ligne de chemin de fer;
- zone B : navires en quai dans une infrastructure portuaire adjacente à une zone résidentielle et traversée par la route urbaine principale et par une ligne ferroviaire;
- zone C : une installation industrielle immergée dans un tissu urbain complexe et proche d'une autoroute.

Les résultats du suivi de plusieurs jours ont été les suivants : pour la zone A, les différentes contributions (activités industrielles et transits ferroviaires) ont été mises en évidence et analysées individuellement; pour la zone B, l'effet principal des émissions portuaires pourrait être identifié par l'altération du bruit de fond (c'est-à-dire que certaines bandes de fréquences étaient statistiquement plus significatives que d'autres), enfin, pour la zone C, il a été noté que le comportement du bruit observé était dominé par le bruit de trafic d'infrastructure (en l'occurrence, une autoroute) [19].

La synthèse des vingt ans d'expérience de la campagne de suivi du port de Gênes montre que dans les zones portuaires le LAeq n'excède pas les 80 dB(A), tandis que près du périmètre des ports, le bruit prédominant est celui de l'infrastructure routière, qui dépasse généralement 70 dB(A). Enfin, dans les quartiers vallonnés éloignés en moyenne de 0,5 km du port, le LAeq est de l'ordre de 50 à 55 dB(A), ce qui signifie que les sources acoustiques de la zone portuaire sont perceptibles [20]. Une méthodologie similaire a été adoptée par l'autorité portuaire de Guadeloupe pour caractériser les milieux sonores à l'intérieur du projet Grand Port [21], en réalisant des mesures du bruit dans 10 différentes zones près du port.

En outre, des mesures effectuées au Terminal Europe de Gênes sur des bateaux aux amarrages ont montré que le bruit réel causé par les générateurs était dans la gamme de fréquence 100-250 Hz. Avec un seul moteur en marche, il a été relevé un niveau de 95 dB(A) à la sortie d'échappement, raisonnablement dû au déplacement de l'air [22].

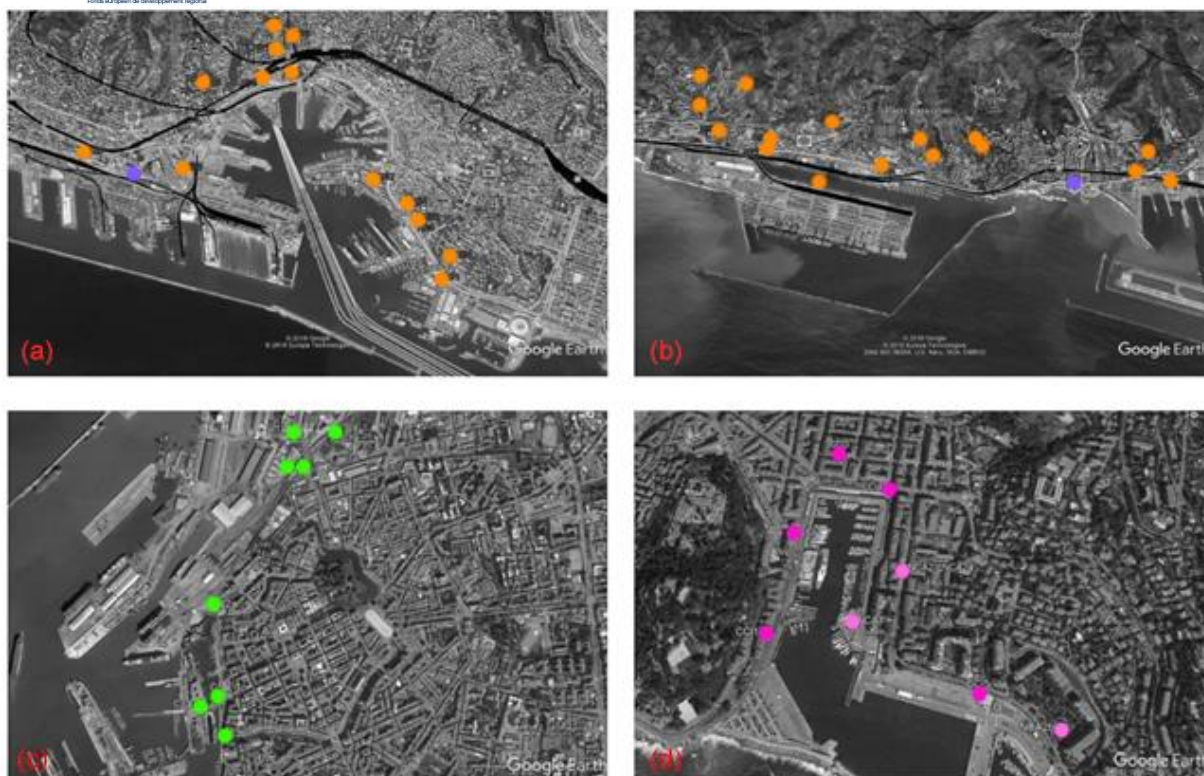


Figure 2 : Positions de mesure dans les ports de :
 (a) Genova Porto Antico, (b) Genova VTE. (c) Livourne et (d) Nice

En ce qui concerne le port de Livourne [23, 24], a été effectué une surveillance simultanée du bruit et du trafic routier : il a été observé que, en général, pics de trafic routier (soit légers que lourds) étaient associés aux arrivées des ferries dans le port. Cette augmentation du trafic de voiture dans presque tous les cas est associée à une augmentation des niveaux acoustiques, généralement vers 7 heures du matin et vers 18-19 heures du soir. Une autre campagne de mesure a porté sur la caractérisation acoustique de plusieurs petits bateaux en mouvement à différentes vitesses dans les canaux de Livourne, qui se ramifient dans une zone densément habitée ; l'analyse, faite à l'aide de mesures "pass-by" à court et à long terme, ont montré que "les petits bateaux à moteur, bateaux à voile et les bateaux à coque rigide peuvent être inclus dans la même catégorie acoustique, tandis que les bateaux de pêche de petits et moyens taille, les bateaux de lutte contre l'incendie et la sécurité publique font partie d'une catégorie différente"[24].

Un autre exemple vient de la ville de Nice, qui dispose d'un système de surveillance du bruit continu et en temps réel avec 45 sonomètres. Parmi eux, 7 sont positionnés autour du port, dont 6 de classe 2 et 1 de classe 1, appartenant à la Chambre de commerce et d'industrie (CCI) et à la commune de Nice Côte d'Azur (NCA). Selon le titulaire, les données sont disponibles sous différentes formes : tandis que les données collectées par NCA sont disponibles sur demande, celles dont CCI est responsable ne sont distribuées que pour le port de Nice.

3.3 Nouvelles techniques possibles

Les approches de mesure décrites ci-dessus peuvent être considérées comme des mesures prises à proximité d'une source acoustique spécifique (par exemple un navire), des mesures effectuées à la limite de la zone portuaire et des mesures effectuées à un endroit éloigné des sujets bruyants. Dans le premier cas les difficultés sont liées à la possibilité de rejoindre et agir physiquement dans les zones portuaires pendant les activités qui ne peuvent pas être interrompues ou même légèrement modifiées pour effectuer des mesures acoustiques pour des raisons économiques. Dans ces derniers cas, les principaux inconvénients sont la difficulté d'identifier clairement les sources de nuisances. Afin de surmonter partiellement ces problèmes, les grilles de microphones peuvent être utilisées avec des caméras acoustiques ou avec des techniques de beamforming. Les caméras acoustiques permettent d'identifier visuellement les principaux contributeurs au bruit, même à une bande de fréquences spécifique, dans un environnement acoustique complexe à plusieurs sources, permettant d'effectuer des mesures à distance. Le principal inconvénient réside dans la difficulté d'obtenir une estimation quantitative des niveaux de bruit. Les techniques de beamforming, d'autre part, permettent un filtrage spatial du bruit en augmentant le SNR (signal-to-noise ratio) pour une direction donnée, en exploitant la directivité de la matrice de mesure. Cette technique peut être utilisée pour une estimation quantitative du bruit, mais la position de la source de bruit par rapport à celle du récepteur doit être connue à l'avance avec précision.

Les deux techniques décrites ci-dessus, avec leurs avantages et inconvénients, méritent l'attention et à l'intérieur du programme EU-Interreg "Marittimo" Italie-France est prévu de les tester dans un environnement portuaire réel.

4 Conclusion

Le problème de la surveillance du bruit dans les ports a récemment pris de l'importance à la suite de plaintes de citoyens vivant dans des zones urbaines proches des ports. Jusqu'à présent, le problème a été abordé en essayant d'adapter les procédures de mesure et les instruments créés à des fins différentes. À l'heure actuelle, aucune législation ou ligne directrice n'a été émise pour traiter spécifiquement le bruit des ports. Ce manque de réglementation est principalement dû au nombre important d'entités et d'autorités impliquées dans la gestion portuaire et à la complexité du port en tant que source de bruit. En effet, un grand port peut être considéré comme une petite ville avec différentes activités pouvant à leur tour être considérées comme des sources de bruit complexes. Alors que la plupart des activités sont déjà soumises à une limitation du bruit en dehors des ports, les navires constituent une source de bruit relativement inconnue. En réponse aux plaintes, de nombreuses campagnes de mesure ont été menées, généralement avec des sonomètres classiques, à proximité des sources typiques de bruit portuaire telles que les navires ou à l'endroit où le citoyen a été perturbé ou à la frontière entre les zones portuaires et la ville environnante. Lorsque les ports sont situés à l'intérieur des zones urbaines, ce qui est le cas le plus courant en Europe et l'unique cas concernant les ports de la Méditerranée, les mesures sont toujours influencées par la contribution de sources de bruit étrangères aux activités portuaires. Dans ce scénario il est très difficile, sinon impossible, évaluer la contribution exacte du bruit engendré par les activités portuaires au panorama acoustique global. La difficulté d'identifier avec précision les sources de bruit rend également difficile l'adoption de contre-mesures qui seraient difficilement acceptées par les exploitants de terminaux s'il n'est pas démontré que le bruit émis par leurs activités est responsable des plaintes des citoyens. La difficulté d'identifier avec précision les sources de bruit rend également difficile l'adoption de contre-mesures qui seraient difficilement acceptées par les exploitants de terminaux s'il n'est pas démontré que le bruit émis par leurs activités est responsable des plaintes des citoyens. La recherche menée actuellement dans le cadre des projets EU-Interreg s'efforce de combler l'écart relatif au bruit portuaire en élaborant de nouvelles mesures et techniques de suivi visant à caractériser les différentes sources de bruit présentes dans les ports.

Bibliographie

1. Licitra, G., Ascari, E., Fredianelli, L. Prioritizing Process in Action Plans: a Review of Approaches (2017) Current Pollution Reports, 3 (2), pp. 151-161.
2. Licitra, G., Ascari, E., Brambilla, G. Comparative analysis of methods to estimate urban noise exposure of inhabitants (2012) Acta Acustica united with Acustica, 98 (4), pp. 659-666.
3. Licitra, G., Gallo, P., Rossi, E., Brambilla, G. A novel method to determine multiexposure priority indices tested for Pisa action plan (2011) Applied Acoustics, 72 (8), pp. 505-510.
4. SILENV, (2012a). Deliverable 1.1 Review of the existing Requirements for Noise & Vibration control. URL: http://www.silenv.eu/issues/SILENV_D_1-1_rev3.pdf.
5. SILENV, (2012b). Deliverable 1.2 Harbour noise nuisance. URL: http://www.silenv.eu/issues/SILENV_D_1-2_rev1-9.pdf.
6. SILENV, (2012c). Deliverable 5.2 Green Label proposal. URL: http://www.silenv.eu/green_label/D5.2_green_label_rev_2.pdf.
7. Draganchev H, Valchev S, Pirovsky C. Experimental and theoretical research of noise emitted by merchant ships in port. In: Proceedings of the 19th international congress on sound & vibration, Vilnius, Lithuania; 8–12 July 2012.
8. Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E. & Schenone, C. (2012) 'Modelling the Outdoor Noise Propagation for Different Ship Types', 17th NAV Intern. Conf. on Ships and Shipping Research, Naples Oct. 2012, p. 1-11, ISBN/ISSN: 9788890439421.
9. Badino, A., D. Borelli, T. Gaggero, E. Rizzuto, C. Schenone, Acoustical impact of the ship source, Proceedings of the 21st International Congress on Sound and Vibration, Beijing, China, 2014
10. Davide Borelli, Tomaso Gaggero, Enrico Rizzuto and Corrado Schenone "Measurement of airborne noise by a ship at quay" 22nd International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2015; Florence; Italy; 12 July 2015 through 16 July 2015; Code 121474.
11. S. Curcuruto, G. Marsico, D. Atzori, E. Mazzocchi, R. Betti, Environmental impact of noise sources in port areas: a case study, Proceedings of the 22nd International Congress on Sound and Vibration, Florence, Italy, 2015.
12. Crocker, M. J. Ed., Handbook of Noise and Vibration Control, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ (2007).
13. Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E., Schenone, C. Measurements of airborne noise emitted by a ship at quay (2015) 22nd International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2015.
14. Badino, A., D. Borelli, T. Gaggero, E. Rizzuto, C. Schenone: "Airborne noise emissions from ships: Experimental characterization of the source and propagation over land" Applied Acoustics Volume 104, March 2016, Pages 158-171.
15. Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E. & Schenone, C. Analysis of airborne noise emitted from ships. In Rizzuto, E. & Guedes Soares, C. (eds.), Sustainable Maritime

- Transportation and Exploitation of Sea Resources, CRC Press/Balkema, Leiden, The Netherlands, 1001-1010 (2012).
16. T. Coppola, F. Quaranta, E. Rizzuto, D. Siano, M. Viscardi: "On field experimental characterisation of the ship sources of acoustic pollution within a commercial harbour", 24th International Congress on Sound and Vibration (ICSV), London, 23-27 July 2017.
 17. Di Bella A., Tombolato A e Cordeddu S., (2008), Caratterizzazione in situ e mappatura acustica di navi in transito e all'ormeggio nel porto di Venezia. Dipartimento di Fisica Tecnica. Università di Padova, 4 giugno.
 18. Sansone Santamaria A., Marchese A., Zappia V. "Sorgenti di rumore in acque territoriali: problematiche normative e tecniche. Il caso studio di Lipari", Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti, Vercelli, 24-27 marzo 2009.
 19. Conte A., Balzano M., Barbieri E., Stragapede F. "Studio sulla rumorosità di origine portuale sull'abitato di Genova" – 4a Giornata di studio sull'acustica Ambientale – Arenzano, 14 ottobre 2011.
 20. Walter Piromalli "Il rumore portuale caso di Genova" Agenzia Regionale per la protezione dell'ambiente Ligure- Genova - 5a Giornata di studio sull'acustica Ambientale – Arenzano, 19 ottobre 2012.
 21. Port autonome de la Guadeloupe "Etude acoustique et vibratoire – etat initial preparation du debat public". <http://cpdp.debatpublic.fr>
 22. Paolo Monte "Indagine circa la rumorosità proveniente dalle navi ormeggiate presso il Voltri Terminal Europa" - 4a Giornata di studio sull'acustica Ambientale – Arenzano, 14 ottobre 2011.
 23. Licitra, G., Ascari, E. Mon acumen: An acoustic monitoring network within mediterranean ports (2018) 25th International Congress on Sound and Vibration 2018, ICSV 2018: Hiroshima Calling, 8, pp. 5050-5053.
 24. Bernardini, M.; Fredianelli, L.; Fidecaro, F.; Gagliardi, P.; Nastasi, M.; Licitra, G. Noise Assessment of Small Vessels for Action Planning in Canal Cities. *Environments* 2019, 6, 31.

PORT NOISE IMPACT AND CITIZENS' COMPLAINTS EVALUATION

Gaetano Licitra, Matteo Bolognese, Diego Palazzuoli, Luca Fredianelli,
Francesco Fidecaro

ABSTRACT

After the publications of the European Environmental Noise Directive in 2002, many noise maps and action plans, as well as a consistent number of scientific papers, emerged for roads, railways, airports and industrial noise. Unfortunately, noise produced by ports in their surrounding areas seems to be forgotten at present, even though there could be many areas affected by it. Relevant attention from authorities and scientific community seems to be devoted to noise produced underwater for its inter-ference with wildlife, rather than noise produced in the urban portion, that is causing disturbance and consequent complaints by some citizens. The INTERREG Maritime projects MON ACUMEN and RUMBLE aim to study noise originating from port activity in order to assess the currently unexplored situation and then identify solutions for a long-term environmental sustainability. More specifically, RUMBLE aims to effectively and efficiently implement small mitigation interventions, while MON ACUMEN will gather the preliminary knowledge on the issue of noise generated by ports. In this context, questionnaires submitted to north Tyrrhenian port authorities concerning the description of the port area, the present monitoring systems, the measurement campaigns and acoustics maps per-formed are discussed. Furthermore, by analyzing the citizen's complaints where present, the critical aspects of the analyzed ports will be studied.

1 Introduction

L'exposition au bruit environnemental peut causer des problèmes de santé humaine, comme par exemple maladies cardiovasculaires et respiratoires [1-5], hypertension [6,7], troubles de l'apprentissage [8-10], troubles du sommeil [11] et contrariété [12-14]. La directive européenne 2002/49/CE (END) [15], afin de réduire l'exposition et de prévenir l'apparition de tels désordres, impose aux États membres de créer des cartes du bruit [16] généré par les sources routières [17,18], ferroviaires [19,20], aéroportuaires [21,22] et industrielles [23-26]. Elle offre des action pour leur réduction progressive, mais ne fait pas assez attention aux ports et aux zones environnantes.

Cependant, le bruit généré par les navires affecte un nombre de récepteurs de plus en plus large, notamment les habitants des zones côtières proches des ports ou des canaux [27-31], en particulier lorsque le trafic maritime est intense ou que les opérations de chargement / déchargement sont fréquentes. Même si le bruit du port partage certaines caractéristiques du bruit routier, ferroviaire ou industriel, il n'existe actuellement aucun outil spécifique pour le caractériser, l'évaluer et le surveiller [32].

L'impact acoustique des ports a attiré de plus en plus l'attention au niveau technique et pré-réglementaire suite à de nombreux projets européens tels que HADA [33], Eco.Port [34], NoMEPorts [35], SIMPYC [36], EcoPorts [37], MESP [38], qui ont tenté de définir des lignes directrices afin de caractériser le bruit dû aux ports basés sur END.

Le projet récent MON ACUMEN et les autres projets du programme maritime INTERREG partagent l'objectif d'étudier le bruit provenant de l'activité portuaire, afin d'évaluer la situation actuelle et d'identifier les meilleures solutions permettant une durabilité à long terme.

Les projets actifs lors du II appel PO Maritime - Axe 3 - Lot 2 traitent du bruit transfrontalier et du thème des ports sous différents angles:

REPORT traite des modèles de simulation et des méthodes d'évaluation et de contrôle du bruit des ports, DECIBEL pour le développement de petites infrastructures dans les petits ports, LIST PORT suit les modèles de gestion et de logistique pour la réduction du trafic de véhicules légers et lourds vers le port, MON ACUMEN est dédié aux campagnes de surveillance du climat acoustique des ports, tandis que RUMBLE s'occupe des politiques de réponse au problème du bruit dans les grands ports, à travers la création de petites infrastructures d'atténuation et de suivi pour l'évaluation de l'efficacité. de telles solutions d'infrastructure, en ce qui concerne la réduction du bruit dans les zones urbaines.

Des activités conjointes peuvent être menées pour certains de ces projets, car ils ont souvent des objectifs communs, tels que RUMBLE et MON ACUMEN, qui partagent la nécessité de produire un rapport sur l'état actuel du bruit des ports. Chaque projet se concentre ensuite sur différents aspects.

RUMBLE, avec la politique de mise en œuvre d'interventions locales visant à atténuer le bruit dans les zones portuaires et les actions de suivi visant à vérifier leur efficacité, a suivi une approche intégrée qui prend en compte les aspects suivants:

- l'analyse des données historiques détenues par diverses administrations locales afin d'atténuer le phénomène du bruit des ports;
- analyse du site portuaire, des activités productives et logistiques qui s'y déroulent et identification des zones les plus impactantes du point de vue acoustique;
- analyse de l'impact du bruit et caractérisation du bruit du trafic terrestre;
- analyse des bonnes pratiques et des meilleures solutions existantes et innovantes pour atténuer le phénomène.

MON ACUMEN aborde la question de la planification et du contrôle acoustique dans les ports commerciaux en développant une méthodologie commune pour la description acoustique de la détection du bruit, une conception partagée des systèmes de surveillance et une collecte et une vérification unitaire des données collectées, comme requis par la Directive 2002/49/CE afin de réaliser une planification efficace. En fait, bien que les activités portuaires soient comparables et que le trafic commercial soit en grande partie commun, l'absence d'une approche commune a conduit à une différenciation substantielle de la surveillance acoustique, au détriment de la santé et de l'efficacité de la planification. A cette fin, il est nécessaire dans MON ACUMEN:

- collecter des informations sur les systèmes de surveillance active et sur les campagnes de mesure réalisées;
- collecter des informations sur l'orographie de la zone et la localisation des activités portuaires.

2 Le questionnaire commun

Pour atteindre leurs objectifs, RUMBLE, MON ACUMEN et REPORT doivent recueillir le plus d'informations possible auprès des instances locales concernées.

À cette fin, une seule campagne de collecte de données a été réalisée en envoyant un questionnaire unique à toutes les parties intéressées (stakeholder) de chaque projet, pour simplifier et optimiser le processus et en demandant les informations une seule fois. Ce faisant, il a également été possible d'élargir la base de données car les institutions ont également été interrogées sur des projets dans lesquels elles ne sont pas directement impliquées.

2.1 Institutions impliquées dans l'étude

Le tableau 1 montre la réponse des différents organismes: tous les ports concernés ont participé à la réalisation de l'objectif du questionnaire.

INSTITUTIONS	Répond	Port	MON ACUMEN	RUMBLE	Report
Région Ligurie	Oui	Genova	---	Oui	---
Office des transports de Corse	---	---	---	Oui	---
Université de Gênes	Oui	Genova	Oui	Oui	Oui
Université de Pise	---	---	---	Oui	Oui
Autorité portuaire de la Mer Ligure Occidentale	Oui	Genova	Oui	Oui	---
Autorité portuaire de la Mer Ligure Orientale	Oui	La Spezia	Oui	---	---
Autorité portuaire de la Mer Tirreno Settentrionale	Oui	Livorno Portoferraio	Oui	Oui	---
Autorité portuaire de la Mer Sardegnna	Oui	Cagliari	Oui	Oui	---
Nice - Côte d'Azur	Oui	Nizza	---	Oui	---
Chambre de commerce et d'industrie de Nice (CCI)	Oui	Nizza	---	---	---
Chambre de commerce et d'industrie de Bastia et du nord de la Corse	Oui	Bastia	Oui	---	---
ARPAT	Oui	Livorno	Oui	---	Oui
CSTB	---	---	---	---	Oui
Université de la Corse	---	---	---	---	Oui
Université de Cagliari	---	---	---	---	Oui
ARPAL	Oui	La Spezia	---	---	---

Tableau 1: Entités contactées pour la collecte des informations nécessaires aux différents projets.

2.2 STRUCTURE DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire, rédigé en italien et en français, a été créé en organisant les questions dans une structure claire pour chaque sujet d'investigation.

2.2.1 Registry

La première partie concerne le registre et requiert les informations nécessaires pour identifier l'institution et le port en question. Les coordonnées des responsables et les informations nécessaires pour contacter l'institution sont également requises.

2.2.2 Description de la zone portuaire

Dans cette section, il est nécessaire de fournir une description et une classification de la zone portuaire accompagnées d'images satellite géoréférencées et de cartes de ports avec les zones d'utilisation. Une description détaillée de la zone portuaire est fondamentale pour les projets: en ce qui concerne MON ACUMEN afin de concevoir des systèmes de surveillance; en ce qui concerne RUMBLE afin d'identifier les zones d'intervention.

2.2.3 Systèmes de surveillance du bruit

Comme mentionné ci-dessus, la connaissance des systèmes de surveillance active est essentielle pour les trois projets, afin de comprendre l'état actuel des ports en question. Cette phase demande une description précise des systèmes de surveillance, en portant une attention particulière à la gestion des données, à leur disponibilité et à leur lisibilité. Cette phase de travail s'avère indispensable pour MON ACUMEN car son objectif est précisément de définir une norme de surveillance commune pour la zone transfrontalière italo-française de la mer Tyrrhénienne.

2.2.4 Campagnes de mesure

Les données des campagnes de surveillance précédentes, que nous verrons plus tard comme étant limitées et inégales, sont nécessaires car elles revêtent une importance fondamentale pour la définition du climat acoustique. Leur manque d'homogénéité souligne l'urgence de développer une méthodologie de surveillance commune.

2.2.5 Cartographie acoustique

Cette section nécessite la description de la cartographie réalisée conformément à la directive 49/2002/CE des plans d'action. Connaître les contributions générées par d'autres infrastructures telles que les lignes de chemin de fer, les routes et les aéroports est nécessaire pour évaluer correctement l'impact du bruit des ports.

2.2.6 Impacts

Cette section nécessite l'estimation du nombre de sujets exposés, la classification des sources perturbatrices, les cartes géoréférencées des sources et des sujets exposés, ainsi que des informations sur les expositions présentées par les citoyens.

2.2.7 Règlements

Il fournit une série de questions approfondies sur le cadre réglementaire existant et les outils mis à disposition par les organes de gestion.

3 RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE MESURE

À ce jour, le seul port capable de fournir des résultats de mesure du bruit est le port de Nice, qui dispose de systèmes de surveillance actifs. En particulier, le port de Nice dispose de deux systèmes de surveillance fournissant des données conformes à la directive INSPIRE.

Le système de surveillance installé dans la zone portuaire de Nice est composé de cinq microphones de classe 2 et d'un microphone de classe 1 qui permettent une surveillance continue du climat acoustique. Trois autres microphones de classe 1 seront installés d'ici à la fin de 2019. Le système surveille les yachts amarrés et les bateaux de plaisance, la circulation des véhicules, les activités commerciales, les événements et les chantiers navals en activité à proximité du port afin d'identifier les principale source de bruit en cas de plainte des citoyens.

Les données issues du suivi sont détenues par deux organismes différents, qui les gèrent de manière indépendante. Les méthodes de distribution sont également différentes selon le détenteur des données.

3.1 Systèmes de surveillance du bruit

L'étude des systèmes de surveillance actuellement actifs a été réduite au cas de Nice, depuis le seul port à en être doté. Deux systèmes de surveillance sont actifs dans le port de Nice. Toutes les données acquises sont comparables à la directive INSPIRE et sont détenues par deux organismes différents, qui les gèrent de manière indépendante. Toutes les données ne sont pas disponibles pour consultation et les formats de distribution diffèrent selon le détenteur des données.

Dans la zone portuaire, sont installés cinq microphones de classe 2 et un microphone de classe 1 permettant un contrôle continu du climat acoustique. Trois autres microphones de classe 1 seront installés d'ici à la fin de 2019. En outre, le système surveille les yachts et les bateaux de plaisance amarrés, la circulation des véhicules, les activités commerciales, les événements et les chantiers navals actifs à proximité du port afin d'identifier la principale source de bruit en cas de plainte des citoyens.

3.2 Campagnes de mesure

À partir de l'étude des données fournies sur les campagnes de surveillance, y compris celles de courte durée, un manque d'homogénéité important apparaît entre les méthodes suivies par les différentes autorités portuaires pour faire face à la tâche difficile de décrire les impacts acoustiques présents et à la complexité de l'activité qui les provoque. À l'heure actuelle, il n'existe pas de méthodologie de surveillance commune et encore moins de stratégie commune permettant de capitaliser sur les informations acquises par les différents organismes. Les informations, lorsqu'elles sont fournies, sont souvent incomplètes et nécessitent des informations plus approfondies sur le terrain. On comprend dès lors la difficulté rencontrée par les autorités portuaires pour quantifier l'impact du bruit du port et pour assurer une planification et une organisation efficaces des activités portuaires afin d'améliorer le climat acoustique des citoyens et de minimiser les plaintes.

4.1 Analyse des plaintes

L'analyse des plaintes de citoyens présentées aux autorités portuaires et locales concernant le bruit du port, des comités et des associations anti-bruit actives a permis de dégager les caractéristiques du caractère saisonnier du dérangement, ainsi que des indications sur la période de la journée la plus touchée.

En l'absence d'interventions visant à minimiser l'impact acoustique, en raison des énormes investissements nationaux et internationaux qui généreront une augmentation des échanges par voie maritime et donc du trafic maritime, la situation actuelle (déjà caractérisée par certaines critiques) pourrait certainement s'aggraver.

À ce jour, seuls les ports de La Spezia et de Nice disposent de données précises sur le nombre d'objets exposés et leur type. Mais, aussi pour ces deux ports comme pour tous les autres, aucun travail de géolocalisation du même et des sources dérangeantes n'a été fait, pour lequel il n'existe pas de catalogage ni de caractérisation du point de vue acoustique. Les projets en cours ont précisément pour but de fournir des outils pour combler ces lacunes.

4.2 Saisonnalité

Le tableau 2 suivant schématise les résultats de la caractérisation des expositions reçues dans les différents ports en question, en soulignant les saisons et les moments de la journée au cours desquels les problèmes les plus critiques sont détectés: seulement pour le port de Bastia la période la plus critique de la journée est identifiée avec la période de jour.

Porto	Comitati	Periodo	Stagionalità
Bastia	No	de jour	été
Cagliari	Sì	de nuit	été
Genova	Sì	de nuit	été
La Spezia	Sì	de nuit	aucun
Livorno	Ignoto	de nuit	été
Nizza	Sì	de nuit	été
Portoferraio	Ignoto	de nuit	été

Tabella 2 – Résumé des expositions de la mer Tyrrhénienne supérieure.

5 Conclusions

Par le passé, comparé aux autres sources de bruit importantes, le phénomène du bruit des ports a été le moins enquêté. Dans le cadre des projets Interreg Maritime-Maritime, le problème du bruit des ports dans la région du Haut Tyrrhénien a été abordé, impliquant à la fois les autorités portuaires et les autres réalités locales concernées par le problème, en leur soumettant un questionnaire. Le questionnaire a rassemblé de nombreuses données, utiles également pour comprendre à présent comment le bruit du port est perçu par la population.

L'étude réalisée a mis en évidence les lacunes des activités de surveillance et l'absence d'une approche commune entre les autorités portuaires, mais elle a également révélé que certaines pratiques sont sur la bonne route. Par exemple, Nice dispose d'un port équipé d'un système avancé de surveillance du bruit et son système de surveillance peut également être étendu à d'autres ports, dans le but également d'informer les citoyens sur la pollution sonore.

Les autorités, ne disposant pas de moyens de contrôle suffisants, estiment qu'il est impossible à la fois de réduire l'impact sonore et de fournir des informations adéquates à la population, action promue par la FIN et utile pour réduire les plaintes. Même le citoyen, lorsqu'il est impliqué et informé des faits, communique mieux avec toutes les autorités et se montre coopératif. En fait, la principale motivation pour participer à l'appel sur le bruit dans le programme Interreg Maritimo était le manque d'éléments cognitifs des niveaux de bruit et de réponses mises en place pour son atténuation.

Les données collectées représentent le début d'un chemin pour la construction d'une base de données intégrée sur le bruit des ports, qui pourrait devenir un outil de planification et de contrôle non seulement pour les activités portuaires dans la zone transfrontalière, mais également un modèle pour d'autres zones. d'intérêt communautaire.

Ce document, comparé à d'autres sources de bruit importantes, met en évidence le manque de données et d'études sur le bruit des ports. De plus, la connaissance du phénomène et la capacité de le gérer présentent des lacunes qui doivent être comblées, approfondissant les études sur le sujet.

Bibliographie

1. Recio, A., Linares, C., Banegas, J. R., & Díaz, J. (2016). Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. *Environmental research*, 146, 359-370. DOI: 10.1016/j.envres.2015.12.036
2. Dratva, J., Phuleria, H. C., Foraster, M., Gaspoz, J. M., Keidel, D., Künzli, N., ... & Schindler, C. (2011). Transportation noise and blood pressure in a population-based sample of adults. *Environmental health perspectives*, 120(1), 50-55. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103448>
3. Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N., & Ising, H. (2005). Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*, 33-40. DOI: 10.1097/01.ede.0000147104.84424.24
4. Babisch, W., Swart, W., Houthuijs, D., Selander, J., Bluhm, G., Pershagen, G., ... & Sourtzi, P. (2012). Exposure modifiers of the relationships of transportation noise with high blood pressure and noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(6), 3788-3808. DOI:10.1121/1.4764881
5. Vienneau, D., Schindler, C., Perez, L., Probst-Hensch, N., & Röösli, M. (2015). The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental research*, 138, 372-380. DOI: 10.1016/j.envres.2015.02.023
6. Van Kempen, E., & Babisch, W. (2012). The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *Journal of hypertension*, 30(6), 1075-1086. DOI: 10.1097/HJH.0b013e328352ac54
7. Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., ... & Breugelmans, O. (2007). Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental health perspectives*, 116(3), 329-333. DOI: 10.1289/ehp.10775
8. Hygge, S., Evans, G. W., & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological science*, 13(5), 469-474. DOI:10.1111/1467-9280.00483
9. Lercher, P., Evans, G. W., & Meis, M. (2003). Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environment and Behavior*, 35(6), 725-735. <https://doi.org/10.1177/0013916503256260>
10. Chetoni, M., Ascari, E., Bianco, F., Fredianelli, L., Licitra, G., & Cori, L. (2016). Global noise score indicator for classroom evaluation of acoustic performances in LIFE GIOCONDA project. *Noise Mapping*, 3(1). DOI: <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0012>
11. Muzet, A. (2007). Environmental noise, sleep and health. *Sleep medicine reviews*, 11(2), 135-142. DOI: 10.1016/j.slsci.2014.11.003
12. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*, 383(9925), 1325-1332. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61613-X

13. Guski, R., Schreckenberger, D., & Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *International journal of environmental research and public health*, 14(12), 1539. doi:10.3390/ijerph14121539
14. Minichilli, F., Gorini, F., Ascari, E., Bianchi, F., Coi, A., Fredianelli, L., ... & Cori, L. (2018). Annoyance judgment and measurements of environmental noise: A focus on Italian secondary schools. *International journal of environmental research and public health*, 15(2), 208. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020208>
15. Directive, E. U. (2002). Directive 2002/49/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities*, L, 189(18.07), 2002.
16. Licitra, G., Ascari, E., & Fredianelli, L. (2017). Prioritizing Process in Action Plans: a Review of Approaches. *Current Pollution Reports*, 3(2), 151-161. <https://doi.org/10.1007/s40726-017-0057-5>
17. Ruiz-Padillo, A., Ruiz, D. P., Torija, A. J., & Ramos-Ridao, Á. (2016). Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model. *Environmental Impact Assessment Review*, 61, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.06.003>
18. Morley, D. W., De Hoogh, K., Fecht, D., Fabbri, F., Bell, M., Goodman, P. S., ... & Gulliver, J. (2015). International scale implementation of the CNOSSOS-EU road traffic noise prediction model for epidemiological studies. *Environmental pollution*, 206, 332-341. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.031>
19. Licitra, G., Fredianelli, L., Petri, D., & Vigotti, M. A. (2016). Annoyance evaluation due to overall railway noise and vibration in Pisa urban areas. *Science of the total environment*, 568, 1315-1325. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.071>
20. Bunn, F., & Zannin, P. H. T. (2016). Assessment of railway noise in an urban setting. *Applied Acoustics*, 104, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.10.025>
21. Gagliardi, P., Teti, L., & Licitra, G. (2018). A statistical evaluation on flight operational characteristics affecting aircraft noise during take-off. *Applied Acoustics*, 134, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.024>
22. Iglesias-Merchan, C., Diaz-Balteiro, L., & Soliño, M. (2015). Transportation planning and quiet natural areas preservation: Aircraft overflights noise assessment in a National Park. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.006>
23. Kephelopoulos, S., Paviotti, M., Anfosso-Lédée, F., Van Maercke, D., Shilton, S., & Jones, N. (2014). Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping. *Science of the Total Environment*, 482, 400-410. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.031>
24. Morel, J., Marquis-Favre, C., & Gille, L. A. (2016). Noise annoyance assessment of various urban road vehicle pass-by noises in isolation and combined with industrial noise: A laboratory study. *Applied Acoustics*, 101, 47-57.

25. Fredianelli, L., Gallo, P., Licitra, G., & Carpita, S. (2017). Analytical assessment of wind turbine noise impact at receiver by means of residual noise determination without the wind farm shutdown. *Noise Control Engineering Journal*, 65(5), 417-433. DOI: <https://doi.org/10.3397/1/376558>
26. Fredianelli, L., Carpita, S., & Licitra, G. (2019). A procedure for deriving wind turbine noise limits by taking into account annoyance. *Science of The Total Environment*, 648, 728-736. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.107>
27. Jansen, E., & de Jong, C. (2017). Experimental assessment of underwater acoustic source levels of different ship types. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 42(2), 439-448. DOI: 10.1109/JOE.2016.2644123
28. Traverso, F., Gaggero, T., Tani, G., Rizzuto, E., Trucco, A., & Viviani, M. (2017). Parametric Analysis of Ship Noise Spectra. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 42(2), 424-438. DOI: 10.1109/JOE.2016.2583798
29. Ikpekha, O. W., Eltayeb, A., Pandya, A., & Daniels, S. (2018). Operational noise associated with underwater sound emitting vessels and potential effect of oceanographic conditions: a Dublin Bay port area study. *Journal of Marine Science and Technology*, 23(2), 228-235. <https://doi.org/10.1007/s00773-017-0468-4>
30. Rossi, E., Licitra, G., Iacoponi, A., & Taburni, D. (2016). Assessing the Underwater Ship Noise Levels in the North Tyrrhenian Sea. In *The Effects of Noise on Aquatic Life II* (pp. 943-949). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8_116
31. Bernardini, M., Fredianelli, L., Fidecaro, F., Gagliardi, P., Nastasi, M., & Licitra, G. (2019). Noise Assessment of Small Vessels for Action Planning in Canal Cities. *Environments*, 6(3), 31. <https://doi.org/10.3390/environments6030031>
32. Badino, A., Borelli, D., Gaggero, T., Rizzuto, E., & Schenone, C. (2012). Noise emitted from ships: impact inside and outside the vessels. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, 868-879. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1064>
33. Herramienta Automática de Diagnóstico Ambiental (Automatic Tool for environmental diagnosis), LIFE02 ENV/E/000274; 2005.
34. Eco.Port Project (cod. 41). EU Co-financed project through the European Regional Development Fund (ERDF) in the framework of the Adriatic New Neighbourhood Program INTER-REG/CARDS-PHARE 2000–2006. <<https://www.port.venice.it/it/progetto-eco-port.html>> (in Italian).
35. NoMEPorts 2008. Noise Management in European Ports, LIFE05 ENV/NL/000018, Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management. Technical Annex; 2008.
36. SIMPYC 2008. Sistema de Integración Medioambiental de Puertos y Ciudades (Environmental integration for ports and cities), LIFE04 ENV/ES/000216; 2008.
37. EcoPorts 2011. EcoPorts Project, Information exchange and impact assessment for enhanced environmental-conscious operations in European ports and terminals, FP5. <http://cordis.europa.eu/project/rcn/87079_en.html>.
38. Schenone, C., Pittaluga, I., Borelli, D., Kamali, W., & El Moghrabi, Y. (2016). The impact of environmental noise generated from ports: outcome of MESP project. *Noise Mapping*, 3(1). DOI 10.1515/noise-2016-0002