

LA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE alle Vibrazioni Meccaniche A BORDO NAVE (Misure sperimentali e confronto dei valori di esposizione lavorativa al corpo intero in navigazione)

THE OCCUPATIONAL EXPOSURE to Mechanical Vibrations ABOARD SHIP(Experimental measurements and comparison of the values of occupational exposure to whole-body at sea)

CAMMAROTA B.

Dipartimento di Salute Mentale e Fisica e Medicina Preventiva - Seconda Università degli Studi di Napoli

L.go Madonna delle Grazie 80138 Napoli.

Prodotto in proprio dal Dipartimento (già di Medicina Pubblica ed ivi confluito) nello sviluppo delle sue linee di ricerca.

Running Title: VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

PAROLE CHIAVE: Vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema *Mano-braccio* ed al *Corpo intero*, Valore di azione giornaliero $A(8)$ - Limite di esposizione, Classe di rischio.

KEYWORDS: Mechanical vibrations transmitted to the hand-arm system and whole body, Daily action value $A(8)$ - Limit of exposure, Hazard class.

Riassunto: *L'impatto lavorativo delle vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano-braccio ed al corpo intero cresce quando associato a rumorosità ambientale e microclima severo. Il settore navale ha fruito della graduazione attuativa del D.Lgs 81/08 (art.3). Il CDM (Det. n° 28, dell'11-5-12) ha previsto una Legge Delega per armonizzare le indicazioni tecniche e procedurali del Decreto con le particolari esigenze del lavoro marittimo. **Obiettivo:** produrre un contributo tematico Sperimentale. **Metodi:** Si descrive (tab.1) il risultato del monitoraggio ambientale delle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero per postazioni lavorative, in quattro motonavi passeggeri e merci, (Lunghezza <200m stazza lorda 30.000/50.000Ton.), in navigazione su rotte internazionali in condizioni atmosferiche moderate autunnali o primaverili, mare calmo, carico medio, velocità di crociera (~15nodi). Si riporta la dosimetria da vibrazioni trasmesse al corpo intero $A(8i)$ per postazioni, normalizzata per giornata lavorativa (8h); la dosimetria quotidiana $A(8)$ risultante dai diversi contributi di esposizione quotidiana per gli ufficiali di macchina (tab.2), la dosimetria quotidiana di esposizione alle vibrazioni meccaniche al corpo intero delle diverse categorie di lavoratori marittimi (tab.3). **Strumentazione:** Analizzatore 4447 Bruel & Kjaer con accelerometro piatto triassiale 45158 (10 mV/g); calibratore 4294 (10m/sec²;159,2 Hz). **Risultati:** i valori ambientali massimi A_{vmaz} nei locali motori, dalla nave 1 alla 4 risultano: **2,11; 0,96; 0,88; 0,83 m/sec²**; il valore minimo di **0,34 m/sec²** risulta nella infermeria della nave 2. La dosimetria $A(8)$ nelle categorie più esposte varia da **1 m/sec²** a **0,49 m/sec²**, non eccede il valore limite giornaliero. **Conclusioni:** risultano criticità ambientali migliorabili e dosimetrie espositive controllate.*

Comunicazione Poster alle Giornate Scientifiche di Ateneo 2012 della SUN – Napoli /Caserta 11 e 12 luglio 2012.

Corrispondenza: Bruno Cammarota, Dipartimento di Salute Mentale e Fisica e Preventiva della Seconda Università degli Studi di Napoli, Via Luciano Armanni, 5- 80138 Napoli tel. 081- 4421397 cell. 328-3340435 e-mail: bruno.cammarota@unina2.it

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

Summary: work impact of mechanical vibration transmitted to hand-arm system and whole body grows when associated with severe environmental noise and microclimate. Shipping industry has benefited of graduation Leg. Decree 81/08 (Art. 3). Italian CDM (Det. n° 28, may, 11th 2012) has provide a law to harmonize technical and procedural directions of Decree 81, to special requirements of maritime labor. **Objective:** to produce an experimental thematic contribution. **Methods:** results of environmental monitoring of mechanical vibrations transmitted to whole body for workplaces, in four passengers ships and cargo (length <200m gross 30.000/50.000Ton.), sailing on international routes, moderate weather conditions in spring or autumn, calm seas, load average cruising speed (~15knots), is described (Table 1). Dosimetry by whole-body vibration $A_{(8i)}$ for workstations, normalized for working day (8h) is described; daily dosimetry $A_{(8)}$ resulting from the different contributions of daily exposure to the Engine room Officers (table 2), daily dosimetry exposure to mechanical vibration to the whole body in the various categories of seafarers (table 3). Instrumentation: Bruel & Kjaer 4447 analyzer with triaxial accelerometer plate 45158 (10 mV/g); calibrator 4294 (10m/sec²;159,2Hz). **Results:** Maximum environmental values of A_{vmaxz} inside the engine room, in ships from 1 to 4 are: **2.11, 0.96, 0.88, 0.83 m/sec²**, the minimum value of **0.34 m/sec²** results in the infirmary of ship 2. The $A_{(8)}$ dosimetry in themost exposed groups varies from **1 to 0.49 m/sec²**, does not exceed the daily limit. **Conclusion:** result controllable environmental criticalities, control exposition dosimetry.

INTRODUZIONE: la Normativa Italiana sulla salute e sicurezza del lavoro: D.Lgs n° 81/08 (Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007 n° 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro), nel Titolo VIII (Agenti Fisici) definisce l'obbligo a carico dei Datori di Lavoro, della valutazione dei rischi derivanti dalla esposizione lavorativa a microclima, atmosfere iperbariche, rumore, infrasuoni e ultrasuoni, vibrazioni meccaniche, campi elettromagnetici, radiazioni ottiche artificiali [4]. Il Datore di lavoro ha altresì l'obbligo di promuovere la *informazione e formazione* dei lavoratori sui possibili effetti di detta esposizione lavorativa sulla salute e sul benessere in rapporto al lavoro. Il Capo 3° del D.Lgs. in attuazione della Direttiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 [3], dispone la valutazione del rischio e la protezione dei lavoratori dalla esposizione a vibrazioni meccaniche trasmesse: a) al *sistema mano-braccio* (HAV), secondo la Norma UNI EN ISO 5349-1(2001) [11]; b) al *corpo*

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

intero (WBV), secondo Norma UNI EN ISO 2631-1 (1997) [9] in ambienti di lavoro, per finalità di prevenzione dei disturbi *vascolari, osteoarticolari, neurologici, muscolari* a) [2,7,8,13], *lombalgie e traumi del rachide* b) [1]. Ai fini della valutazione degli effetti sanitari cronici, il Decreto considera le sole vibrazioni meccaniche con frequenza superiore a 1 Hz, quindi non quelle da 0,1 a 0,63 Hz di cui alla norma tecnica UNI EN ISO 2631/3 (1985) [10]. L'art. 3 del Decreto considera le particolari esigenze connesse con il servizio espletato e con le peculiarità organizzative del settore navale. L'art. 205 per i settori della navigazione marittima ed aerea prevede possibili deroghe, limitatamente al rispetto del *valore limite di esposizione* a vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero ove, *tenuto conto della tecnica e delle caratteristiche specifiche dei luoghi di lavoro*, non sia possibile rispettare tale limite nonostante le misure tecniche ed organizzative messe in atto. Il Consiglio dei Ministri con Determinazione n.°28, dell'11 maggio 2012 ha previsto una Legge Delega per armonizzare dette particolari esigenze con le indicazioni tecniche e procedurali del D.Lgs.81. La normativa preesistente indirizzata al settore marittimo, D.Lgs n° 271 del 27 luglio 1999: *“Adeguamento della normativa sulla sicurezza e salute dei lavoratori marittimi a bordo delle navi mercantili e da pesca nazionali, a norma della legge 31.12.1988, n° 485”* [5] già indicava finalità e sostanziali aspetti organizzativi e procedurali del successivo D.Lgs. 81/08 di generale applicazione. In particolare il D.Lgs 271 ha sancito l'obbligo penalmente sanzionabile alla designazione inderogabile da parte dell'Armatore di un Medico del Lavoro (Medico competente) per ogni nave così come di un Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione.

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

Nel presente lavoro si documenta il livello di esposizione Lavorativa alle vibrazioni meccaniche trasmesse al *corpo intero* per lavoratori marittimi in attività di servizio su quattro navi per il trasporto di passeggeri e merci ed i relativi livelli ambientali massimi e minimi, misurati durante la navigazione, *con medio carico ed a velocità di crociera*. I rilievi sono stati effettuati in periodi primaverili ed estivi in condizioni di mare calmo, clima moderato. Le misure esibite potranno interessare anche il Legislatore nelle descritte finalità di armonizzazione normativa, in considerazione della diffusione ancora contenuta di dati sperimentali tematici di settore.

MATERIALI E METODI: l'art. 202 (D.Lgs.81/08) [4] prevede che il Datore di Lavoro valuti o misuri i *Livelli di Esposizione a vibrazioni meccaniche* dei lavoratori secondo lo standard **UNI EN ISO-5349 (2001)** per il *sistema mano-braccio a*]; **UNI EN ISO-2631 -1: 1997** per il *corpo intero b*]. *Il valore di azione giornaliero* riferito al sistema mano-braccio a], **A(8)** inteso come valore mediato nel tempo, ponderato in frequenza, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorativa di otto ore è di **2,5m/sec²**, *il valore limite di esposizione giornaliero A(8)*, di **5 m/sec²**, *il limite di esposizione per brevi periodi, A(i)*, di **20 m/sec²**. *Il valore di azione giornaliero* riferito al corpo intero b], **A(8)** inteso come iva di otto ore è stabilito in **0,5 m/sec²**; *Valore Limite di esposizione giornaliero* valore mediato nel tempo, ponderato, delle accelerazioni misurate per una giornata lavorat **A(8)**, in **1 m/sec²**; *il Valore Limite per Brevi Periodi A(i)*, in **1,5 m/sec²**. I valori **A(8)**, normalizzati al tempo di riferimento di 8 ore, sono espressivi degli eventi lungo gli assi x,y,z,: Nel mano - braccio **A(8)** esprime la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori (RMS) quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi

ortogonali (A_{hwx} , A_{hwy} , A_{hwz}):

$$\mathbf{A}(\mathbf{s}) = A_{(wsum)} \times (T_e/8)^{1/2}$$

Per esposizione a diverse sorgenti (utensili-postazioni diverse) nella giornata lavorativa, si avrà che

$$\mathbf{A}(\mathbf{s}) = \left[\sum_{i=1}^n \mathbf{A}(\mathbf{s}_i)^2 \right]^{1/2} \text{ [m/s}^2\text{]}.$$

dove $\mathbf{A}(\mathbf{s}_i)$ rappresenta il contributo della esposizione i-esima

$$A_{\mathbf{s}_i} = A_{(wsum_i)} \sqrt{\frac{T_{e_i}}{8}}$$

Nel corpo intero $\mathbf{A}(\mathbf{s})$ esprime il maggiore dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali ($1,4.a_{wx}$, $1,4.a_{wy}$, $1.a_{wz}$) per un lavoratore seduto o in piedi secondo la:

$$\mathbf{A}(\mathbf{s}) = A_{(wmax)} \times (T_e/8)^{1/2} \text{ [m/s}^2\text{]};$$

per esposizione in postazioni diverse si avrà:

$$\mathbf{A}(\mathbf{s}) = \left[\sum_{i=1}^n \mathbf{A}(\mathbf{s}_i)^2 \right]^{1/2} \text{ [m/s}^2\text{]};$$

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

in questo caso $A(\mathbf{8i}) = A_{(wmaxi)} \sqrt{\frac{A_{11}}{8}}$

Strumentazione: La strumentazione impiegata consiste in un Analizzatore di Vibrazioni trasmesse al corpo umano, 4 canali, tipo 4447 Bruel & Kjaer corredato di accelerometro cubico triassiale tipo 4520-002 (*per il sistema mano-braccio*); accelerometro piatto triassiale (*per il corpo intero*) tipo 45158 (10 mV/g); calibratore 4294 (10m/sec²; 159,2 Hz). Le misure sono state eseguite secondo gli articoli 28 e 202 D.Lgs 81/08[4] in tema di valutazione dei rischi e secondo la norme tecnica di riferimento [9]. Sono riferiti in successione i valori Awzmax $A(\mathbf{8})$ (valori RMS ponderati in frequenza; fattore di correzione K=1) delle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero nelle diverse postazioni lavorative durante la navigazione, per le quattro navi osservate. Sono riferiti i valori della Esposizione lavorativa a Vibrazioni Meccaniche trasmesse al corpo intero per la Categoria degli Ufficiali di Macchina, sia in contributi i-esimi $A(\mathbf{8i})$ che in valori risultanti, $A(\mathbf{8})$, nelle navi:1,2,3,4 in navigazione (valori di Awmaxz RMS ponderati in frequenza, fattore di correzione K= 1). Sono infine riferiti e confrontati i valori risultanti $A(\mathbf{8})$ di *dose quotidiana totale di vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero* da esposizione cumulativa durante la giornata lavorativa per la frequentazione delle diverse postazioni per i tempi indicati, per tutte le categorie di lavoratori esposti, nelle quattro navi osservate. La esposizione lavorativa a vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero, derivante dall'utilizzo del carrello elevatore (*in porto*) e quella da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano-braccio, non oggetto dello studio in navigazione, sono state distintamente valutate a mezzo della banca dati ex ISPESL [7,12].

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

RISULTATI: Nella **tabella 1)** che segue sono illustrati i risultati del monitoraggio ambientale delle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero ed espressi in m/sec^2 , nelle postazioni: *sala controllo macchine, locale motori, officina, sala macchine, locale depuratori, locale generatori, locale compressori, locale condizionatori, lavanderia, parcheggio, sala mensa ufficiali, sala mensa equipaggio, infermeria, cabina passeggeri, segreteria nave e ponte di comando*, delle quattro navi osservate.

Vedi TABELLA 1) allegata

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

Nella **tabella 2)** che segue sono illustrate ad esemplificazione dell'intero campione, le postazioni lavorative con i singoli tempi di lavoro del *Primo, Secondo e Terzo Ufficiale di Macchina* come segue: *sala controllo macchine*: 300 minuti/giorno *sala motori, depuratori, compressori, condizionamento*: 5minuti/giorno; *officina*:20 minuti/giorno; *lavanderia*:15 minuti/giorno; *segreteria e mensa Ufficiali*: 60 minuti/giorno. Sono riferiti sia i contributi i-esimi **A(8i)** che i valori risultanti, **A(8)** della *esposizione quotidiana personale* dei lavoratori considerati nelle quattro navi osservate, alle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero ed espressi in m/sec^2 .

Vedi TABELLA 2) allegata

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

La **tabella 3)** che segue, riporta i valori risultanti **A(8)** in m/sec^2 di *dose quotidiana di vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero* dalla esposizione cumulativa durante la giornata lavorativa per la frequentazione delle diverse postazioni per i tempi indicati, per tutte le categorie di lavoratori esposti, nelle quattro navi osservate.

Vedi TABELLA 3) allegata

CONCLUSIONI: Lo studio condotto sulle navi descritte dimostra la consistenza dell'impatto da vibrazioni meccaniche in ambienti di lavoro per i lavoratori del settore della navigazione marittima. I dati ottenuti che peraltro deliberatamente, per fini di ordinata conoscenza, riguardano la sola esposizione lavorativa e di ristorazione, non quella degli ambienti di riposo e di permanenza fuori dal turno lavorativo, per le categorie di lavoratori considerate, esprimono una ampia casistica di misura della possibile esposizione lavorativa indicata nel Decreto Legislativo

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

81/08 per i lavoratori marittimi. I valori ambientali massimi delle vibrazioni meccaniche A_{wmaxz} generate durante la navigazione nei locali motori, dalla nave 1 alla nave 4 risultano: **2,11; 0,96; 0,88; 0,83** m/sec². Il valore minimo di A_{wmaxz} risulta di **0,34** m/sec² ed è misurato nel locale infermeria della nave 2. Nella nave 1 (locale motori) A_{wmaxz} supera il *Valore limite ambientale* (1m/sec²) che comporterebbe il superamento del limite di esposizione giornaliero alle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero nel caso (*non contemplato nella organizzazione del lavoro*) di permanenza nella postazione per la intera giornata lavorativa di 8 ore. Nelle navi 2,3,4 il valore misurato di A_{wmaxz} (nei rispettivi locali motore) risulta contenuto entro detto limite. Con riferimento alle Categorie dei lavoratori indicate in tabella 3) sulla base delle misure effettuate per singole postazioni lavorative, del calcolo dei contributi i-esimi **A(8i)** di vibrazioni

meccaniche trasmesse al corpo intero e del valore di esposizione risultante **A(8)**, risulta che in nessun caso ne è superato il limite di esposizione giornaliero normalizzato ad 8 ore, di 1 m/sec^2 . I valori di **A(8)** per la Categoria Giovanotto di macchina, variano da 1 m/sec^2 (nave 1) a $0,56 \text{ m/sec}^2$ (nave 4); per la Categoria Ufficiali di macchina, da $0,98 \text{ m/sec}^2$ a $0,51 \text{ m/sec}^2$ ossia dal limite superiore della *classe di rischio media* alla prossimità al *valore di azione giornaliero* di $0,5 \text{ m/sec}^2$. Per le Categorie: Direttore di macchina, Addetti mensa, Comandante e Ufficiali di coperta la classe di rischio passa dalla *media* (A_{vmaxz} : **0,90; 0,87; 0,80** m/sec^2) alla *minima*, per valori di A_{vmaxz} inferiori al valore di azione giornaliero di $0,5 \text{ m/sec}^2$. L'esperienza condotta su unità di una flotta moderna e tecnologicamente avanzata nel suo complesso, conferma la particolarità del settore della navigazione marittima

VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO A BORDO NAVE

e la necessità della graduazione delle previsioni dei D.81/08 e 106/09. Si dimostra altresì il possibile governo dell'impatto lavorativo delle vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero a bordo nave attraverso la manutenzione ordinaria e straordinaria delle sorgenti a bordo, interventi mirati di ristrutturazione in cantiere, idonea organizzazione del lavoro (*per turni lavorativi, pause tecniche e tempi complessivi di imbarco*) e, nel medio periodo, progettazione ergonomica delle nuove navi per l'abbattimento di rumore e vibrazioni trasmessi a bordo in

navigazione. Risulta indicato l'uso dei DPI (scarpe / guanti antivibranti); essenziale la formazione, necessaria la valutazione degli *effetti Integrati della contemporanea esposizione a vibrazioni, rumore, microclima severo* a bordo nave anche ai fini della valutazione dello stress lavoro correlato e della possibile concausalità negli eventi infortunistici durante il lavoro a bordo nave.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Bovenzi M., Hulshof C. "An update review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain". J. Sound and Vibration; Vol. 215, pag. 595-611, 1998.
- 2) Bovenzi M., Rui F., D'Agostin F. et al.: " *I Compiti del Medico Competente alla luce della Direttiva Europea 2002/44/CE sulle Vibrazioni Meccaniche e del Decreto applicativo 187/2005*", G Ital Med Lav Erg 2006;28:3, 241-244.
- 3) Direttiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni – 16° Direttiva particolare ai sensi dell'art. 16, par 1 della direttiva 89/391/CE). G.U.C.E., L177-13,19 del 6/7/2002.
- 4) D.Lgs n° 81 del 9 aprile 2008: " *Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007 n° 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*" G.U. n° 101 del 30 Aprile 2008., Supplemento Ordinario n° 108/L.
- 5) D.Lgs n° 271 del 27 luglio 1999: "Adeguamento della normativa sulla sicurezza e salute dei lavoratori marittimi a bordo delle navi mercantili e da pesca nazionali, a norma della legge 31.12.1988, n° 485" G.U. n° 185 del 9 agosto 1999 - S.O. n° 151.4).
- 6) IPSEMA (Istituto di Previdenza per il Settore Marittimo) : " *Quaderno di Formazione per la Sicurezza sul lavoro – Vibrazioni meccaniche e radiazioni* " Edizione Camograf , Roma 2009; Disponibile on line all'indirizzo www.ipsema.it
- 7) ISPESL Linee Guida per la Prevenzione del Rischio Vibrazioni (2001) scaricabile dal sito

<http://www.ispesl.it>

- 8) Marchetti E.-“*Fisica ed Effetti delle Vibrazioni*”in:Corso di Formazione- “ *Misura e valutazione degli Agenti Fisici: Rumore e Vibrazioni*, 13-16 ottobre 2004, ISPESL Monteporzioatone, Roma.
- 9) Norma UNI EN ISO 2631-1 (1997) : “*Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part. 1: General requirements*”; International Organization for Standardization, 1997, Genève (Switzerland).
- 10) Norma UNI EN ISO 2631/3 (1985) : “*Evaluation of human exposure to whole body vibration. Part.3: Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency range 0,1 to 0,63 Hz*”;
- 11) Norma UNI EN ISO 5349 (2001) : “*Mechanical vibration-Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration-Part 1: general requirements*”; International Organization for Standardization, 2001.
- 12) Pinto Iole: “*Valutazione e Prevenzione del rischio da Vibrazioni*” Disponibile on line, all’indirizzo primopiano@sicurezzaonline.it febbraio 2004.
- 13) Tomao E. , De Nuntii F., Sancini A. “Le Vibrazioni Meccaniche: Effetti sull’ uomo; XXII Giornata Romana di Medicina del Lavoro “Antonello Spinazzola”: “vibrazioni e lavoro”, Università “La Sapienza” , 6 maggio 2006, Roma. Disponibile online all’indirizzo: www.puntosicuro.it

Tabella 1) Monitoraggi ambientale / environmental monitoring

Livelli di Vibrazioni Meccaniche trasmesse al <i>corpo intero</i>, awmaxz valori RMS ponderati in frequenza , fattore di correzione K=1 - per postazioni lavorative, durante la navigazione. Levels of whole-body Mechanical Vibration, weighted RMS values awmaxz frequency, correction factor K = 1 - for workstations, while browsing.				
Postazione	Awzmax - A(8) m/sec ² nave 1	Awzmax - A(8) m/sec ² nave 2	Awzmax - A(8) m/sec ² nave 3	Awzmax - A(8) m/sec ² nave 4
Sala controllo macchine	0,846	0,720	0,650	0,540
Locale motori	2,11	0,960	0,880	0,830
Officina sala macchine	1,262	0,800	0,780	0,650
Locale depuratori	1,63	0,770	0,760	0,660
Locale generatori	1,67	0,760	0,760	0,630
Compressori	1,67	0,760	0,730	0,660
Locale condizionamento	1,63	0,660	0,660	0,560
Lavanderia	0,33	0,400	0,420	0,400
cucina	0,99	0,500	0,450	0,550
Parcheggio	0,59	0,420	0,580	0,600
Sala mensa ufficiali	0,95	0,320	0,400	0,320
Sala mensa equipaggio	0,80	0,320	0,400	0,320
Infermeria	0,60	0,340	0,380	0,340
Cabina passeggeri	1,18	0,340	0,350	0,320
Segreteria	0,33	0,310	0,380	0,350
Ponte di comando	0,95	0,420	0,480	0,440

Tabella 2) Confronto di $A(8_i) = A_{(wmaxi)} \sqrt{T_{ei}/8}$ e $A(8) = (\sum_{i=1}^n A 8_i^2)^{1/2}$ [m/s²]

Esposizione lavorativa a Vibrazioni Meccaniche trasmesse al corpo intero per la Categoria degli Ufficiali di Macchina, contributi i-esimi A (8i) e valori risultanti, A(8), nelle navi:1,2,3,4 in navigazione. Valori di Awmaxz RMS ponderati in frequenza, fattore di correzione K= 1 . Occupational exposure to whole-body Mechanical Vibration for the Engineer Officers' Class, contributions ith A (8i) and the resulting values, A (8), in a ship: 1,2,3,4 in navigation. Awmaxz RMS values of the frequency weighted, correction factor K = 1.					
<i>1°,2°,3°Ufficiale di macchina postazioni lavorative</i>	Tempo di esposizione in minuti/g	A(i)Esp. quotidiana (m/s ²) Nave 1	A(i)Esp. quotidiana (m/s ²) Nave 2	A(i)Esp. quotidiana (m/s ²) Nave 3	A(i)Esp. quotidiana (m/s ²) Nave 4
<i>Sala controllo macchine</i>	300	0,79	0,56921	0,514	0,426907
<i>Sala motori</i>	5	0,21	0,09798	0,089815	0,084712
<i>Sala depuratori</i>	5	0,16	0,078588	0,077567	0,067361
<i>Sala generatori</i>	5	0,17	0,077567	0,077567	0,064299
<i>Officina</i>	5	0,25	0,163299	0,159217	0,132681
<i>Compressori</i>	20	0,17	0,077567	0,074505	0,067361
<i>Sala condizionamento</i>	5	0,16	0,067361	0,067361	0,057155
<i>Segreteria</i>	5	0,12	0,109602	0,13435	0,123744
<i>Lavanderia</i>	60	0,06	0,070711	0,074246	0,070711
<i>Sala mensa Ufficiali</i>	60	0,34	0,113137	0,14142	0,113137
<i>Esposizione quotidiana totale A(8) (m/s²)</i>		0,98	0,63	0,60	0,51

Tabella 3) Livelli di esposizione personale quotidiana A(8) per Categorie di lavoratori, Navi: 1, 2, 3, 4.

Livelli di esposizione giornaliera alle Vibrazioni Meccaniche trasmesse al corpo intero (total body) per mansione. Levels of daily exposure to mechanical vibration transmitted to the whole body (total body) per task.				
Categorie di lavoratori	Esposizione quotidiana totale calcolata (A8) ed espressa in m/s^2 (con fattore di correzione $K = 1$)			
	<i>Nave 1</i>	<i>Nave 2</i>	<i>Nave 3</i>	<i>Nave 4</i>
<i>Direttore di macchina</i>	0,9	0,59	0,58	0,49
<i>1° Ufficiale di macchina</i>	0,98	0,63	0,60	0,51
<i>2° Ufficiale di macchina</i>	0,98	0,63	0,60	0,51
<i>3° Ufficiale di macchina</i>	0,98	0,63	0,60	0,51
<i>Allievo Ufficiale di macchina</i>	0,98	0,63	0,60	0,51
<i>Giovanotto di macchina</i>	1,0	0,7	0,67	0,56
<i>Elettricista</i>	0,7	0,59	0,58	0,53
<i>Meccanico</i>	1,0	0,69	0,67	0,56
<i>Comandante</i>	0,8	0,34	0,43	0,39
<i>Ufficiali di coperta</i>	0,8	0,38	0,45	0,40
<i>Addetti alla cucina - mense</i>	0,87	0,38	0,43	0,48
<i>Personale comune di coperta</i>	0,5	0,44	0,53	0,53

Tabella 4)

RILIEVI MICROCLIMATICI AREA DEI LOCALI DI LAVORO (MICROCLIMA MODERATO)										RILIEVI MICROCLIMATICI AREA DEI LOCALI DI SERVIZIO (MICROCLIMA MODERATO)							
Grandezze fisiche e indici	Riferimenti e unità di misura	Ponte di comando		Segreteria nave		Infermeria		Parcheggio rampa		Mensa Ufficiali		Mensa Equipaggio		Cabina Passeggeri		Cabina Equipaggio	
		n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)	n° (1) - (2)		
Temperatura Globotermometro (TGlob.)	°C	30,1	24	30	23	29,2	23	30	21	30,8	23,7	30,3	23,5	29	23	29	23
Temperatura umida naturalmente Ventilata (Tun)	°C	28,3	21,8	28	20,1	27,4	20,4	26,6	18,2	26,4	20,3	26	20,3	27	20,5	27,2	20,5
Temperatura dell'aria (T.SEC)	20 - 24 °C	30,2	23,6	29,4	22,3	29,3	22,5	29,8	20,6	28,4	22,6	29,8	22,5	28	22,7	28,4	22,7
Temperatura umida psicrometrica (T.Umid)	°C	16,7	17,5	17,2	15,9	17	16	21,1	16,5	16,4	16,2	17	15,9	17	16,5	17,4	16,5
Velocità dell'aria (V.ARIA)	0,05 - 0,15 m/s	0,05	0,1	0,07	0,1	0,09	0,06	0,12	0,36	0,08	0,1	0,06	0,1	0,05	0,08	0,05	0,08
Carico metabolico	met.	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Rendimento meccanico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umidità relativa dell'aria (UREL)	40 - 60 %	22,5	54	27,3	51	26,7	50	45,3	55	26,9	51	25,1	50	31,2	52	31,7	52
Isolamento termico del vestiario	Clo	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
PMV (voto medio prevedibile)	+ / - 0,5	1,64	0,54	1,59	0,29	1,41	0,04	1,79	-0,41	1,67	0,16	1,65	0,11	1,36	0,05	1,39	0,05
PPD (Percentuale Prevedibile d'Insoddisfatti)	≤ 10%	59	11	56	7	46	5	67	9	60	6	59	5	43	5	45	5
W.B.G.T.I.	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
To (Temperatura Operativa)	°C	30,1	23,9	29,8	22,7	29,2	22,9	29,9	21	30,2	23,5	30,2	23,3	28,7	22,9	28,8	22,9
Tec (Temperatura Effettiva Corretta)	°C	28,7	23,7	28,5	22,5	28	22,7	27,7	21	27,8	22,8	27,5	22,7	27,7	22,7	27,8	22,7

Ambiente termico moderato - Riferimenti: Norma ISO 7730 per ambiente termico moderato. Intervalli di riferimento indicati per il completo benessere microclimatico: temperatura dell'aria ambiente, $t_a = 20 - 24$ °C; umidità relativa, $U_r = 40 - 60$ %; ventilazione, $V_a = 0,05 - 0,15$ m/sec.

Thermal environment moderate References: ISO 7730 for moderate thermal environment. Reference ranges indicated for the complete well-being microclimatic: ambient air temperature, $t_a = 20$ to 24 °C, relative humidity, $U_r = 40 - 60$ %, ventilation, $V_a = 0.05$ to 0.15 m / sec.