

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



REZUMAT

TEZĂ DE DOCTORAT

STUDIUL VIBRAȚIILOR ȘI ZGOMOTELOR TRANSMISE DE ECHIPAMENTELE NAVELOR FLUVIALE ÎN DIFERITE CONDIȚII DE OPERABILITATE ȘI AL RĂSPUNSULUI BIODINAMIC AL CORPULUI UMAN

Doctorand
Fiz. PICU Gh. Constantin Laurențiu

Conducător științific,
M.C. Academician Prof. dr. ing. Eugen-Victor-Cristian RUSU

Seria I 6: Inginerie mecanică nr. 56
GALAȚI
2021

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Industrială



REZUMAT

TEZĂ DE DOCTORAT

STUDIUL VIBRAȚIILOR ȘI ZGOMOTELOR TRANSMISE DE ECHIPAMENTELE NAVELOR FLUVIALE ÎN DIFERITE CONDIȚII DE OPERABILITATE ȘI AL RĂSPUNSULUI BIODINAMIC AL CORPULUI UMAN

Doctorand
Fiz. PICU Gh. Constantin Laurențiu

Conducător științific, M.C. Academician Prof. dr. ing. **Eugen-Victor-Cristian RUSU**

Președinte Comisie:
Referenți științifici

Prof. Dr. Ing. **Elena MEREUȚĂ**
Prof. Dr. Ing. **Daniela TARNIȚĂ**
Prof. Dr. Ing. **Daniel CONDURACHE**
Prof. Dr. Ing. **Silviu-Dănuți MACUȚĂ**

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Universitatea din Cluj
Universitatea Tehnică „Gheorghe ASACHI” din Iași
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Seria I 6: Inginerie mecanică nr. 56
GALAȚI
2021

Seriile tezelor de doctorat sustinute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul **ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

- Seria I 1: **Biotehnologii**
- Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**
- Seria I 3: **Inginerie electrică**
- Seria I 4: **Inginerie industrială**
- Seria I 5: **Ingineria materialelor**
- Seria I 6: **Inginerie mecanică**
- Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**
- Seria I 8: **Ingineria sistemelor**
- Seria I 9: **Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală**

Domeniul **ȘTIINȚE ECONOMICE**

- Seria E 1: **Economie**
- Seria E 2: **Management**

Domeniul **ȘTIINȚE UMANISTE**

- Seria U 1: **Filologie- Engleză**
- Seria U 2: **Filologie- Română**
- Seria U 3: **Istorie**
- Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul **MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII**

- Seria C: **Chimie**

CUPRINS

| | Pag. rezumat | Pag. teza |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
| Introducere | III | VII |
| Actualitatea și importanța temei | III | VIII |
| Obiectivul general al tezei de doctorat | IV | IX |
| Structura tezei | IV | IX |
| | | |
| Capitolul 1. Stadiul actual al cercetărilor teoretice și experimentale privind acțiunea vibrațiilor mecanice și a zgomotului asupra personalului din mediul ocupațional | 1 | 15 |
| 1.1. Vibrații – Generalități | 1 | 15 |
| 1.2. Metode de determinare a vibrațiilor transmise omului | 2 | 17 |
| 1.2.1. Metodă de determinare a accelerației vibrațiilor transmise omului | 2 | 17 |
| 1.2.2. Metode de determinare a modului în care se transmit vibrațiile prin corp | 3 | 18 |
| 1.3. Expunerea organismului uman la vibrații în mediul ocupațional | 3 | 20 |
| 1.3.1. Determinarea limitelor de expunere a întregului corp la vibrații | 4 | 21 |
| 1.3.2. Criteriile expunerii întregului corp la vibrații | 4 | 21 |
| 1.3.3. Criteriile expunerii sistemului mână-braț la vibrații | 4 | 22 |
| 1.4. Zgomot – Generalități | 4 | 23 |
| 1.4.1. Evoluția surdității | 5 | 24 |
| 1.4.2. Mediul de lucru fizic, stresul și sănătatea la locul de muncă | 6 | 25 |
| 1.4.3. Mediul de lucru, bunăstarea și performanța lucrătorilor: mecanisme de examinare | 6 | 26 |
| 1.4.4. Zgomot, stres, sănătate și productivitate | 6 | 28 |
| 1.5. Reglementări privind zgomotele și vibrațiile la locul de muncă | 6 | 28 |
| | | |
| Capitolul 2. Considerații teoretice asupra zgomotului și vibrațiilor transmise omului în mediul ocupațional | 7 | 29 |
| 2.1. Caracteristicile undelor | 7 | 29 |
| 2.2. Mărimi caracteristice undelor sonore | 7 | 29 |
| 2.3. Mărimi caracteristice vibrațiilor transmise omului | 8 | 34 |
| | | |
| Capitolul 3. Factori generatori de disconfort și boli profesionale pe navele fluviale și analiza lor cantitativă | 9 | 38 |
| 3.1. Mărimile caracteristice zgomotului ce induce disconfort și boli profesionale pe navele fluviale | 9 | 38 |
| 3.2. Mărimile caracteristice vibrațiilor ce induce disconfort și boli profesionale pe navele fluviale | 9 | 42 |
| 3.3. Alți parametri care contribuie la starea de disconfort a personalului navigant de pe navele fluviale | 11 | 44 |
| 3.3.1. Parametri fizici | 11 | 44 |
| 3.3.2. Parametri psihici | 13 | 48 |
| | | |
| Capitolul 4. Cercetări experimentale asupra vibrațiilor și zgomotului transmise personalului navigant pe nave fluviale pe Dunăre | 15 | 52 |
| 4.1. Metode de analiză a vibrațiilor și zgomotelor în laborator | 15 | 52 |
| 4.1.1. Metode de determinare a vibrațiilor transmise întregului corp (WBV) în laborator | 15 | 52 |
| 4.1.2. Metode de determinare a vibrațiilor transmise sistemului mână-braț (HAV) în laborator | 17 | 62 |
| 4.1.3. Metode de determinare a zgomotului în laborator | 19 | 70 |
| 4.2. Studii asupra vibrațiilor și zgomotelor pe vapoare | 22 | 85 |
| 4.2.1. Analiza vibrațiilor transmise întregului corp pe vapoare | 22 | 85 |
| 4.2.2. Studii asupra vibrațiilor transmise întregului corp și sistemului mână-braț (WBV+HAV) pe vapoare | 24 | 99 |
| 4.2.3. Cercetări asupra zgomotului transmis personalului navigant | 26 | 113 |

PICU Gh. Constantin Laurentiu - Studiul vibrațiilor și zgomotelor transmise de echipamentele navelor fluviale în diferite condiții de operabilitate și al răspunsului biodinamic al corpului uman

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| 4.3 Acțiunea stresorilor cumulați asupra performanțelor marinarilor de pe navele fluviale | 30 | 127 |
| 4.3.1. Efectele expunerii la WBV | 30 | 127 |
| 4.3.2. Determinarea disconfortului marinarilor expuși la vibrații | 32 | 130 |
| 4.3.3. Nota de confort - metodă de evaluare a voiajului cu o navă fluvială | 34 | 137 |
| 4.3.4. Influența BMI asupra transmisibilității vibrațiilor și asupra tensiunii arteriale | 35 | 142 |
| 4.3.5. Influența vibrațiilor și zgomotelor asupra coordonării mișcărilor membrilor echipajului navelor fluviale | 37 | 147 |
| 4.3.6. Influența temperaturii și umidității asupra personalului navigant | 39 | 155 |
| 4.3.7. Analiza ritmului circadian al personalului navigant | 40 | 161 |
| 4.3.8. Influența muzicii asupra performanțelor umane | 45 | 173 |
| Capitolul 5. Modelarea matematică a răspunsului sistemului locomotor uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice perturbatoare | 48 | 178 |
| 5.1. Considerații generale și ipoteze de lucru | 48 | 178 |
| 5.2. Modelul fizico-matematic simplificat al structurii scheletului piciorului uman | 48 | 178 |
| 5.3. Modelul fizico-matematic al piciorului uman cu simularea acțiunii sistemului muscular | 51 | 184 |
| 5.4. Validarea rezultatelor numerice prin rezultate experimentale | 52 | 187 |
| 5.5. Discuții | 53 | 190 |
| Capitolul 6. Concluziile generale, contribuții originale și perspective | 55 | 194 |
| 6.1. Concluzii generale | 55 | 194 |
| 6.2. Contribuții personale | 59 | 200 |
| 6.3. Perspective | 59 | 202 |
| Lista de lucrări | 61 | 204 |
| Bibliografie selectivă | 65 | 209 |
| Curriculum vitae | 73 | 250 |

INTRODUCERE

Transportul cu barca pe apă a fost de peste 8000 ani un mijloc de deplasare a oamenilor și a mărfurilor, mai vechi decât cu căruța (roata își are originea în Sumer, Mesopotamia, acum 7000 ani – azi Irak). Cuvântul “Apă” are cel puțin 4000 de ani vechime, fiind cunoscut în limba sanscrită ca “Apas”, mult mai apropiat de limba română decât “Aqua” din latină, ceea ce dovedește că unele cuvinte din limba noastră sunt mai vechi decât cele din latină.

În timpul inundațiilor, instinctul de conservare l-a făcut pe om să apuce primul obiect, la îndemână, care plutea. Astfel omul a descoperit faptul că un buștean îl poate ține la suprafață. Apoi a aflat că dând din mâini și din picioare se poate deplasa prin apă, cu butuc cu tot. Mai târziu, omul se va folosi de un băț care lățit la unul din capete îi va propulsa bușteanul, apărând astfel prima vâslă. După un timp a scobit acel buștean, putând să care mărfuri sau alți oameni. În epoca bronzului a reușit să prelucreze scânduri care, adăugate peste butuc, au făcut prima punte. Greutatea suplimentară a scufundat butucul tot mai mult sub apă, acesta devenind astfel chila. Chila și-a păstrat forma, cu mici modificări, până în zilele noastre deși ambarcațiunile au evoluat și s-au diversificat.

Dintotdeauna marinarii nu au avut o viață ușoară: de la faptul că lipseau de acasă cu anii, apoi cu lunile, de la un trai petrecut într-un perimetru relativ mic, fără posibilitatea unei perioade de adevărată intimitate, cu o mâncare care nu este întotdeauna sănătoasă și variată, cu un somn adesea întrerupt de diverși factori, până la un program supraîncărcat (în special din cauza lipsei de personal), acești oameni sunt supuși unui stres permanent (fig. I.1).

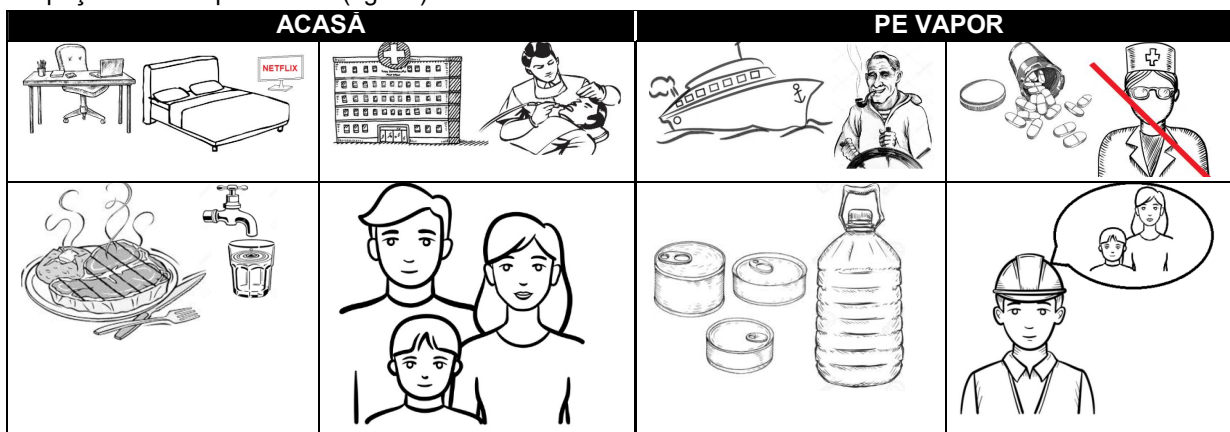


Figura I.1 Privațiunile vieții de marinar

ACTUALITATEA ȘI IMPORTANȚA TEMEI

Suntem în secolului XXI și încă există condiții de muncă nesigure și nesănătoase; din acest motiv au fost introduse sistemele de Management al Securității și Sănătății în Muncă (SSM) la nivelul fiecărei firme, fabrică sau uzină. În acest mod se dorește reducerea riscurilor, dar se acționează și asupra productivității.

Sistemele de SSM trebuie cunoscute de către angajatori și de angajați și trebuie aplicate strict în scopul reducerii incidentelor, accidentelor de muncă, bolilor și deceselor. Organizațiile, angajatorii, personalul de conducere, muncitorii au datoria să aplice principiile și metode adecvate de gestionare a SSM. Acestea nu sunt obligatorii din punct de vedere juridic și nu sunt destinate să înlocuiască legile, reglementările sau standardele acceptate național. Aplicarea lor nu necesită certificare. În cazul muncii pe o navă, aceste sisteme sunt cu atât mai importante, cu cât distanța dintre vapor și cel mai apropiat spital pune în pericol nu numai sănătatea personalului navigant, ci chiar viața. Există o serie de standarde, regulamente și Directive care trebuie aplicate *ad literam*.

Sănătatea și munca oamenilor au fost, sunt și vor fi mereu de actualitate și de extremă importanță. Atunci când această muncă se desfășoară pe un vapor, devin esențiale și orice stresor care le-ar putea perturba este un adevărat pericol. Este suficient dacă ne referim doar la zgomot și vibrații, cu toate că există o serie de factori suplimentari care ar putea amenința sănătatea și viața marinarilor. Un exemplu edificator: dacă cineva nu ar auzi, din cauza zgomotului, un anunț important, ce se poate întâmpla? Să se piardă marfa. Este important din punct de vedere al costurilor, dar nu vital. Să se accidenteze sau să moară un om. Acest lucru nu poate fi cuantificat în bani.

Din nefericire, banii își spun cuvântul în orice domeniu; și în privința modernizării și/sau înlocuirii unei nave vechi cu una care îndeplinește toate standardele există aceeași problemă. Este foarte adevărat că s-au adus îmbunătățiri unor nave, dar mai ales în ceea ce privește starea tehnică a lor (caracteristicile funcționale care permit navelor realizarea sarcinilor pentru care au fost create). Din punct de vedere al condițiilor de muncă sau de odihnă sau al numărului de oameni care deserveșc o navă s-au făcut prea puține.

Această teză a luat naștere din necesitatea unor studii amănunțite asupra efectelor vibrațiilor și zgomotelor, doi stresori foarte importanți, asupra echipajelor navelor fluviale care navighează pe Dunăre, dar nu se oprește doar la o simplă analiză, ci îi corelează și cu alți factori, fie ei fizici sau psihici. În această teză îmi propun să analizez vibrațiile transmise întregului corp, precum și sistemului mână-braț și zgomotele din diferite locuri de pe nave (în camera motoarelor, pe puntea principală și pe cea de navigație) în mai multe cazuri:

- ❖ doar cu motorului generatorului pornit,
- ❖ pornirea de la țarm,
- ❖ mersul în gol,
- ❖ marș în forță,
- ❖ în timpul manevrelor de acostare,

precum și acțiunea acestor factori asupra confortului și capacității de concentrare a marinarilor.

Un alt subiect al acestui studiu îl constituie evaluarea marinarilor în timp real, din punct de vedere al performanțelor de care dau dovadă. În vederea realizării acestui deziderat, personalul navigator a rezolvat diferite teste psihologice, logice, de îndemânare etc., în acest mod cuantificându-se gradul de epuizare fizică și mentală al oamenilor. Din acest motiv, teza "*Studiul vibrațiilor și zgomotelor transmise de echipamentele navelor fluviale în diferite condiții de operabilitate și al răspunsului biodinamic al corpului uman*" este deosebit de actuală și importantă.

OBIECTIVUL GENERAL AL TEZEI DE DOCTORAT

Obiectivul general al tezei de doctorat îl constituie studiul impactului pe care le au zgomotele și vibrațiile navelor asupra performanțelor membrilor echipajelor. Studiile vor fi focalizate pe navele fluviale caracteristice fluviului Dunărea. Au fost analizate efectele negative ale vibrațiilor navelor și zgomotelor asupra sănătății și eficienței echipajelor navelor ce navighează pe Dunăre. Pentru aceasta s-au studiat vibrațiile transmise întregului corp (WBV) și vibrațiile transmise prin sistemul mână-braț (HAV), cât și zgomotele produse pe nave de diferitele echipamente, în locurile în care navigatorii își desfășoară activitatea, în diferite condiții de operabilitate, în corelație cu alți factori stresanți care influențează sănătatea și randamentul marinarilor.

Obiective specifice

- a) Măsurarea vibrațiilor de la bordul navelor fluviale (magnitudinea vibrațiilor, durata expunerii, VDV parțial, expunerea parțială A(8), timpul pentru atingerea EAV (opțiunea VDV), timpul pentru atingerea EAV (opțiunea A(8)), timpul pentru atingerea ELV (numai opțiunea A(8)), VDV total, expunere totală A(8)),
- b) Măsurarea zgomotelor de la bordul navelor fluviale (nivelul de zgomot, durata expunerii, punctele de expunere/job, punctele de expunere/h): în funcție de tipul navei, de vechimea navei, de timpul de funcționare și timpul trecut de la ultima reparație; în diferite condiții de operabilitate (staționare, relanti la mal, marș, în forță), de turația motorului; în diferite locuri de muncă de pe vase (sala mașinilor, puntea principală, timonă, sala de mese, sala de recreere); în funcție de vreme (anotimp, zi/noapte, temperatură, umiditate, vânt, valuri, furtună, etc).
- c) Evaluarea efectelor asupra performanțelor personalului navigator în funcție de locul de muncă, de sarcini, de vârstă, vechime în muncă, starea sănătății, vicii, oboseală, în funcție de programul în schimburi, etc.

STRUCTURA TEZEI

Teza de doctorat "*Studiul vibrațiilor și zgomotelor transmise de echipamentele navelor fluviale în diferite condiții de operabilitate și al răspunsului biodinamic al corpului uman*" este structurată astfel (fig. 1.2):

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capitolul 1. Stadiul actual al cercetărilor teoretice și experimentale privind acțiunea vibrațiilor mecanice și a zgomotului asupra personalului din mediul ocupațional |
| Capitolul 2. Considerații teoretice asupra zgomotului și vibrațiilor transmise omului în mediul ocupațional |
| Capitolul 3. Factori generatori de discomfort și boli profesionale pe navele fluviale și analiza lor cantitativă (mărimile caracteristice zgomotului și vibrațiilor, dar și alți parametri fizici și psihici ce induc discomfort și boli profesionale pe navele fluviale) |

Capitolul 4. Cercetări experimentale asupra vibrațiilor (transmise întregului corp WBV și sistemului mână-brăț HAV, precum și asupra zgomotului transmis personalului navigant pe nave fluviale pe Dunăre pe vapoare). De asemenea, a fost analizată acțiunea stresorilor cumulați asupra performanțelor marinarilor de pe navele fluviale.

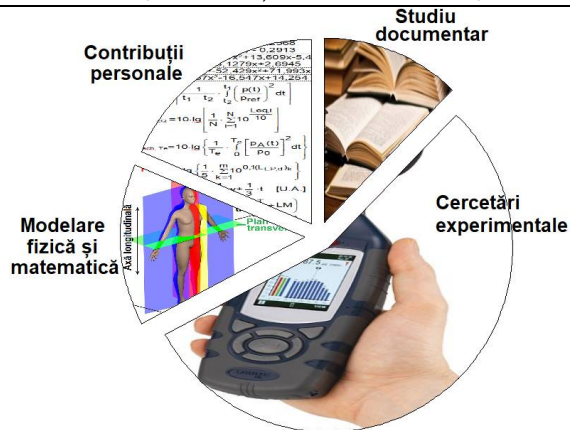


Figura I.2 Structura procentuală a tezei

Capitolul 5. Modelarea matematică a răspunsului sistemului locomotor uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice perturbatoare; în acest capitol a fost realizat modelul fizico-matematic simplificat al structurii scheletului piciorului uman, precum și modelul fizico-matematic al piciorului uman cu simularea acțiunii sistemului muscular, dar și validarea rezultatelor numerice prin rezultate experimentale.

Capitolul 6. Concluzii generale. Contribuții originale. Perspective

Teza este completată cu 12 anexe și cu Bibliografia care cuprinde 393 de titluri.

Cercetarea experimentală a respectat două principii etice fundamentale: principiul respectului pentru persoane; principiul urmăririi binelui (*beneficence*) care conține două cerințe principale: evitarea producerii de vătămări și maximizarea beneficiilor posibile.

Există patru concepte care apar în discuțiile despre *beneficence*: mai întâi nu trebuie să faci rău (*Primum non nocere*); cineva ar trebui să prevină răul; cineva ar trebui să înlăture răul; ar trebui să faci bine.

Atunci când în experimente sunt folosiți subiecți umani, trebuie îndeplinite trei cerințe: subiectul să primească informația relevantă în ceea ce privește participarea sa la studiu, acesta să înțeleagă ceea ce i se va întâmpla și ca acceptul de a participa să fie în întregime voluntar.

În legislația din România, obligația pentru consimțământului informat pentru cercetare este prevăzută în Legea nr. 46/2003 referitoare la drepturile pacientului, care specifică la articolul 19 următoarele: "Consimțământul pacientului este obligatoriu în cazul participării sale în învățământul medical clinic și la cercetarea științifică. Nu pot fi folosite pentru cercetare științifică persoanele care nu sunt capabile să își exprime voința".*

Legea nr. 206/2004 privind "buna conduită în cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și inovare" stabilește responsabilitățile Consiliului Național de Etică în ceea ce privește elaborarea codurilor de etică, dar și a centrelor de cercetare științifică care își vor crea propriile norme și proceduri operaționale referitoare la administrarea consimțământului informat în conformitate cu recomandările internaționale privind experimentele cu subiecți umani. Astfel că toți participanții la experimente au fost informați cu privire la modul de derulare a acestora și și-au dat acordul de participare în scris.

* Legea nr. 46 din 21 ianuarie 2003 privind drepturile pacientului, Publicată în MONITORUL OFICIAL nr. 51 din 29 ianuarie 2003

Capitolul 1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND ACȚIUNEA VIBRAȚIILOR MECANICE ȘI A ZGOMOTULUI ASUPRA PERSONALULUI DIN MEDIUL OCUPAȚIONAL

1.1. Vibrații – Generalități

Corpul nostru este expus, la muncă, vibrațiilor datorate mai multor mecanisme, cum ar fi mașinile și utilajele care vibrează, precum și uneltele de mână mecanice sau electrice. S-a dovedit că vibrațiile duc la dereglarea sistemelor muscular și osos, atât al mâinii cât și al brațului, al gâtului și al spatelui. Contactul cu o mașină vibrantă transferă energia vibrației în corpul uman.

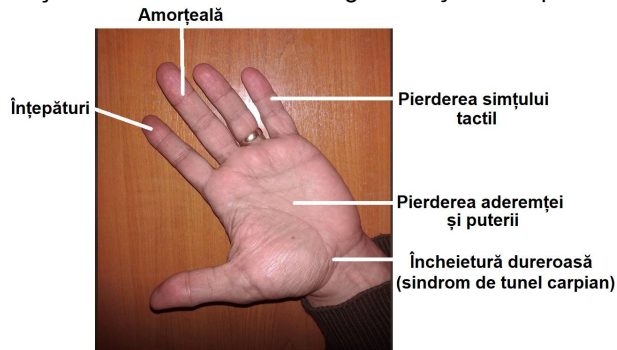


Figura 1.1 Simptome inițiale ale expunerii sistemului mână-braț la vibrații

Există două tipuri de vibrații ocupaționale: al unui segment (mâinii) și al întregului corp. Vibrarea unui segment se transmite prin mână și braț și duce la apariția unor boli specifice, cum ar fi sindromul lui Raynaud sau sindromul "degetelor albe" (white fingers). Acesta este cauzat de o îngustare a arterelor, ce limitează circulația sângelui în degete, ca și în cazul degerăturilor, manifestându-se inițial prin furnicături și senzații de amorteală, care dispar după ce a încetat acțiunea cauzatoare (Fig. 1.1).

Dacă expunerea la vibrații continuă atunci apar simptome mai grave sunt: degetele se albesc și sunt neobișnuit de reci, mâinile pot să se umfle și pot apare dureri atunci când sunt încălzite. În cazurile severe apar ulcerări la nivelul buricelor degetelor; la 10% din cazuri (cele mai grave), poate apărea gangrena, ce necesită amputarea degetelor. În funcție de felul expunerii, vibrațiile pot afecta o mare parte din corpul muncitorului sau numai un anumit organ. Efectul expunerii la vibrații depinde și de frecvența acestora (Fig. 1.2) [1]. Fiecare organ al corpului are propria lui frecvență de rezonanță. Dacă expunerea are loc la aceste frecvențe de rezonanță sau la una apropiată, efectul rezultat este accentuat. Expunerea la vibrația pe segmente atacă un organ, o parte sau un „segment” al corpului. Cea mai studiată și cea mai comună expunere la vibrațiile pe segmente este expunerea la vibrații a sistemului mână-braț, care afectează mâinile și brațele. Vibrațiile sistemului mână-braț (HAV = Hand-Arm Vibrations) afectează muncitorii care operează unelte manuale cu vibrații puternice.

Câteva exemple de utilaje care transmit vibrații sistemului mână-braț în diferite sectoare de activitate: agricultură (cositoare manuale), confecții metalice (polizoare, mașini de nituit), construcții (ciocane și unelte pneumatice), prelucrarea lemnului (fierăstraie cu bandă, gatere), siderurgie (dalte pneumatice), industria de mașini-unelte (unelte manuale vibrante), industria minieră (mașini de găurit, pichamere), prelucrarea metalelor (echipamente de ștanțare), transport pe șine (unelte manuale vibrante), construcții drumuri (maiuri), șantier navale (unelte manuale pneumatice), transporturi navale (sucle pneumatice).

Vibrațiile întregului corp (WBV = Whole Body Vibrations) se transmit, de către structurile vibrante, prin suprafețele suport ale corpului, cum ar fi picioarele, în cazul poziției verticale, ori fesele și spatele, în cazul pozițiilor așezat și culcat. Pe lângă problemele sistemelor muscular și osos, expunerea întregului corp la vibrațiile ocupaționale creează probleme și sistemelor psihomotor, fiziologic și psihologic.

Energia vibrației întregului corp intră în corp prin podea sau prin scaun și afectează întregul corp sau o mare parte a organelor din corp. Grupurile expuse includ operatorii camioanelor, a autobuzelor, a tractoarelor și pe cei care muncesc pe suprafețe vibrante. Exemple de echipamente care generează vibrații întregului corp în diferite domenii de activitate sunt: agricultură (tractoare, combine), confecții metalice (transportoare), construcții (vehicule de transport, macarale), prelucrarea lemnului (tractoare, șenilete), siderurgie (excavatoare), industria minieră (vehicule transportoare), transporturi auto (camioane, tractoare), transporturi aeriene (elicoptere, avioane), transport pe șine (trenuri, tramvaie, metroui), construcții drumuri (compresoare, scrapere), șantier navale (macarale plutitoare), transporturi navale (împingătoare, remorhere, drăgi, cargouri).

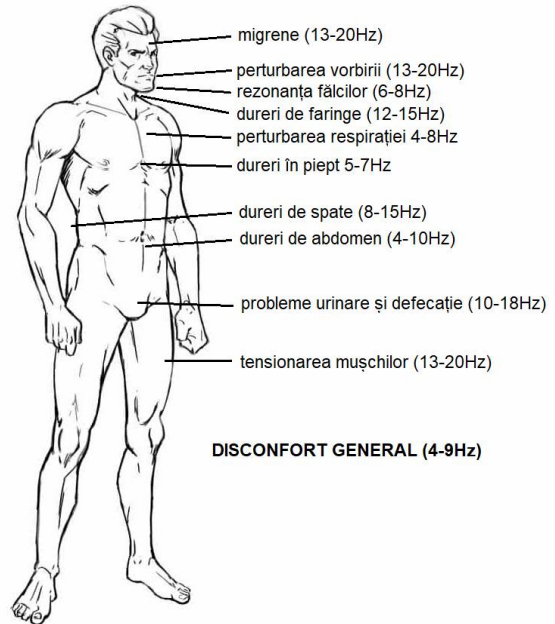


Figura 1.2 Dureri ale diferitelor regiuni/organe în funcție de frecvențele vibrațiilor (după [1])

Căutând studii și cercetări referitoare la acțiunea vibrațiilor și zgomotelor asupra personalului de pe navele fluviale, am constatat că bibliografia este extrem de săracă. Măsurători și experimente s-au făcut în laboratoare și pe vapoarele care navighează pe mări și oceane.

Există prevederi ale Comisiei Europene referitoare la efectele zgomotelor și vibrațiilor asupra oamenilor [31-35], standarde [36-55], precum și reguli ale diferitelor organisme naționale [57] și internaționale (American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Germanischer Lloyd's (GL), Lloyd's Register (LR), Italian Classification Society (RINA), Det Norske Veritas (DNV), International Maritime Organization (IMO), Health and Safety Executive (HSE), etc.).

1.2. Metode de determinare a vibrațiilor transmise omului

1.2.1. Metodă de determinare a accelerației vibrațiilor transmise omului

O apreciere completă a expunerii la vibrații implică măsurarea accelerației pe direcții bine definite, a frecvențelor, cât și a duratei expunerii.

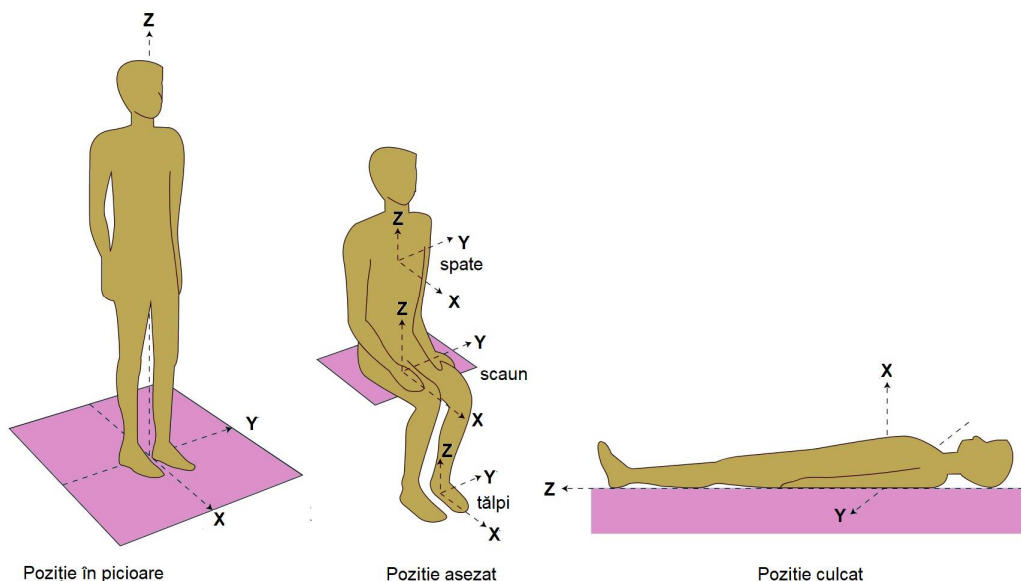


Figura 1.3 Sistemul de coordonate pentru evaluarea vibrației întregului corp (după [58])

Accelerația este măsurată în trei direcții: longitudinal (de la fese până la cap- a_z) și două direcții transversale (dinspre spate spre piept- a_x și dinspre dreapta spre stânga- a_y) (Fig. 1.3). Când vibrațiile apar pe mai multe direcții simultan, efectul asupra confortului și randamentului mișcărilor compuse poate fi mult mai mare decât în cazul vibrațiilor pe o singură direcție. Când accelerațiile pe aceste axe (a_x , a_y , a_z) sunt combinate, accelerația rezultantă se obține prin sumare vectorială. Această accelerație rezultantă poate fi folosită în primul rând pentru comparațiile cu sumele vectoriale ale altor mișcări [58].

În practică, pentru determinarea efectelor expunerii corpului omenesc la vibrații mecanice, se folosește noțiunea de rădăcină pătratică medie a accelerației.

Valoarea rădăcinii pătratice medie a accelerației este rădăcina pătrată a ariei de sub densitatea spectrală a accelerației funcție de curba frecvenței. Pentru a interpreta fizic această valoare trebuie privită rădăcina pătratică medie a accelerației dintr-un alt unghi.

a) Calculul mediei pătratice a accelerației.

Media pătratică a accelerației este media pătratelor accelerațiilor în timp, obținute cu accelerometrul. Valoarea sa este întotdeauna pozitivă.

b) Rădăcina pătratică medie a accelerației este radicalul pătrat al mediei pătratice a accelerației obținută mai sus.

c) Dacă ciclul parcurs de accelerometru este o sinusoidă pură, cu valoarea medie 0, de exemplu o vibrație staționară, rădăcina pătratică medie a accelerației va fi de 0,707 ori valoarea accelerației sinusoidale (dacă s-ar fi folosit doar o medie simplă, atunci media ar fi fost 0).

d) Dacă ciclul parcurs de accelerometru este un ciclu staționar gaussian, rădăcina pătratică medie a accelerației (numită și accelerația σ) este legată de proprietățile statistice ale evoluției accelerației (conform legilor probabilității și ale statisticii):

- 68,3% din timp, evoluția accelerației are pic-uri ce nu depășesc accelerațiile $\pm 1\sigma$
- 95,4% din timp, evoluția accelerației are pic-uri ce nu depășesc accelerațiile $\pm 2\sigma$
- 99,7% din timp, evoluția accelerației are pic-uri ce nu depășesc accelerațiile $\pm 3\sigma$

Din punct de vedere practic, este fizic imposibil să se atingă valori extrem de mari ale lui σ .

1.2.2. Metode de determinare a modului în care se transmit vibrațiile prin corp

Pe navele în marș, marinarii sunt supuși unor mișcări în spațiul tridimensional cu 6 grade de libertate (Fig. 1.4). Toate aceste mișcări pot fi descompuse pe cele 3 axe rectangulare. Majoritatea metodelor utilizează accelerația ca unitate de măsură a expunerii la vibrații, din următoarele motive:

- pentru măsurarea accelerației pe cele trei direcții (Fig. 1.3) există instrumente de măsură,
- măsurarea accelerației poate să ofere informații și despre viteza și amplitudinea vibrației,
- gradul de vătămare este legat de mărimea accelerației.

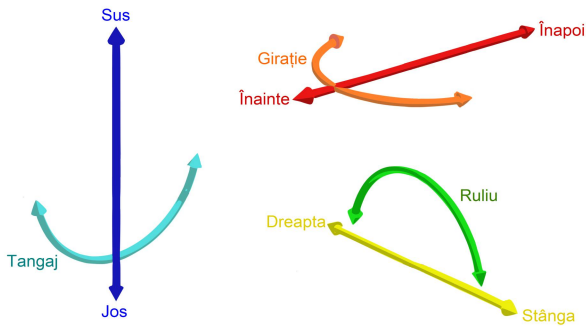


Figura 1.4 Cele șase grade de libertate (după [12])

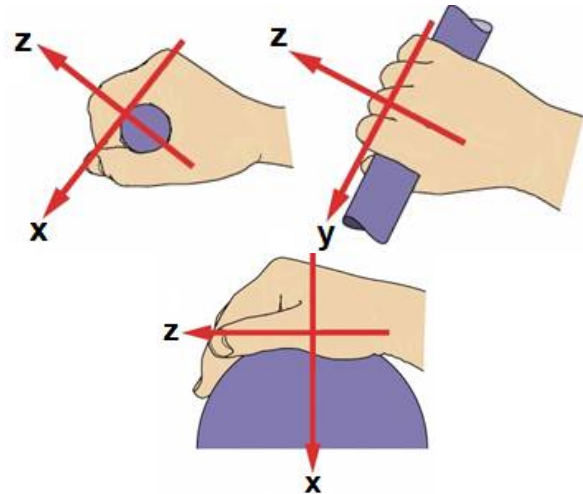


Figura 1.5 Axele de măsurare a vibrațiilor în cazul HAV (după [40])

Felul în care o persoană apucă o unealtă influențează cantitatea de energie a vibrațiilor care intră prin mâini (Fig. 1.5). Forța cu care operatorul strânge o unealtă este un alt factor important pentru stabilirea expunerii corpului la vibrații.

1.3. Expunerea organismului uman la vibrații în mediul ocupațional

S-au comparat efectele asupra organismelor supuse la vibrația întregului corp în cazul șoferilor utilajelor grele cu cele asupra muncitorilor dintr-un mediu similar, dar care n-au fost supuși la vibrații ale întregului corp. Studiile au indicat că problemele spatelui sunt mult mai des întâlnite și mult mai grave în cazul expunerii la vibrații.

A) Expunerea pe termen scurt la vibrații din domeniul 2-20Hz, la 1m/s^2 , duce la apariția următoarelor simptome [61-64]:

- Dureri abdominale,
- Stare generală de disconfort, dureri de cap,
- Dureri ale pieptului și respirație îngreunată,
- Vorbire îngreunată.
- Greață,
- Pierderea echilibrului,
- Contractii ale mușchilor și scăderea preciziei la executarea manevrelor.

B) Expunerea pe termen lung poate duce la apariția unor probleme grave de sănătate, în special probleme ale coloanei vertebrale:

- Hernie de disc,
- Schimbări degenerative în coloană,
- Scolioză lombară,
- Boli ale discurilor intervertebrale,
- Boli degenerative ale coloanei,
- Deplasare de disc,
- Boli ale sistemului gastrointestinal,
- Boli ale sistemului uro-genital.

Răspunsul omului la vibrația întregului corp depinde de frecvența vibrației, de accelerația vibrației și de timpul de expunere [63]. Din cauza evaluării dificile a răspunsului la vibrații și a inconsistenței datelor obținute în urma cercetării, Organizația de Standardizare Internațională, prin ISO 2631/1-1997-2631/5-2004 [36-39] a stabilit *Evaluarea expunerii omului la vibrații ale întregului corp*. Când se folosesc aceste criterii și limite, este important să se țină cont de restricțiile aplicațiilor.

Unele studii indică faptul că standardele nu sunt suficient de joase și că bolile sistemelor muscular și osos apar și în urma expunerii la valori ale vibrațiilor sub nivelul valorilor din standard. Standardul este potrivit doar în cazul oamenilor sănătoși, cu o rutină a vieții normală, care sunt supuși stresului unei zile normale la muncă. Acesta oferă limite numerice pentru expunerea la vibrații transmise de la suprafețe solide către corpul uman, în domeniul de frecvențe 1-80Hz. Standardul se referă la trei nivele diferite de interes: reducerea confortului, scăderea îndemnării datorate oboselii și limitele expunerii.

1.3.1. Determinarea limitelor de expunere a întregului corp la vibrații

Mai multe studii au publicat nivele ale vibrațiilor pentru diferite vehicule folosite în construcții, agricultură și industrie. În literatura de specialitate apar diferite valori ale vibrațiilor care au fost măsurate pe mai multe tipuri de sol, cu vehicule echipate divers, din diferiți ani de fabricație, etc. (Tab. 1.1).

Tab. 1.1 Comparația valorilor vibrațiilor pentru diferite vehicule (după [64])

| Vehicul | Accelații pe direcțiile x, y, z (m/s ²) |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Tractor pe drum pavat | 1,76 – 2,03 |
| Tractor pe câmp | 0,6 |
| Buldozer | 0,4 – 13 |
| Buldozer cu scaun ce absoarbe vibrațiile | 0,43 – 0,80 |
| Buldozer cu scaun standard | 0,52 – 0,64 |
| Macara | 0,4 – 2,3 |
| Excavator | 0,5 – 2,3 |
| Vagon de marfă | 1,0 |
| Elevator | 0,8 |

1.3.2. Criteriile expunerii întregului corp la vibrații

Corpul uman este atât din punct de vedere fizic cât și biologic un „sistem” extrem de complex. Când e privit ca un sistem mecanic se poate considera ca fiind format din „elemente” liniare cât și neliniare, cu proprietăți mecanice destul de diferite de la o persoană la alta. Din punct de vedere biologic situația este mai complicată, mai ales atunci când sunt incluse efectele psihologice [64].

Se consideră corpul uman ca un sistem mecanic pentru care efectul de rezonanță distinct are loc în intervalul 3-6Hz. Este greu de realizat izolarea vibrațiilor ce acționează asupra unei persoane, fie în picioare, fie așezate [65]. De asemenea, s-a constatat că în domeniul 60-90Hz perturbările sunt resimțite la nivelul globului ocular, ceea ce sugerează rezonanța, iar în domeniul 100-200Hz, efectul de rezonanță s-a observat în partea de jos a sistemului mandibulă/cranium.

Peste 80Hz, senzațiile și efectele depind foarte mult de condițiile locale de la punctul de aplicare, de exemplu, direcția, poziția și zona reală spre care este transmisă vibrația, precum și amortizarea în acel punct, cauzat de exemplu de îmbrăcăminte sau de încălțăminte. Acești factori externi influențează puternic răspunsul țesutului superficial afectat de frecvențe mai mari de 80Hz. Astfel, în general nu este posibil, în prezent, să fie specificate criterii în afara domeniului 1-80Hz.

1.3.3. Criteriile expunerii sistemului mână-braț la vibrații

Vibrarea sistemului mână-braț este cea de-a doua zonă mare cu probleme din punctul de vedere al transmiterii vibrațiilor prin corpul uman, ridicând probleme destul de diferite față de vibrarea întregului corp. La bordul navelor sunt destule dispozitive care transmit vibrații sistemului mână-braț. Acestea nu sunt folosite timp îndelungat, dar pot fi considerate generatoare de stres.

Modul de calcul al frecvenței ponderate pentru vibrațiile sistemului mână-braț este dat de standardul ISO 5349. Mâna omului nu este la fel de sensibilă la energia vibrantă pentru toate frecvențele. Sensibilitatea ce mai mare este în jurul valorilor de 8-16Hz. Echipamentul de măsurare ia în considerare și acest factor. Avantajul este atribuirea valorii 1 frecvențelor vibrațiilor la care sistemul mână-braț prezintă cea mai mare sensibilitate.

Accelația de referință este de 1 $\mu\text{m/s}^2$. Când ne referim la nivelul ponderat al accelerației, trebuie indicate frecvența ponderată și timpul ponderat liniar sau exponențial întrebunțate.

Măsurarea vibrațiilor este indicat să se facă pe mai multe axe. Pentru semnale continue sau repetitive se pot face măsurători consecutive pe axele x, y și z, la maximum valorii eficace ponderate a accelerației A_{Wv} . Aceasta ne conduce la o valoare maximă a valorii eficace ponderate a accelerației. Valoarea minimă va fi reprezentată de cea mai mare valoare măsurată pe o singură axă.

1.4. Zgomot – Generalități

Zgomotul (conform DEX) este un sunet sau amestec de sunete discordante, puternice, nocive, care impresionează în mod neplăcut auzul. Este o vibrație acustică care nu are componente bine definite, compusă din frecvențe diferite care se suprapun, este un sunet neregulat și supărător.

Zgomotele iau naștere prin:

- Acțiuni mecanice: lovirea sau frecarea corpurilor;
- Acțiuni aerodinamice: mișcarea aerului prin deschideri cu secțiuni mici (eșaparea gazelor arse, ventilatoare, etc.);
- Acțiuni electromagnetice: motoare rotative sau alternative, datorate forțelor ce apar periodic în rotor sau în stator;

- Acțiuni termice: curenți turbionari în focarele proceselor de ardere, atunci când tirajul este necorespunzător;
- Turbulența lichidelor: frecarea lichidelor de pereții instalațiilor, etc.

Nivelul de intensitate auditivă [phon] este măsurat de om și cum fiecare percepe în felul lui un anumit zgomot, are un caracter subiectiv; din acest motiv se compară sunetul de studiat, de o anumită frecvență, cu un sunet de referință având frecvența standard 1000Hz și intensitatea variabilă. Această intensitate a sunetului de referință se reglează până când subiectul decide că cele două sunete au aceeași tărie auditivă, adică: *Nivelul de intensitate auditivă = Nivelul de intensitate sonoră al sunetului de referință.*

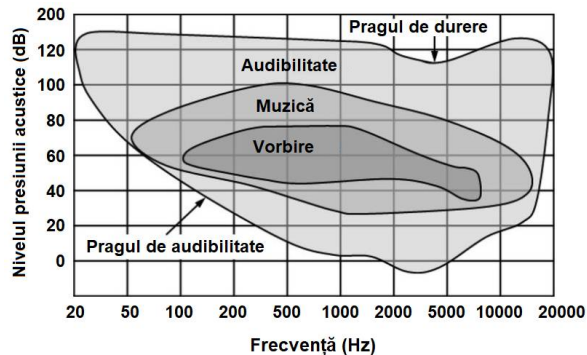


Figura 1.6 Suprafața de audibilitate (după [68])

Astfel se trasează în interiorul suprafeței de audibilitate curbele de egală tărie funcție de frecvență, intensitate sau presiune sonoră, dar, deoarece determinările experimentale în zonele extreme ale domeniului de audibilitate nu sunt foarte exacte, curbele se vor trasa doar între 50 ÷ 5000Hz (Fig. 1.6).

Efectele nocive ale zgomotului pot fi clasificate în:

- Acoperirea sunetelor cu nivel mai scăzut de către un sunet mai intens, care face neinteligibilă vorbirea, sau poate împiedica perceperea unor semnale sonore de interes, perceperea funcționării mașinilor, facilitând astfel producerea de accidente [23, 69-73];

- Oboseala auditivă, care deși este un fenomen trecător, care produce oboseală generală, încetinirea reacțiilor psihice, o diminuare a atenției, excitabilitate crescută, insomnii, reducerea capacității de muncă. Dacă se efectuează o audiogramă, îndată după o expunere la zgomot, se va observa o pierdere a capacității auditive de 14%. Caracteristica acestui efect este dispariția completă a tulburărilor după încetarea perturbației [74-76];

- Surditatea profesională, caracterizată prin leziuni ale elementelor urechii interne, și provocate de munca desfășurată în condiții de zgomot intens pentru un timp îndelungat (întâi prin slăbirea progresivă a auzului, surditatea totală bilaterală poate apare după 10-20 de ani) [77-79]. Scăderea auzului este mai frecventă în banda de 3000 – 6000 Hz, însă audiția este încă posibilă; la o pierdere de 14% subiectul nu își observă surditatea; subiectul are senzația surdității dacă pierderea este mai mare, în special la sunetele înalte și pentru vocea feminină. În ciuda acestor neajunsuri, subiectul își poate duce viața în continuare. Atunci când pierderea auzului ajunge la cca. 23%, se atinge și spectrul vorbirii (400 - 4000Hz).

- Surditatea ca infirmitate este rezultatul acțiunii traumatizante a presiunii aerului, provocată de zgomote foarte puternice sau explozii, ce produc spargerea timpanului sau alte traume ale organelor urechii interne. Pierderea calculată a audibilității este enormă (78%) și atinge și frecvențele vorbirii [80].

Etapele expuse sunt parcurse neregulat și imprevizibil iar evoluția se poate întinde în medie până la 15 ani în funcție de individ.

1.4.1. Evoluția surdității

O scădere importantă senzației auditive se produce, de obicei, în primii ani de expunere, urmând o perioadă de stagnare și apoi o nouă scădere care e mai rapidă și greu de prevăzut. Zgomotele au o influență considerabilă asupra întregului corp. Iată enumerate câteva dintre efecte generale cele mai importante:

- ♦ Dereglări ale funcției diencefalo-hipofizare;
- ♦ Tulburări respiratorii, senzații de constricție toracică, durere la nivelul globilor oculari, greață, vărsături, tinitus, stare de oboseală generală, ca după un efort intens;
- ♦ Zgomotul crește energia consumată pentru un același efort fizic;
- ♦ Scădere în greutate, anemie, hipertensiune arterială, cardiopatie ischemică, etc.;
- ♦ Cercetările au arătat că zgomotul în impulsuri are efecte negative mai mari asupra sistemului nervos și aparatului cardio-vascular, decât zgomotul continuu de frecvențe înalte și medii, cu aceeași intensitate; fenomenul este explicat printr-o dereglare a mecanismelor de coordonare specifice sistemului nervos central;
- ♦ Nivelul productivității muncii este foarte afectat de zgomot. Randamentul operatorilor ce lucrează în zgomot este cu mult mai redus decât al celor ce lucrează în incinte silențioase;
- ♦ Zgomotul reduce atenția și capacitatea de concentrare intelectuală, poate scade eficiența muncii cu 50-60%. Apar tulburări de somn ce produc astfel un cerc vicios;
- ♦ În cazul proceselor automate, este posibil ca să nu se distingă scăderea productivității datorate expunerii la zgomot. Apar, însă, niște tulburări psihice sau mentale la lucrătorii expuși;

♦ Zgomotul afectează activitatea mentală ca un excitant stupefiant, agravând oboseala. Zgomotul poate deveni o obișnuință periculoasă;

♦ Zgomotul poate să constituie o sursă permanentă de accidente datorită faptului că face conversația dificilă în timpul lucrului. O mică eroare de percepere a unui cuvânt poate genera o manevră greșită, ce poate să determine un accident. Măsurile de izolare fonică, care au fost aplicate în unele locuri de muncă cu potențial nociv ridicat, s-au concretizat prin diminuarea numărului accidentelor de muncă.

1.4.2. Mediul de lucru fizic, stresul și sănătatea la locul de muncă

Marea majoritate a studiilor care au examinat relația pericol-stres s-au concentrat aproape exclusiv asupra pericolelor psihosociale [83, 84]; și au tendința să omită trimiterea la examinarea pericolelor de muncă fizică [76, 85, 86]. Există totuși un interes tot mai mare spre cercetarea care examinează interacțiunea dintre caracteristicile mediului de lucru fizic și stresul legat de locul de muncă precum și asocierea acestuia cu bunăstarea muncitorului, cu satisfacția față de muncă și performanță [87, 88].

Este important să recunoaștem că mediul este esențial pentru teoria stresului [89, 90]. Potrivit teoriei stresului, toate sistemele biologice trebuie să se autoregleaze și să se adapteze în contextul condițiilor de mediu mereu în schimbare [91, 92], iar stresul derivă din aprecierile și reacțiile specifice la aceste condiții și/sau la schimbarea condițiilor [89, 90-92].

1.4.3. Mediul de lucru, bunăstarea și performanța lucrătorilor: mecanisme de examinare

O mare parte din cercetarea, în domeniul sănătății și securității la locul de muncă, în ceea ce privește impactul zgomotului asupra sănătății a fost legată de discuțiile referitoare la limitele de expunere la zgomot. Cu toate acestea, este important de observat că zgomotul poate acționa atât ca un stimul fizic cât și psihologic [97]. Prin urmare, este important să se facă distincția între conceptele de "sunet" și "zgomot". Mai precis, "sunetul" este un fapt obiectiv, în timp ce "zgomotul" este în mod tipic definit ca un sunet nedorit și, prin urmare, este considerat un fenomen psihologic perturbator. Prin urmare, atunci când se ia în considerare impactul zgomotului asupra sănătății, este important să se analizeze reacțiile psihologice, precum și nivelurile obiective de expunere [98]. O mare parte din cercetarea impactului zgomotului asupra sănătății a fost examinată în contextul zgomotului industrial (unde nivelul sonor este foarte ridicat) [99].

Un număr tot mai mare de cercetări demonstrează, din ce în ce mai mult, că expunerea la zgomotul ocupațional este legată de o gamă largă de probleme de sănătate, asociându-le mai ales cu problemele de auz. Într-adevăr, în publicul larg, expunerile la niveluri excesive de zgomot au fost asociate cu o serie de rezultate negative, printre care: sănătatea fizică defectuoasă, sănătatea psihică mai slabă [102, 103], calitatea vieții afectate [104] diminuarea dezvoltării limbajului, cunoașterea și învățarea la copii [105, 106].

Relația dintre zgomot și performanță este una dintre cele mai frecvente și intens studiate probleme pentru domeniul psihologiei mediului de lucru fizic. Cu toate acestea, marea majoritate a acestor studii provin din experimentele de laborator și mai puține studiile efectuate pe teren în medii ocupaționale. S-a constatat că influența expunerii la zgomot asupra performanței ocupaționale depinde de o serie de factori: inclusiv natura zgomotului și tipul de sarcină de lucru [75]. Într-adevăr, cercetările sugerează că zgomotele imprevizibile sunt mai influente decât zgomotele previzibile și, în general, impactul zgomotului asupra performanțelor crește cu complexitatea sarcinilor [110].

1.4.4. Zgomot, stres, sănătate și productivitate

Zgomotul este o caracteristică comună a mediului înconjurător și, la rândul său, este un factor de stres comun la locul de muncă. Există dovezi care arată că zgomotul la locul de muncă nu afectează negativ doar bunăstarea și satisfacția lucrătorului față de muncă, ci și performanța și motivația acestuia [8]. Dovezile prezentate sugerează că efectele potențiale ale zgomotului asupra sănătății lucrătorului, bunăstării, satisfacției la locul de muncă și productivității depind de natura și caracteristicile sarcinii pe care o execută. Având în vedere acest lucru, gestionarea zgomotului și a sunetului la locul de muncă nu poate fi privită în mod izolat de contextul social și organizatoric. Adică având în vedere natura sarcinilor care trebuie îndeplinite, structurile și procesele organizatorice, mediul de lucru fizic trebuie conceput să creeze o atmosferă plăcută și prietenoasă care să susțină sănătatea, buna dispoziție și creativitatea lucrătorului astfel încât satisfacția și productivitatea să se maximizeze [108].

1.5 Reglementări privind zgomotul și vibrațiile al locul de muncă

În 1969 Kjaer definea limitele pentru vibrații verticale bazate pe o evaluare vizuală a unui vibrograf și apoi în urma aprecierilor unui grup mic de persoane de pe patru nave, a concluzionat că un rating combinat de zgomot și vibrații oferă un bun indiciu de disconfort, dar metoda a făcut presupuneri despre sensibilitatea umană, la diferite frecvențe și la direcția vibrațiilor (axa) care diferă de concluziile studiilor experimentale de laborator. De asemenea, societățile de clasificare (de exemplu, Bureau Veritas) în anii șaptezeci au propus limite de vibrații pe direcție verticală pe baza propriilor măsurători și experiențe pe nave. Chiar și Organizația Internațională de Standardizare (ISO) are prevederi referitoare la zgomot (metode de măsurare, limite de

expunere, măsuri de reducere a efectelor). Aceste standarde, unde nivelul admisibil este exprimat ca o valoare maximă de pic, singulară, se bazează pe studii și observații, dar nu fac referire la răspunsul corpului uman la vibrații complexe [41, 45, 115-121].

Pe baza standardelor ISO societățile de clasificare (Det Norske Veritas, Lloyd's Register of Shipping, Bureau Veritas, American Bureau of Shipping) au stabilit propriile lor clase de confort, cu interpretări diferite a regulilor ISO. Acestea se aplică, însă, doar la navele noi. Pe măsură ce apar noi aspecte ale efectelor expunerilor la zgomote și vibrații, toate reglementările, care sunt supuse modificărilor periodice, au parte de revizii (completări, schimbări sau adăugiri) [33, 122-139].

La noi, prevederile standardelor internaționale sunt adoptate ca Standard Românesc (SR), Hotărâri de Guvern (HG), Ordine de Ministru (OM), norme și ghiduri de aplicare [55, 140-150].

Capitolul 2. CONSIDERAȚII TEORETICE ASUPRA ZGOMOTULUI ȘI VIBRAȚIILOR TRANSMISE OMULUI

2.1 Caracteristicile undelor

Unda reprezintă procesul de propagare a unei oscilații într-un mediu elastic, în aproape toate punctele sale, imprimându-le acestora o mișcare oscilatorie. În acest mod apar două procese distincte: fiecare particulă se deplasează în jurul poziției de echilibru și deformația se propagă de la o particulă la alta, din cauza acțiunii forțelor elastice exercitate între particulele mediului [151].

2.2 Mărimi caracteristice undelor sonore

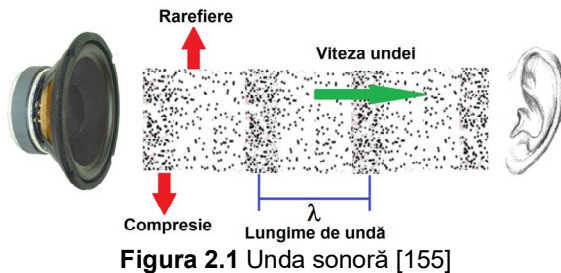


Figura 2.1 Unda sonoră [155]

Termenul de acustică provine de la grecescul ἀκουστικός (acustic) și se referă, în general, la știința sunetelor. Un sunet este o formă de energie; sunetul se deplasează printr-un mediu prin contractarea și extinderea alternativă a părților mediului prin care se deplasează. Această compresie și expansiune creează o diferență de presiune pe care o percepem ca sunet (Fig. 2.1) [155].

Forma de undă este o reprezentare picturală a variației presiunii în aer care se propage ca sunet. Aceste unde sunt alternativ regiuni de înaltă presiune și joasă presiune.

Orice sunet simplu poate fi caracterizat prin:

- înălțime,
- intensitate,
- timbru (calitate).

Aceste caracteristici corespund celor 3 mărimi:

- frecvență,
- amplitudine,
- tipul de undă (tipurile de armonici).

Zgomotul este un sunet complex, un amestec de mai multe frecvențe și armonici. Aceste armonici determină timbrul (calitatea) sunetului.

Urechea umană poate percepe de la șoapte (10dB) până la pragul de durere (140dB). Dacă intensitatea este mai mare decât acest prag, apare surzenia. De exemplu, s-a determinat că pentru un zgomot puternic, o explozie cu 150dB, surzenia care se instalează este imediată și permanentă.

Peste 60 de milioane de muncitori din Europa suferă de dificultăți ale auzului legate de profesie. Pierderea auzului din cauza zgomotului reprezintă o treime din totalul bolilor legate de profesie, situându-se înaintea problemelor de piele și de respirație. Pierderea auzului din cauza zgomotului este provocată de expunerea prelungită la zgomot puternic. Primele simptome: incapacitatea de a auzi sunetele înalte, iar mai târziu: dificultăți de percepție a sunetelor joase. Acestea sunt afecțiuni permanente.

Pierderea auzului și dificultățile de auz sunt cele mai cunoscute efecte adverse, dar nu sunt singurele; mai există și: acufene (sunete deranjante permanente), risc crescut de accidente (împiedică perceperea semnalelor de avertizare sau atragerea atenției), perturbă comunicarea verbală, tulburări psihologice (lipsa concentrării), efecte fiziologice (creșterea presiunii arteriale).

2.3 Mărimi caracteristice vibrațiilor transmise omului

Vibrațiile transmise omului se regăsesc în viața de zi cu zi (în autobuze, trenuri, mașini, etc), sau la locul de muncă (vibrații produse de scule manuale, utilaje sau vehicule grele). Vibrațiile pot fi dăunătoare, atunci când intensitatea, frecvența și timpul de expunere sunt mari.

Cele două tipuri de vibrații întâlnite la locul de muncă sunt: vibrațiile transmise sistemului mână braț (HAV) și vibrațiile transmise întregului corp (WBV).

În ceea ce presupune evaluarea expunerii la vibrații mecanice, se poate spune că acțiunea vibrațiilor poate fi caracterizată de:

- nivelul accelerației (valori eficace);
- conținutul în frecvență (analiză spectrală);
- locul de contact al corpului cu sursa de vibrații (vibrații globale sau vibrații transmise sistemului mână-braț);
- durata totală de expunere [34].

Există mai mulți parametri, care trebuie calculați: *RMS* valoarea „rădăcină pătrată medie” este o măsură statistică a mărimii unui semnal ponderat, *Vârful* este abaterea maximă a semnalului de la linia zero, *Factorul de creștere* este raportul dintre nivelul de vârf al vibrației și valoarea RMS, *VDV* este doza de vibrație, ce exprimă nivelul de vibrație cumulat pe o perioadă de 8 sau 16h, *MSDV* este valoarea dozei ce produce rău de mișcare.

Media pătratică a accelerației este media pătratelor accelerațiilor în timp, măsurate cu accelerometrul; valoarea sa este întotdeauna pozitivă [31, 36]. Rădăcina pătratică medie (r.m.s. \equiv root-mean-square) a accelerației este radicalul pătrat al mediei pătratice a accelerației obținută mai sus.

Vibrațiile transmise omului se măsoară în unități de accelerație $m/s^2_{r.m.s.}$ ponderate pe o octavă sau o treime de octavă, în funcție de intervalul de frecvență de interes.

În vederea determinării efectelor expunerii corpului omenesc la vibrații mecanice, s-a introdus mărimea numită rădăcină pătratică medie a accelerației, care este rădăcina pătrată a ariei de sub densitatea spectrală a accelerației funcție de curba frecvenței.

$$a_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (2.1)$$

unde $a_w(t)$ este accelerația ponderată în funcție de timp și T durata de măsurare.

Vibrațiile se clasifică după valorile gradului lor de percepție: abia perceptibile, perceptibile, puternic perceptibile, supărătoare.

Doza de vibrație este un parametru care combină mărimea vibrațiilor și timpul în care acestea acționează. Valoarea dozei de vibrație (VDV): la evaluarea vibrațiilor intermitente este necesară utilizarea valorii dozei de vibrație, o măsurătoare cumulativă a nivelului de vibrație primit într-o perioadă de 8 ore sau 16 ore. Se preferă să se facă măsurare directă a accelerației, deoarece vibrația poate varia și în multe cazuri este intermitentă. Formulele VDV utilizează accelerația RMS ridicată la puterea a patra și este cunoscută sub numele de metoda root-mean-quad. Această tehnică asigură că VDV este mai sensibilă la vârfurile niveluri de accelerație.

$$VDV = \left(\int_0^T a^4(t) dt \right)^{0,25} \quad (2.2)$$

unde VDV este valoarea dozei de vibrație ($m/s^{1.75}$); $a(t)$ este accelerația ponderată în frecvență (m/s^2); T este perioada totală de măsurare (s).

Valoarea estimată a dozei de vibrație (e_{VDV}): este posibilă estimarea valorii dozei de vibrație folosind o formulă alternativă:

$$e_{VDV} = k \cdot a_{rms} \cdot t^{0,25} \quad (2.3)$$

unde $k=1,4$ pentru factorul de creștere sub 6; (pentru factorul de creștere peste 6, ecuația e_{VDV} poate fi inexactă și această estimare nu trebuie utilizată); a_{rms} este accelerația ponderată RMS (m/s^2); t este timpul total cumulat (s) al evenimentelor (vibrațiilor) sau a perioadei de vibrație [172].

Capitolul 3. FACTORI GENERATORI DE DISCONFORT ȘI BOLI PROFESIONALE PE NAVELE FLUVIALE ȘI ANALIZA LOR CANTITATIVĂ

Munca pe un vapor este dificilă deoarece, pe lângă sarcinile de serviciu pe care le îndeplinesc marinarii, ei sunt obligați să locuiască pe vapor, departe de familie.

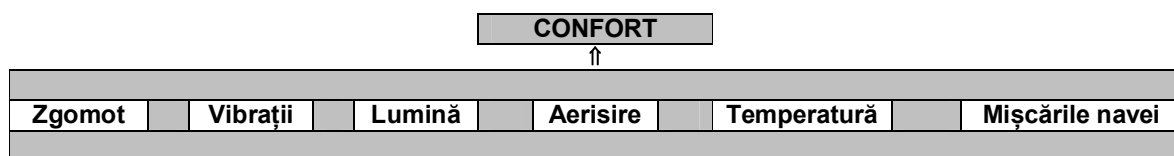


Figura 3.1 O serie de parametri fizici măsurabili care contribuie la confortul personalului navigant

De asemenea, mai trebuie luate în considerare și personalul redus și îmbătrânit, lipsa de intimitate, toate aceste combinate cu o serie de factori fizici conduc la o stare de disconfort și chiar la boli profesionale.

În continuare ne vom referi cu predilecție la zgomot și la vibrații (Fig. 3.1), dar nu vom neglija nici ceilalți parametri fizici și factori psihici care influențează confortul marinarilor.

3.1 Mărimile caracteristice zgomotului ce induc disconfort și boli profesionale pe navele fluviale

Pe nave, ca în orice activitate industrială, există zgomot în permanență. Un motiv foarte important pentru absența programelor de control al zgomotului și de conservare a auzului este faptul că, din păcate, zgomotul este adesea acceptat ca un „rău necesar”, o parte inevitabilă a activității de pe navă.

Zgomotul periculos nu provoacă sângerare, nu rupe oasele, nu produce țesut cu aspect ciudat și, dacă marinarii pot reuși să treacă de primele zile sau săptămâni de expunere, se simt adesea ca și cum „s-au obișnuit” cu zgomotul. Dar ceea ce s-a întâmplat cel mai probabil este că a început să apară o pierdere auditivă temporară, le scade sensibilitatea auditivă în timpul zilei de muncă și adesea dispare în timpul nopții. Astfel, progresul pierderii auzului indus de zgomot este insidios, deoarece crește treptat în decursul lunilor și anilor, în mare parte neobservat până când atinge proporții de handicap.

În condițiile în care echipajele navelor care circulă pe Dunăre sunt deja îmbătrânite, un alt motiv important pentru care pericolele produse de zgomot nu sunt întotdeauna recunoscute este faptul că persoanele cu deficiența de auz sunt stigmatizate, sunt deseori considerate ca fiind în vârstă, lente psihic și, în general, incompetente, iar cei cu risc de a suferi deficiențe sunt reticenți în a recunoaște acest fapt,

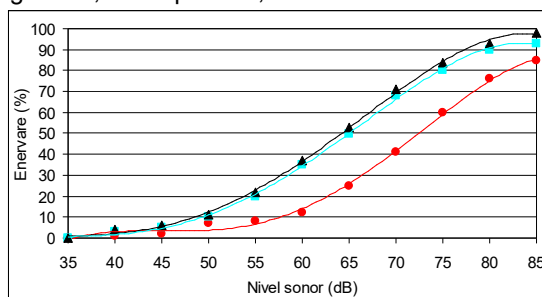


Figura 3.2 Zgomotul conduce la enervarea subiecților (●) – zi; (■) – seară; (▲) – noapte (după [173])

Conform Directivei 2003/10/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 6.02.2003 privind cerințele minime de securitate și sănătate referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de agenți fizici (zgomot) [33], Art. 3 prevede:

“Valori limită de expunere și valori de expunere care declanșează acțiunea:

(1) În sensul prezentei directive, valorile limită de expunere și valorile de expunere care declanșează acțiunea ale nivelurilor zilnice de expunere la zgomot și ale presiunii acustice de vârf sunt stabilite la:

- (a) valori limită de expunere: $L_{EX,8h}=87$ dB(A) și, respectiv, $p_{vârf}=200$ Pa (140dB(C) în rel. cu 20μ Pa);
- (b) valori superioare de expunere care declanșează acțiunea: $L_{EX,8h}=85$ dB(A) și, respectiv, $p_{vârf}= 140$ Pa (137dB(C) în relație cu 20μ P);
- (c) valori inferioare de expunere care declanșează acțiunea: $L_{EX,8h}=80$ dB(A) și, respectiv, $p_{vârf}= 112$ Pa (135dB(C) în relație cu 20μ Pa).

(2) Atunci când se aplică valorile limită de expunere, determinarea expunerii efective a lucrătorului ia în considerare atenuarea asigurată de mijloacele individuale de protecție auditivă purtate de lucrător. Valorile de expunere care declanșează acțiunea nu iau în considerare efectele niciunui astfel de mijloc de protecție.”
Marinarii se pot simți enervați sau iritați de zgomotul de la locul de muncă (Fig. 3.2).

3.2 Mărimile caracteristice vibrațiilor ce induc disconfort și boli profesionale pe navele fluviale

Personalul navigant este supus vibrațiilor transmise de structurile navei, lucru care crează un disconfort permanent. Una dintre mărimile care cauzează marinarilor disconfort și boli profesionale, este magnitudinea unei vibrații, care poate fi cuantificată prin deplasarea, viteza sau accelerația ei (Fig. 3.3).

O altă mărime extrem de importantă care contribuie la starea de nesiguranță, precum și la îmbolnăvirea personalului navigant este frecvența vibrației: efectele vibrațiilor transmise întregului corp (WBV) sunt de obicei cele mai mari la capătul inferior al intervalului de frecvență, de la 0,5 până la 100Hz.

Pentru vibrațiile transmise sistemului mână braț (HAV), frecvențele $\geq 1000\text{Hz}$ pot avea efecte dăunătoare. Frecvențele sub aproximativ 0,5Hz pot cauza așa-numitele „boli de mișcare”.

De mare interes pentru marinari sunt mișcările navei, care pot avea loc pe trei direcții de translație și trei direcții de rotație (Fig. 3.4): Ruliu: mișcarea de oscilație a navei în jurul axei X; Axială (deplasare longitudinală): mișcarea navei de-a lungul axei X; Tangaj: mișcarea de oscilație a navei în jurul axei Y; Derivă (deplasare laterală): mișcarea navei de-a lungul axei Y; Girație: mișcarea de oscilație a navei în jurul axei Z și Deplasare verticală: mișcarea navei de-a lungul axei Z.

Cele care cauzează un disconfort suplimentar pe vapor sunt cele de rotație (ruliu, tangaj și girație) deoarece interferă cu vibrațiile transmise marinarilor.

Răspunsurile umane la vibrații depind de durata totală a expunerii la vibrații; cum marinarii locuiesc o parte din timp chiar pe navă, ei sunt expuși practic tot timpul vibrațiilor.

Vibrațiile pot conduce la creșterea gradului de oboseală a personalului navigant, acesta nemaiputând să rezolve sarcini mai complexe.

Un alt disconfort important apare în cazul mișcării personalului navigant pe vas: în timpul mișcării active naturale, asupra corpului acționează mecanisme de control care sunt reglate constant printr-un feedback suplimentar de la senzorii din mușchi, tendoane și articulații. Vibrația întregului corp provoacă o mișcare artificială pasivă a corpului uman, care este fundamental diferită de vibrația cauzată de locomoție.

Lipsa acestor mecanisme de control în timpul vibrației întregului corp este cea mai distinctă schimbare a funcției fiziologice normale a sistemului neuromuscular. Gama de frecvență mai largă asociată vibrațiilor întregului corp (între 0,5-100Hz) în comparație cu cea pentru mișcarea naturală (între 2-8Hz pentru mișcări voluntare și sub 4Hz pentru locomoție) este o diferență suplimentară care ajută la explicarea reacțiilor mecanismelor de control neuromuscular la frecvențe foarte mici și la frecvențe ridicate.

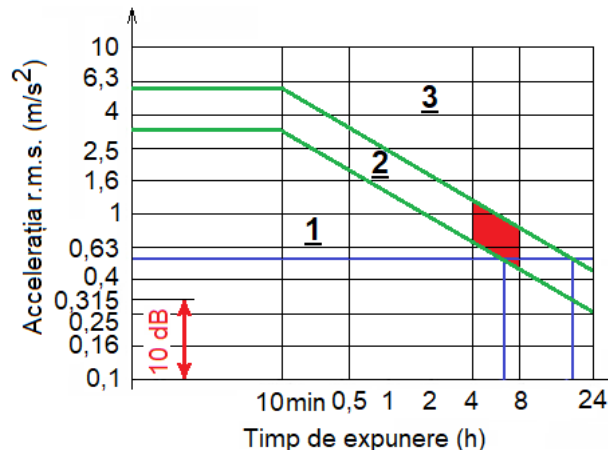


Figura 3.3 Zonele de atenție din indicațiile pentru sănătate:
 (1) – Zonă fără risc; (2) – Zonă cu potențial de risc;
 (3) – Zonă cu risc, (●) – Zonă de atenție (după [36])

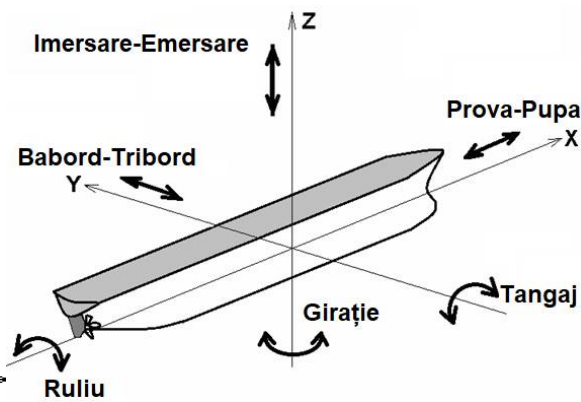


Figura 3.4 Mișcările navei (după [177])

În același timp apare și o creștere a ritmului cardiac, a tensiunii arteriale și a consumului de oxigen, ceea ce sugerează o perturbare a mecanismelor de control a respirației.

La marinari crește riscul de durere la nivelul spatelui; aceasta poate fi o consecință a unei schimbări degenerative primare a vertebrelor și a discurilor.

Criteriile de habitabilitate în ceea ce privește nivelul vibrațiilor pe vapor sunt prezentate în Tabelul 3.1

Tabel 3.1 Criteriile de habitabilitate în funcție de frecvență și de nivelul maximal al radăcinii pătratică medii a accelerației vibrațiilor [125]

| Notăție | Domeniul de frecvențe | Accelerația măsurată | Nivelul maxim RMS | |
|---------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Zona camerelor | Spații de lucru |
| HAB | 1 ÷ 80Hz | a_w | 178 mm/s ² (5,0 mm/s) | 214 mm/s ² (6,0 mm/s) |
| HAB+ | 1 ÷ 80Hz | a_w | 143 mm/s ² (4,0 mm/s) | 178 mm/s ² (5,0 mm/s) |
| HAB++ | 1 ÷ 80Hz | a_w | 107 mm/s ² (3,0 mm/s) | 143 mm/s ² (4,0 mm/s) |

Conform Directivei 2002/44/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 privind cerințele minime de securitate și sănătate referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de agenți fizici (vibrații), Art. 3 prevede: "Valori limită de expunere și valori de expunere care declanșează acțiunea:

(1) Pentru vibrațiile transmise sistemului mână-braț: a) valoarea limită a expunerii zilnice standardizată la o perioadă de referință de 8 ore este de 5m/s^2 ; b) valoarea expunerii zilnice de declanșare a acțiunii standardizată la o perioadă de referință de 8 ore este de $2,5\text{m/s}^2$.

(2) Pentru vibrațiile transmise întregului corp: a) valoarea limită a expunerii zilnice standardizată la o perioadă de referință de 8 ore este de $1,15\text{m/s}^2$ sau, la alegerea statului membru în cauză, o valoare a dozei de vibrații de $21\text{m/s}^{1,75}$; b) valoarea de acțiune a expunerii zilnice de declanșare a acțiunii standardizată la o perioadă de referință de 8 ore este de $0,5\text{m/s}^2$ sau, la alegerea statului membru în cauză, o valoare a dozei de vibrații de $9,1\text{m/s}^{1,75}$."

3.3 Alți parametri care contribuie la starea de disconfort a personalului navigant de pe navele fluviale

3.3.1 Parametri fizici

a) Iluminatul

Pe un vapor este deosebit de important ca iluminatul să fie corespunzător, atât pentru realizarea sarcinilor de serviciu, pentru evitarea accidentelor, cât și pentru confortul personalului navigant.

Pe o navă există o serie de activități specifice; de asemenea, trebuie ținut seama că tot acolo este și cazarea marinarilor. Fiecare activitate necesită un nivel specific de iluminare în zona respectivă și cu cât este mai mare dificultatea percepției vizuale, cu atât nivelul mediu de iluminare ar trebui să fie mai ridicat (Fig. 3.5).

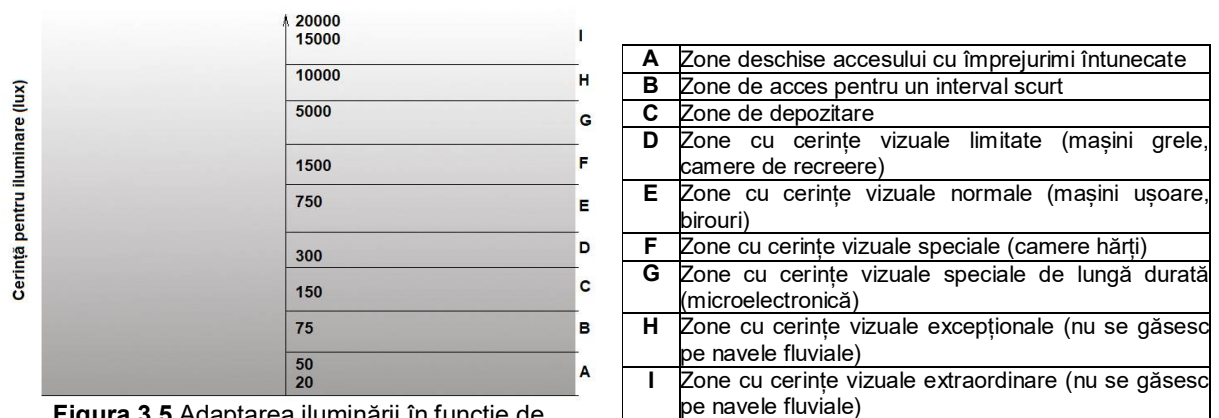


Figura 3.5 Adaptarea iluminării în funcție de dificultatea sarcinilor de pe un vapor (după [179])

Este important să se ia în considerare lumina la locul de muncă nu numai prin criteriile cantitative, ci și prin criteriile calitative: studierea postului de lucru, precizia necesară sarcinilor îndeplinite, cantitatea de muncă, mobilitatea lucrătorului, precum și capacitatea ochiului de a îndeplini sarcina vizuală atât cu viteză, cât și cu exactitate. După cum am mai specificat, echipajele unor nave sunt îmbătrânite și capacitatea vizuală se deteriorează odată cu vârsta personalului, ceea ce face necesară creșterea nivelului de iluminare generală sau secundară a acestuia cu o iluminare localizată (Fig. 3.6).

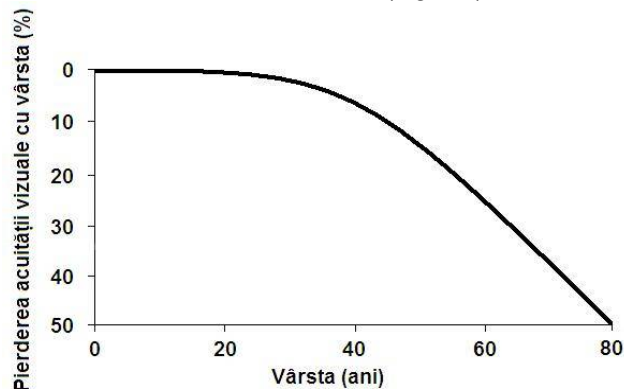


Figura 3.6 Pierderea acuității vizuale odată cu vârsta (după [180])

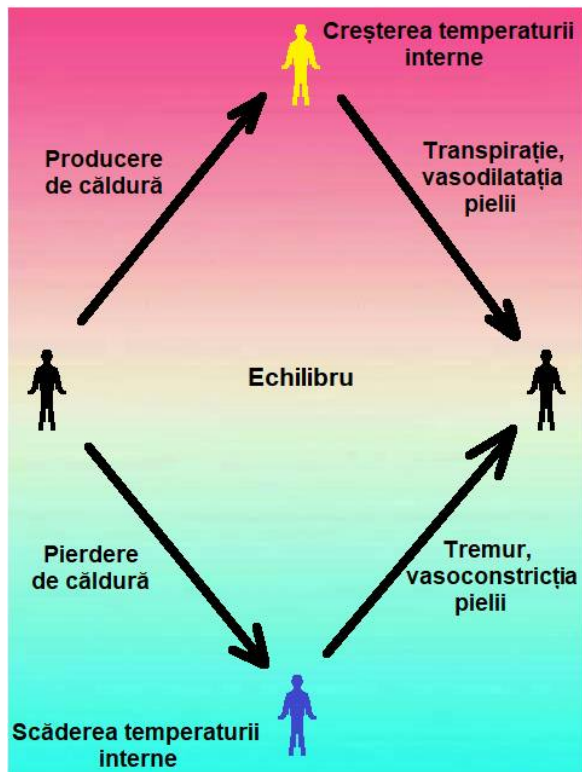


Figura 3.7 Termoreglarea corpului uman (după [181])

b) Temperatura ambiantă (W. Larry Kenney) [181]

Marinarii sunt obligați să muncească în exterior, indiferent de anotimp, de aceea ei se confruntă iarna cu temperaturi extrem de mici, iar vara, cu temperaturi foarte mari.

De departe, cea mai mare sursă de căldură distribuită organismului rezultă din producția metabolică de căldură (Q_1). Chiar și la eficiență mecanică maximă, 75 până la 80% din energia implicată în munca musculară este eliberată sub formă de căldură (Fig. 3.7).

În repaus, o viteză metabolică de 300ml/min O_2 creează o sarcină de căldură de aproximativ 100W. În timpul lucrului în stare de echilibru la un consum de oxigen de 1 l/min, este generată ~350 W de căldură, mai puțin decât orice energie asociată cu munca externă.

În scopul descrierii răspunsurilor fiziologice la căldură și frig, corpul este împărțit în două componente: „miezul” și „cochilia”. Temperatura de bază (T_{corp}) reprezintă temperatura internă a corpului. Temperatura cochiliei este temperatura medie a pielii (T_{piele}). Temperatura medie a corpului (T_{medie}) în orice moment este un echilibru ponderat între aceste temperaturi:

$$T_{medie} = k \cdot T_{corp} + (1 - k) \cdot T_{piele} \quad (3.3)$$

unde factorul de ponderare $k \in (0,67 \div 0,9)$ [181].

c) Ventilație corectă

În instalațiile de ventilație noi care sunt închise ermetic, se întâlnește uneori un fenomen numit „sindrom de clădire strânsă” sau „sindrom de clădire bolnavă”. Atunci când sistemul de circulație nu schimbă suficient de rapid aerul, concentrațiile de substanțe iritante se pot acumula, iar angajații pot avea reacții precum dureri în gât, nasul curgător și ochii plini de apă. Această situație poate provoca reacții severe la indivizii sensibili și poate fi agravată de diverse substanțe chimice emise din surse, cum ar fi izolarea cu spumă, mocheta, adezivii și agenții de curățare.

d) Umiditatea

Dacă factorii de mediu, cum ar fi temperatura și umiditatea relativă sunt ignorați pe o navă, rezultatul va fi că moralul marinarilor, dar și productivitatea vor avea de suferit. Temperatura și umiditatea relativă sunt adesea menționate împreună, deoarece sunt dependente una de cealaltă. „Vântul rece” este termenul dat efectului de răcire al aerului în mișcare.

Așa cum este ilustrat în diagrama de confort (Fig. 3.8), oamenii se simt cel mai bine într-o plajă climatică de la 20÷22°C cu o umiditate relativă a aerului între 40÷60%.

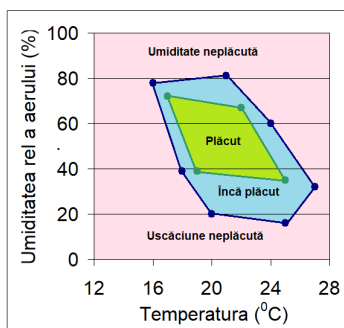


Figura 3.8 Modelul diagramei de confort (după [184])

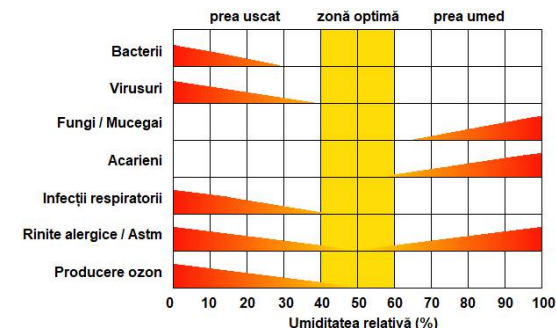


Figura 3.9 Diagrama Sterling-Scofield (după [186])

Din diagrama Sterling-Scofield (Fig. 3.9) se observă că pentru valori mici ale umidității relative a aerului se dezvoltă bacteriile, virusurile și apar infecțiile respiratorii, rinitele alergice și astmul; pentru valori mari ale umidității relative a aerului apar fîngii, mucegaiul și acarienii [185].

3.3.2 Parametri psihici

a) Oboseala

Mulți factori afectează capacitatea unei persoane de a fi atentă și de a rămâne în alertă. Stresul, munca în schimburi, insatisfacțiile afectează performanța și poate pune viețile și proprietățile în pericol. Un factor care are un impact semnificativ asupra performanței umane este oboseala. Oboseala reduce drastic nivelurile de alertă umană și afectează negativ performanța la locul de muncă. Deși oboseala este dificil de definit, ea poate fi generalizată ca „alertă afectată” [187]. Oboseala afectează oamenii în moduri diferite, deși majoritatea oamenilor suferă de scăderea capacității de rezolvare a problemelor; risc crescut de asumare; timpul de reacție întârziat; starea de spirit; incapacitatea de concentrare; neatenție. Raționamentul logic și luarea deciziilor sunt afectate de oboseală și reduc abilitățile fizice umane, cum ar fi forța, viteza, coordonarea și echilibrul. Oboseala poate rezulta din: calitatea somnului; privare de somn; efort fizic/psihic; stres emoțional; întreruperea ritmurilor circadiene; condiție fizică slabă, consumul de medicamente în exces/alcool [1].

b) Ritmul circadian

Corpul uman trece printr-un ciclu de 24 de ore de procese biologice: somnul, trezirea, alimentația, modificările temperaturii corpului și modificarea nivelului hormonal. Acest ciclu se numește ritm circadian și este controlat de ceasul biologic uman. Acest ritm natural de alertă este ilustrat în Fig. 3.10 [187].

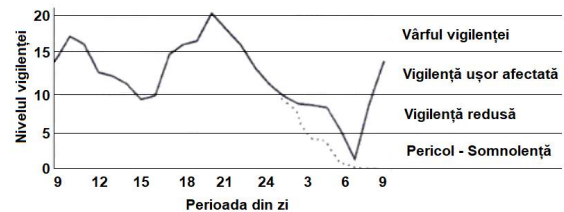


Figura 3.10 Model pentru ritmul circadian uman (după [1])

c) Probleme de somn

S-a stabilit că organismul uman necesită „somn restaurator” pentru a reveni și a fi alert. Somnul restaurator are patru componente:

1. Durata: cerințele individuale sunt unice; minim 7-8h în 24h. Efectele pierderii somnului sunt cumulate (Fig. 3.11 și 3.12).

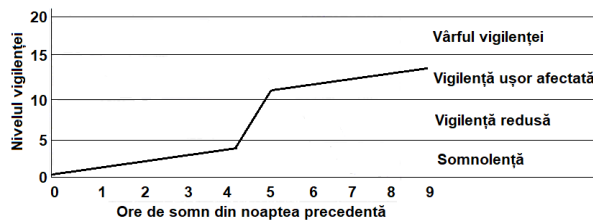


Figura 3.11 Efectele somnului redus asupra nivelurilor de alertă (după [1])

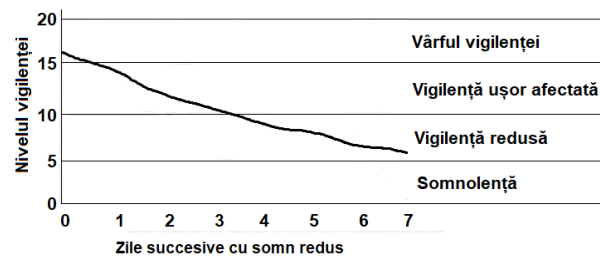


Figura 3.12 Efectele somnului redus timp de o săptămână asupra nivelurilor de alertă (după [1])

2. Continuitate: perioada de somn trebuie să fie neîntreruptă. Cele 5 etape ale somnului - ciclul pe toată perioada somnului sunt prezentate în Fig. 3.13.

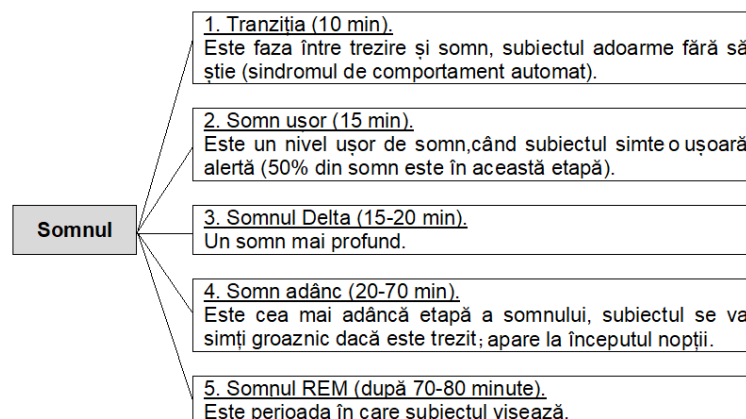


Figura 3.13 Etapele somnului (după [188])

3. Calitate: somn profund; perioada de REM necesară pentru recuperare Fiecare din cele 5 etape de somn (Fig. 3.13) oferă beneficii diferite.

4. Ora de somn: dormitul în timpul zilei nu este la fel de odihnitor ca cel din timpul nopții. Un ciclu întreg durează aproximativ 90 min și se repetă de 4-5 ori pe noapte. Pentru un somn bun sunt necesare 3-5 cicluri de somn neîntrerupt.

d) Parametrii ambientali și sociali

Acești parametri sunt deosebiți pe o navă, deoarece de ei depind răspunsurile personalului navigant (Fig. 3.14).

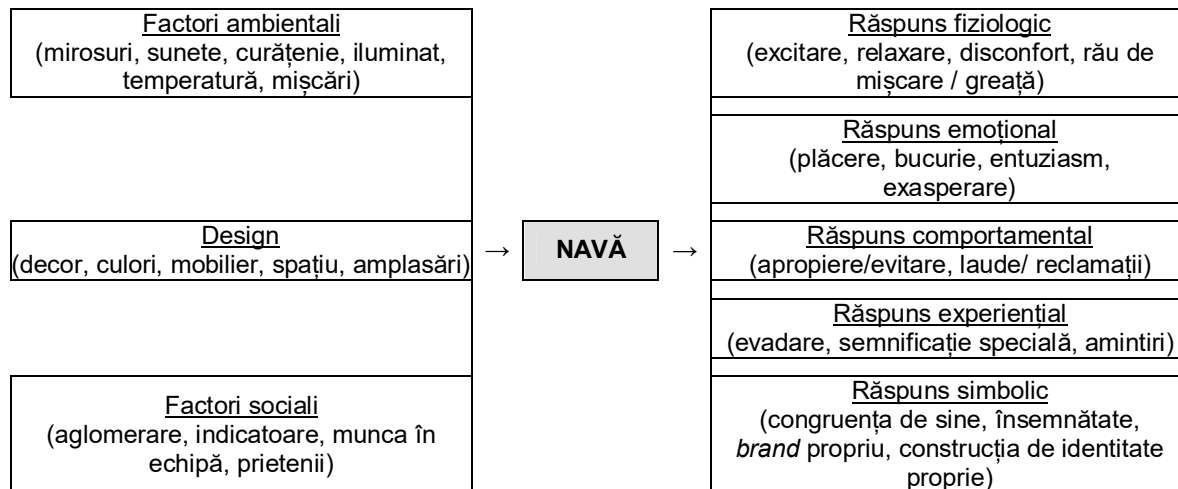


Figura 3.14 Răspunsurile fiziologice, emoționale, comportamentale, experiențiale și simbolice în funcție de factorii ambientali, de design, dar și de cei sociali (după [190])

În acest context, nu trebuie neglijată influența drogurilor ilicite: cafeina, nicotina, efedrina, codeina, benzodiazepinele; acestea separat, dar cel mai adesea combinate, conduc la creșterea pulsului și tensiunii arteriale, dilatarea bronhiilor, creșterea glucozei în sânge, anxietate, dureri de cap, halucinații, pierderea apetitului și inabilitatea de a urina, sedare, greață, vărsături, constipație; în doze mari există riscul de dispnee respiratorie, până la stop respirator.

e) Munca în schimburi

Munca pe un vapor este dificilă și prin prisma faptului că se lucrează în schimburi, deci trebuie foarte bine supravegheat programul marinarilor pentru a nu se instala oboseala; acest fapt asigură buna funcționare a navei, dar și siguranța personalului navigant.

Numărul de ore de lucru pe navă ar trebui să fie:

- 8h/zi, în condiții normale, cu 1 zi de odihnă;
- maxim de 14h/24h;
- maxim de 72h în orice perioadă de 7 zile,
- asigurat minimum 10h de odihnă în orice perioadă de 24h.

Numărul minim de ore de odihnă ar trebui să fie:

- cel puțin 10h în orice perioadă de 24 de ore;
- minim de 77h în orice perioadă de 7 zile.

Unui navigator trebuie să i se acorde o perioadă de odihnă compensatorie în cazul în care i se cere să fie gata de intervenție în timpul orelor de odihnă.

Cu toate acestea, se poate face o excepție de la toate clauzele menționate mai sus, în cazul în care comandantul navei consideră necesar să solicite serviciile unui navigator pentru a menține siguranța navei, în special în caz de urgență. În realitate, lucrurile stau diferit, în special din cauza deficitului de personal.

CAPITOLUL 4. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA VIBRAȚIILOR ȘI ZGOMOTULUI TRANSMISE PERSONALULUI NAVIGANT PE NAVE FLUVIALE PE DUNĂRE

Factorii care contribuie la confortul echipajului la bordul unei nave sunt multipli (de exemplu, mobilierul cabinelor și spațiilor publice, iluminatul, clima interioară, programul de lucru, respectarea orelor de odihnă, mișcările navei, condițiile meteo, etc.); în cazul de față vor fi analizați în principal doi parametri dintre acești parametri: vibrațiile și zgomotul, precum și influența acestora alături de ceilalți factori asupra capacității de muncă a personalului navigant. În acest rezumat sunt prezentate 16 din cele 23 de studii de caz ale tezei, menținând toate situațiile considerate.

Experimentele au fost realizate în:

- A) "Laboratorul interdisciplinar pentru măsurări vibro-acustice în mediul ocupațional" din cadrul Universității "Dunărea de Jos" Galați, laborator realizat în cadrul Planului Național pentru Cercetare-Dezvoltare și Inovare, Programul Capacități,
- B) pe 21 de nave fluviale pe Dunăre (6 împingătoare, 3 remorchere și 3 remorcher-împingătoare, cu sau fără barje, precum și 9 nave de marfă),
- C) au participat 176 subiecți, din care 89 marinari.

Echipamentele folosite în experimente au fost:

a) Pentru măsurarea vibrațiilor: Sistem complex de măsurare și analiză a vibrațiilor transmise omului NetdB, Software de comandă a achiziției și post-procesare date dBFA Suite, Accelerometre triaxiale 356A16 PCB Piezotronics, Vibrometru Maestro 01dB, Aparat de monitorizat vibrațiile VIBROTIP, Aparat de măsurat vibrații cu stetoscop și soft EXAMINER 1000, Generator de semnal Agilent 33220A, Analizor de semnal Agilent 35670A, Excitator de vibrații Brüel & Kjær 4827.

b) Pentru măsurarea zgomotului: Generatorul de unde Agilent 33220A, Analizorul de unde Agilent 35670, Software CadnaA, Microfoane (01dB-Metravib), dBTRAIT Software de procesare date, Dozimetru cu 10 puncte de lucru.

Fiecare participant a fost solicitat să completeze un chestionar de screening pentru sănătate, să dea consimțământul scris pentru teste și a fost instruit în scris cu privire la experiment. Participanții au fost informați că pot abandona experimentul în orice moment, din orice motiv.

4.1 Metode de analiză a vibrațiilor și zgomotelor în laborator

4.1.1 Metode de determinare a vibrațiilor transmise întregului corp (WBV) în laborator

Studiu de caz I [191] Mărimea vibrației întregului corp este valoarea accelerației ponderate în frecvență cea mai mare pe cele trei axe ortogonale.

Înainte de orice calcul trebuie măsurat cu precizie timpul în care un muncitor este plasat într-un câmp vibrant, deoarece s-a constatat că acest timp este supraestimat; este important de știut dacă acțiunea aceluia câmp este continuă sau intermitentă.

În vederea studierii efectului vibrațiilor vapoarelor asupra navigatorilor au fost făcute experimente în laborator. Instalația experimentală este alcătuită din: excitator de vibrații, Brüel & Kjær, sistemul de alimentare al excitatorului Brüel & Kjær, generator de semnal 33220A Agilent, accelerometre triaxiale tip 356A16, unitatea de achiziție pentru 12 canale, NetdB, software de prelucrare date dBFA Suite.

Există mai multe metode de calcul a expunerii zilnice, unele care fac calculul direct pe internet, altele care folosesc diagrame, nomograme, sistemul punctelor de expunere [32].

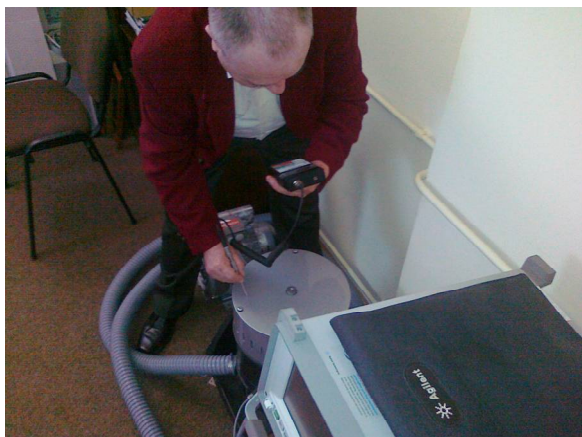


Figura 4.1 Analiza vibrațiilor transmise de un sistem vibrant cu EXAMINER 1000



Figura 4.2 Analiza vibrațiilor transmise de un sistem vibrant cu VIBROTIP



Figura 4.3 Subiect pe sistemul vibrant cu accelerometrele prinse de picior, gleznă și genunchi

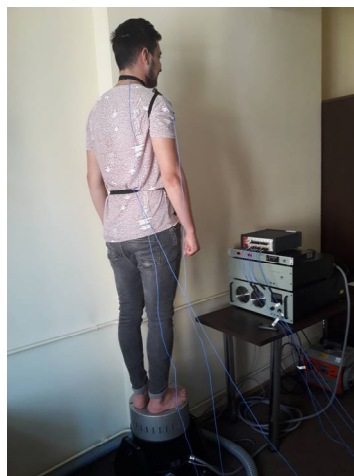


Figura 4.4 Subiect pe sistemul vibrant cu accelerometrele prinse de lombară, cervicală, umăr



Figura 4.5 Subiect pe placă pe sistemul vibrant cu accelerometrele prinse de gleznă, genunchi și șold



Figura 4.6 Subiect pe placă pe sistemul vibrant cu accelerometrele prinse de coapsă și șold



Figura 4.7 Subiect șezând pe sistemul vibrant cu accelerometrele pe pulpă, genunchi, coapsă și șold



Figura 4.8 Subiect șezând pe placă pe sistemul vibrant cu accelerometrul prins pe frunte

În vederea exemplificării acestor metode au fost folosite date reale: vibrațiile transmise subiecților de anumite echipamente au fost reproduse în laborator, prin intermediul plăcii vibrante plasate deasupra generatorului de vibrații (Fig. 4.1 și 4.2); accelerometrele au fost montate pe diferite părți ale corpului subiectului (Fig. 4.3÷4.8). Pozițiile de lucru au fost: subiect plasat pe excitaor, în picioare și subiect plasat pe excitaor, în poziția așezat; subiecții au fost plasați pe vibrator și încălțați și desculți.

Se calculează expunerea zilnică pentru un subiect expus vibrațiilor în 2 zile diferite:

- În prima zi, subiectul a fost supus vibrațiilor astfel:
- | | |
|--|---------------------------------|
| | 1) În picioare: $T_1=1h\ 30min$ |
| | 2) Stând jos: $T_2=5h\ 30min$ |
- Vibrațiile transmise subiectului sunt:
- | |
|---------------------------------------------------------------|
| i) axa x: $0,6m/s^2$; axa y: $0,4m/s^2$; axa z: $1m/s^2$ |
| ii) axa x: $0,3m/s^2$; axa y: $0,5m/s^2$; axa z: $0,6m/s^2$ |

- În a 2- zi, subiectul a fost supus vibrațiilor astfel:
- | | |
|--|---------------------------------|
| | 3) În picioare: $T_3=1h\ 45min$ |
| | 4) Stând jos: $T_4=6h$ |
- Vibrațiile transmise subiectului sunt:
- | |
|----------------------------------------------------------------|
| iii) axa x: $0,5m/s^2$; axa y: $0,5m/s^2$; axa z: $1,1m/s^2$ |
| iv) axa x: $0,2m/s^2$; axa y: $0,4m/s^2$; axa z: $0,44m/s^2$ |

A fost făcut calculul expunerii zilnice folosind mai multe metode: Calculul expunerii zilnice folosind expunerile parțiale la vibrații și durata fiecărei surse; Calculul expunerii zilnice folosind Valoarea Dozei de Vibrație (VDV); Graficul expunerii zilnice; Sistemul punctelor de expunere; Nomograma expunerii zilnice și Metode care folosesc internetul. Prezentăm aici doar ultima metodă:

Pentru a evalua rapid și exact gradul de expunere la WBV, a fost folosit "Calculatorul expunerii vibrațiilor transmise întregului corp" (Whole body vibration calculator [229]). În acest calculator se introduc descrierea operației, mărimea vibrației și durata de expunere, timpul de atingere EAV ($2,5m/s^2$) și timpul de atingere ELV ($5m/s^2$), precum și expunerea parțială (în m/s^2 și puncte). În acest mod se poate afla rapid expunerea zilnică (în m/s^2 și puncte). Pentru situațiile considerate, calculul este prezentat în fig. 4.9.

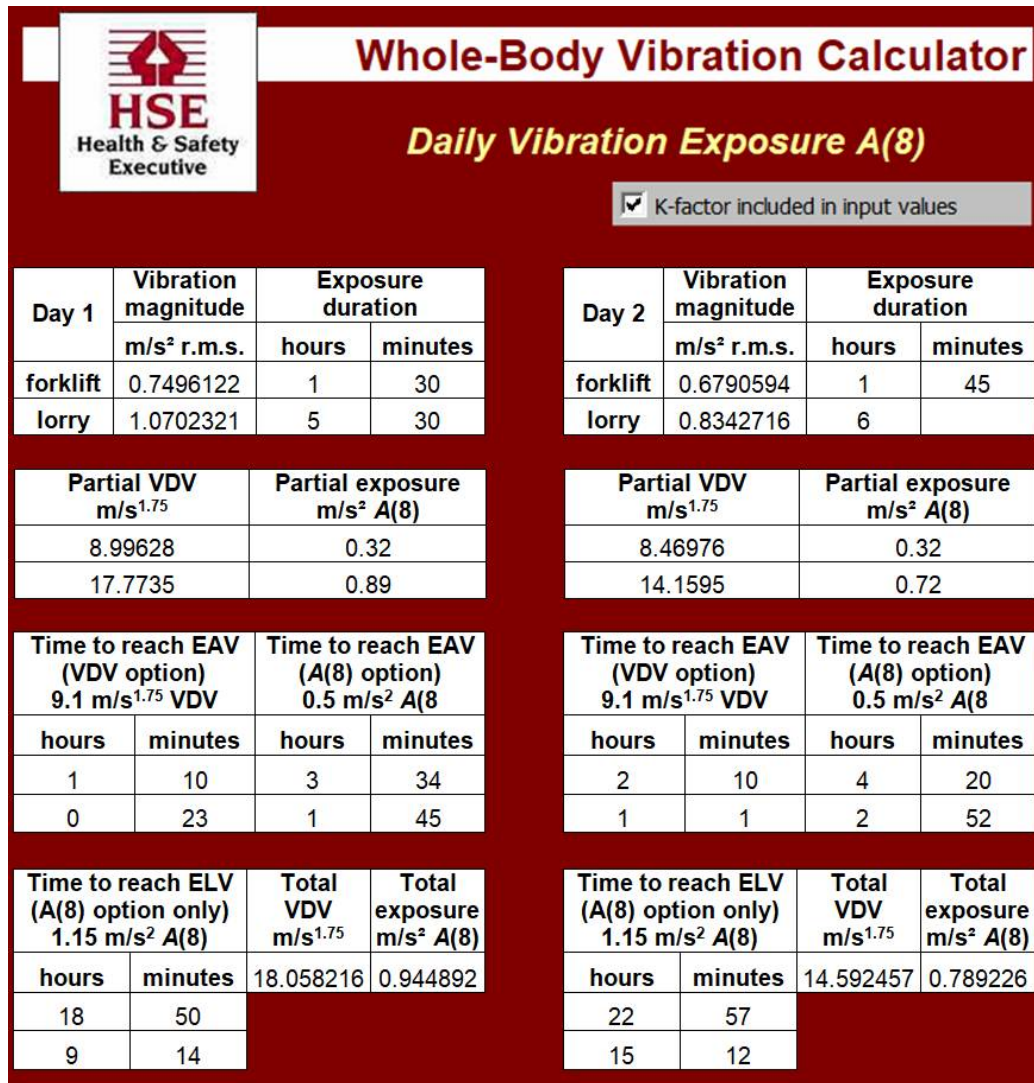


Figura 4.9 Calculator WBV pentru ziua 1 și ziua 2

Cea mai rapidă, completă și corectă metodă este Whole body vibration calculator, deoarece oferă calculele automat pentru toate mărimile care caracterizează WBV.

4.1.2 Metode de determinare a vibrațiilor transmise sistemului mână-braț (HAV) în laborator

Uniunea Europeană a emis Directiva 2002/44/CE privind cerințele minime de sănătate și siguranță privind expunerea lucrătorilor la riscurile care decurg din agenții fizici (vibrații), prin care au fost introduse limitele de transmitere a vibrațiilor spre sistemul mână-braț:

- valoarea expunerii zilnice de declanșare a acțiunii (EAV) standardizată la o perioadă de referință de 8h este de 2,5 m/s².
- valoarea limită a expunerii zilnice (ELV) standardizată la o perioadă de referință de opt ore este de 5 m/s².



Figura 4.10 Accelerometrul plasat pe degetul mare

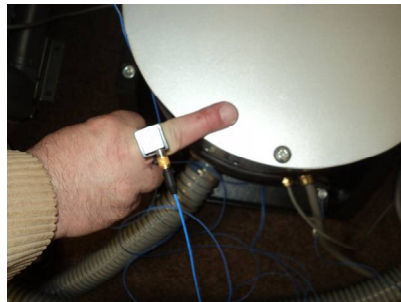


Figura 4.11 Accelerometrul plasat pe degetul mijlociu



Figura 4.12 Accelerometre montate pe degetul mare și frunte



Figura 4.13 Accelerometre pe degetul mijlociu, încheietură, antebraț, cot



Figura 4.14 Subiect pe sistemul vibrant cu accelerometrele prinse de mână, umăr, cervicală și frunte

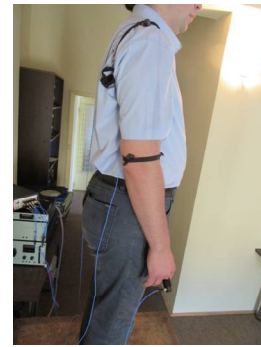


Figura 4.15 Subiect pe placă pe sistemul vibrant cu accelerometrele prinse de deget, cot și umăr

Ambele valori sunt valori A(8), ceea ce înseamnă că sunt valori medii ale vibrațiilor pe parcursul unei zile lucrătoare de 8 ore.

Instalația experimentală este asemănătoare celei folosite la studiul WBV.

Analiza a fost făcută cu Sistemul complex de măsurare și analiză a vibrațiilor transmise omului NetdB. Datele au fost prelucrate cu software-ul de comandă a achiziției și post-procesare date dBFA Suite. Pozițiile de lucru sunt prezentate în Fig. 4.10-4.15.

Studiu de caz II [202] Înainte de orice calcul trebuie măsurat cu precizie timpul în care un muncitor lucrează cu un sistem vibrant, deoarece s-a constatat că acest timp este supraestimat; este important de știut dacă folosirea aceluși echipament este continuă sau intermitentă.

În cazul HAV, cele mai importante frecvențe ale echipamentelor sunt cuprinse între aproximativ 8÷1000Hz. Dar bolile cauzate de vibrații nu apar la toate frecvențele, de aceea se folosește frecvența ponderată, deoarece se s-a constatat că accelerația ponderată scade cu creșterea frecvenței. În acest caz, există o singură curbă de ponderare a frecvenței și doar aceasta este utilizată pentru toate cele trei axe.

Valoarea totală a accelerației ponderate în frecvență (a_{hv}) este dată de rădăcina sumei de pătrate ale accelerației ponderate în frecvență de pe cele trei axe ortogonale, x, y și z ($a_{hvx/y/z}$):

$$a_{hv} = (a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{h vz}^2)^{1/2} \quad (4.9)$$

Există mai multe metode de calcul a expunerii zilnice, unele care fac calculul direct pe internet, altele care folosesc diagrame, nomograme, sistemul punctelor de expunere [32].

Se va calcula expunerea zilnică pentru un subiect expus vibrațiilor în 2 zile diferite:

► În prima zi subiectul a fost supus vibrațiilor astfel:

- 1) Caz 1: $a_{hv1}=3,8 \text{ m/s}^2$: $T_1=1\text{h } 45\text{min}$
- 2) Caz 2: $a_{hv2}=2,9 \text{ m/s}^2$: $T_2=1 \text{ h și } 15 \text{ min}$
- 3) Caz 3: $a_{hv3}=8,4 \text{ m/s}^2$: $T_3=20 \text{ min}$

►► În a 2-a zi subiectul a fost supus vibrațiilor astfel:

- 4) Caz 4: $a_{hv4}=4,6 \text{ m/s}^2$: $T_4=1\text{h } 30\text{min}$
- 5) Caz 5: $a_{hv5}=3,5 \text{ m/s}^2$: $T_5=1\text{h}$
- 6) Caz 6: $a_{hv6}=15,5 \text{ m/s}^2$: $T_6=15\text{min}$

A fost făcut calculul expunerii zilnice folosind șapte metode: Calculul expunerii zilnice folosind expunerile parțiale la vibrații și durata fiecărei surse, Sistemul "semafor", Graficul expunerii zilnice, Sistemul punctelor de expunere, Nomograma expunerii zilnice, Calculul expunerii zilnice folosind punctele de expunere și Metode care folosesc internetul. Prezentăm aici doar ultima metodă.

Pentru a evalua rapid și exact gradul de expunere la HAV, a fost folosit "Calculatorul expunerii vibrațiilor mâna-braț" (calculator HAV Health & Safety Executive [246]). În acest calculator se introduc numele proceselor/sculelor, mărimea vibrației și timpul de expunere și el va calcula punctele de expunere/h, timpul de atingere a EAV ($2,5 \text{ m/s}^2$) și timpul de atingere a ELV (5 m/s^2), precum și expunerea parțială (în m/s^2 și puncte). În acest mod se poate afla rapid expunerea zilnică (în m/s^2 și puncte) și în plus avertizează dacă sunt depășite EAV sau ELV. Pentru situațiile considerate, calculul este prezentat în fig. 4.16 și 4.17.

Se observă în partea de jos a fig. 4.16 și 4.17: **WARNING!** În prima zi, expunerea zilnică a fost depășită cu $0,2 \text{ m/s}^2$ și expunerea totală cu 19 puncte, iar în a 2-a zi cu $1,1 \text{ m/s}^2$, respectiv cu 109 puncte.

În plus, pe lângă mărimile analizate până acum (expunere parțială și expunere zilnică), din fig. 4.16 și 4.17 se mai văd și valorile pentru Timpul de atingere EAV $2,5\text{m/s}^2$ A(8) și Timpul de atingere ELV 5m/s^2 A(8), pentru fiecare caz și pentru fiecare zi.

În concluzie, cea mai rapidă și precisă metodă este cea care folosește internetul: "Hand-arm vibration exposure calculator", deoarece oferă instantaneu toate mărimile de interes calculate automat.

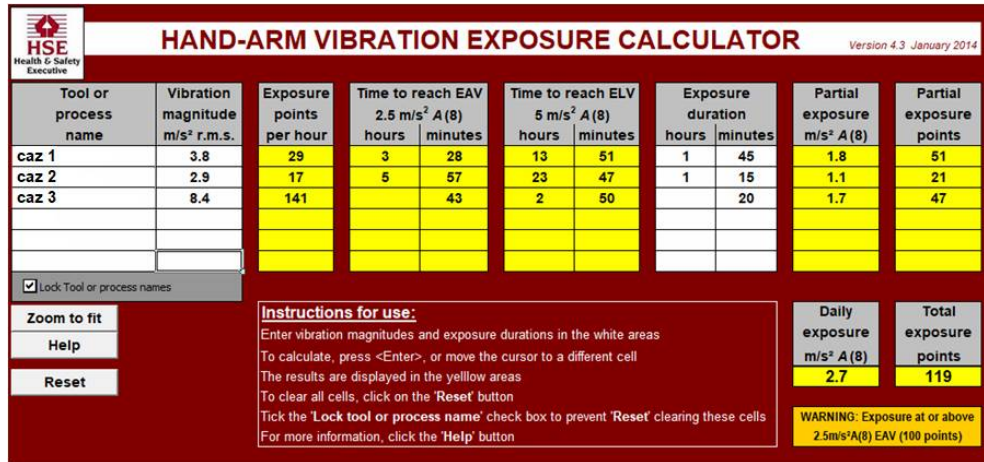


Figura 4.16 Calculator HAV pentru ziua 1

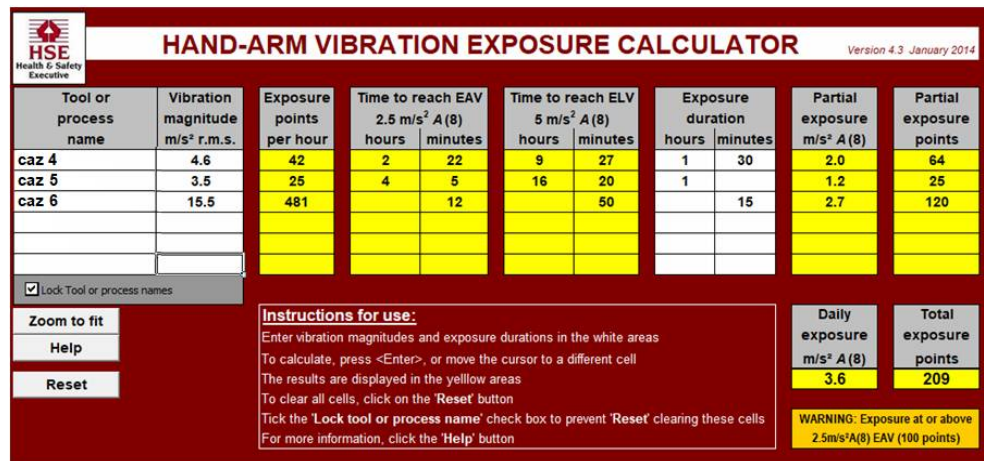


Figura 4.17 Calculator HAV pentru ziua 2

4.1.3 Metode de determinare a zgomotului în laborator

Studiu de caz III [203] Zgomotul este un sunet obositor, enervant și care ne supără; totuși zgomotul nu poate fi definit cu exactitate; de exemplu ceea ce pentru unii constituie zgomot, pentru alții este muzică frumoasă. Zgomotul are o serie de definiții, din care cele mai multe sunt subiective. Cea mai obiectivă analiză a zgomotului se poate face folosind mărimi fizice măsurabile (frecvența, amplitudinea, presiunea sonoră, timpul de acțiune). În plus față de aceste mărimi, mai trebuie studiată și reacția persoanei la un zgomot: cât de bine îl cunoaște, cât de necesar este, cât de departe/aproape se află față de sursă, cât timp trebuie să-l suporte, ce are de făcut în acest timp (să studieze, să doarmă, etc). Alți factori care sunt deosebit de importanți în perceperea zgomotului sunt: vârsta persoanei, starea sa de sănătate și nivelul de studii [204].



Figura 4.18 Determinări experimentale cu sonometrul BlueSolo

În acest studiu este analizat zgomotul produs de 2 surse. La măsurarea cu sonometrul BlueSolo (Fig. 4.18) s-au obținut pentru cele 2 surse valorile de 85.3dB și 96.1dB; în continuare se vor calcula mărimile acustice specifice prin 8 metode.

Partea I – Cele 2 surse funcționează simultan

În această situație au fost folosite mai multe metode: 1) Estimarea nivelului de zgomot combinat a două surse acustice; 2) Calculator pentru sumarea logaritmică a 2 nivele sonore, 3) Calculator pentru sumarea a 2 nivele sonore când se ia în considerare distanța; 4) Calculator pentru sumarea a 2 nivele sonore când se ia în considerare distanța și directivitatea sursei.

Partea a II-a – Cele 2 surse funcționează consecutiv


Și în această situație au fost folosite mai multe metode: 5) Calculul expunerii zilnice și săptămânale la zgomot (ready-reckoner); 6) Calculator de expunere zilnică la zgomot și Calculator de expunere săptămânală la zgomot (HSE).

a) Calculator de expunere zilnică la zgomot

În Tabelul 4.1 se înscriu valorile nivelului sonor măsurate cu sonometrul, precum și timpul de expunere pentru fiecare task. În acest fel se vor obține punctele de expunere (job/task), punctele de expunere/h și expunerea zilnică la zgomot (în dB și număr de puncte). "Minimul pentru EAV este 80dBA și o presiune sonoră maximă de 135dBC \approx L_{Cpeak} (corespunde la 32 de puncte de expunere). Maximul pentru EAV este 85 dBA și o presiune sonoră maximă de 137dBC \approx L_{Cpeak} (corespunde la 100 de puncte de expunere)" [197].

Valorile limită de expunere: L_{EX,8h}=87dB(A) și p_{peak}=140dB(C) în raport cu 20 μPa [215].


Tabel 4.1 Calculator de expunere zilnică la zgomot [210]

|  | Noise Level (L _{Aeq} dB) | Exposure duration (hours) | Exposure points (job/task) | Exposure points per hour |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Job / task 1 | 85,3 | 4 | 54 | 13 |
| Job / task 2 | 96,1 | 4 | 644 | 161 |
| | Total duration | 8 | | |
| | Daily noise exposure (L_{EP,d}) | | 93 dB | 698 points |

b) Calculator de expunere săptămânală la zgomot

În Tabelul 4.2 sunt înscrise toate valorile zilnice ale expunerii. Calculatorul va da valoarea de expunere săptămânală la zgomot [210].

Tabel 4.2 Calculator de expunere săptămânală la zgomot

|  | Daily exposure (L _{EP,d} dB) | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| | Ziua 1 | 90,4 |
| | Ziua 2 | 92,2 |
| | Ziua 3 | 94,1 |
| | Ziua 4 | 93,2 |
| | Ziua 5 | 91,4 |
| | Ziua 6 | 89,6 |
| | Ziua 7 | - |
| | L_{EP,w} | 93dB |

Se vede că în ambele cazuri (expunere zilnică și săptămânală) valoarea calculată este 93dB, mai mare decât valoarea limită a expunerii. Din acest motiv sunt necesare protectoarele de urechi. Purtarea acestora se bazează pe valoarea numărului unic de evaluare (SNR) care este furnizat de producător (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Alegerea protectoarelor de urechi după SNR

| Nivel de zgomot ponderat A | Selectarea protectoarelor de urechi după SNR echipamentului |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 85-90 | 20 sau mai puțin |
| 90-95 | 20-30 |
| 95-100 | 25-35 |
| 100-105 | 30 sau mai mult |

Partea a III-a – Sonometrie

Metoda 7) Analiza grafică a unui sunet complex

Sonometria este studiul comparat al sunetelor cu ajutorul sonometrului. O sonogramă este o reprezentare grafică a unui sunet complex pe o anumită perioadă de timp. Ea conține 3 parametri: nivelul sonor, frecvența și timpul. În partea din stânga sus este redat spectrul de frecvențe la un anumit moment. În partea din dreapta jos este reprezentată evoluția în timp a nivelului sonor pentru o frecvență dată.

În Fig. 4.19 este prezentată sonograma zgomotului măsurat (dreapta sus). Cursele sunt plasate la 63Hz și minutul 1 (25,66dB(A)). În primul minut, spectrul de frecvență (stânga sus) arată un maxim de 93,17dB(A) la 2500Hz. Nivelul sonor L_{eq} are un maxim de 33,36dB(A) la 6min 57s din graficul evoluției în timp (dreapta jos) pentru 63Hz.

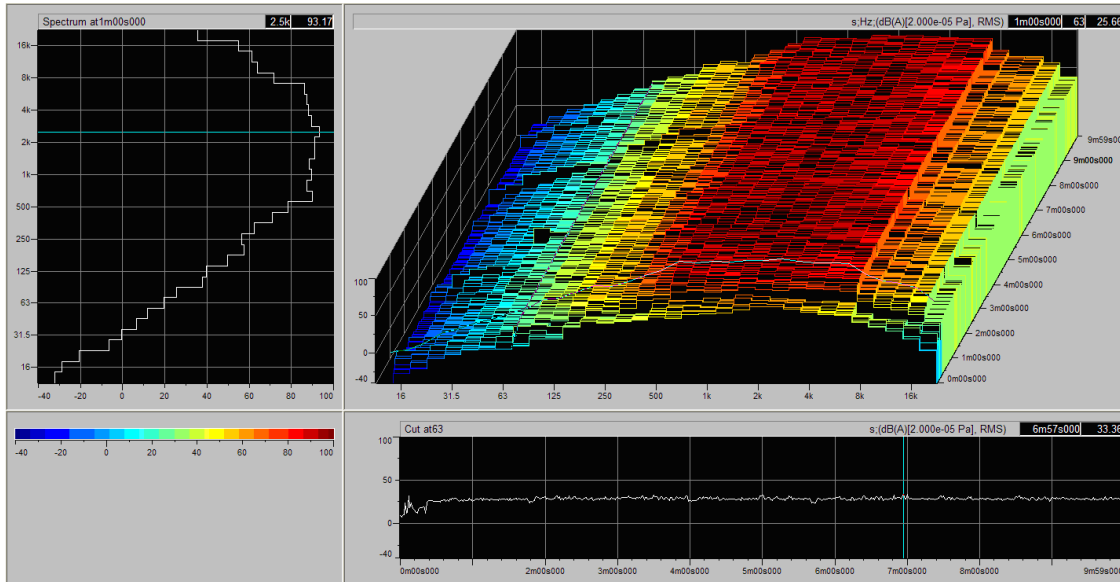


Figura 4.19 Analiza sunetului (distribuția frecvenței, sonograma și evoluția în timp a nivelului sonor)

Partea a IV-a – Dozimetrie

Metoda 8) Calculul dozei de zgomot

Doza de zgomot este expunerea totală la zgomot normalizată pentru o zi lucrătoare de 8 ore. Nivelul sonor pentru 8 ore este cunoscut sub denumirea de expunere personală zilnică la zgomot $L_{EP,d}$ sau $L_{EX,8h}$. Doza de zgomot pentru întreaga durată de măsurare a expunerii sonore se notează cu E ($Pa^2 \cdot h$). Pentru o perioadă dată de timp, o creștere a nivelului de presiune sonoră cu 10 dB(A) corespunde unei multiplicări de zece ori a dozei de zgomot ($1 Pa^2 \cdot h = 100\%$ doză de zgomot = $85L_{Aeq(8h)} = 85$ dBA timp de 8 ore). Acesta se numește "Criterion level" [197, 216].

Un dozimetru de zgomot este un dispozitiv mic și ușor care se fixează pe centura unei persoane cu un microfon mic care se fixează pe gulerul persoanei, aproape de o ureche (Fig. 4.20). Dozimetru stochează informațiile privind nivelul de zgomot și efectuează un proces de mediere.

Pentru a studia nivelul sonor s-au folosit dozimetrele CR110A de la Cirrus, prinse pe umăr în apropierea urechii. După măsurători datele colectate au fost descărcate și prelucrate cu software-ul dBLink 3. Figura 4.21 conține 7 minute din măsurătorile făcute în sală. Evoluția în timp a nivelului zgomotului (în perioada prezentată) arată și două peak-uri apărute în funcționarea sursei (116,1 și 117,5dB).

În concluzie, în acest studiu a fost analizat zgomotul produs de 2 surse (cu nivelul sonor de 85.3dB, respectiv de 96.1dB) prin 8 metode împărțite în 4 categorii: Partea I - Cele 2 surse funcționează simultan; Partea II - Cele 2 surse funcționează consecutiv; Partea a III-a – Sonometrie; Partea a IV-a – Dozimetrie.



Figura 4.20 Dozimetru CR110A

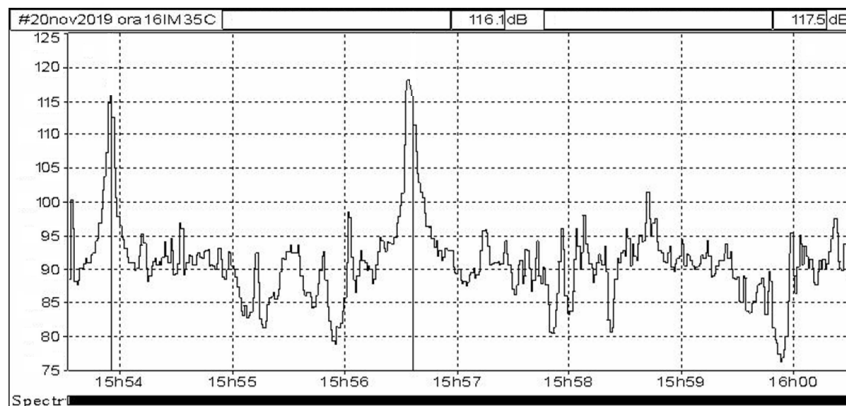


Figura 4.21 Evoluția în timp a nivelului zgomotului din sală (în perioada prezentată)

În Partea I zgomotul a fost studiat în 4 metode:

1. Estimarea nivelului de zgomot combinat a două surse acustice. În acest caz au fost făcute calculele clasic, după ecuațiile indicate de legislația actuală. Rezultatul este 96.4469 dB. În următoarele 3 cazuri au fost folosite diferite calculatoare care se găsesc pe site-urile celor mai importante companii cu obiect de activitate protecția mediului și a impactului poluării asupra biodiversității, implicit a oamenilor la locul de muncă.
2. Calculator pentru sumarea logaritmică a 2 nivele sonore. Acest calculator aparține grupului WKC [207]. Rezultatul cumulării este 96,33dB - aproape identic cu cel din cazul 1. De menționat că nici în acest caz, nici în cazul 1 nu s-au luat în calcul distanțele.
3. Calculator pentru sumarea a 2 nivele sonore când se ia în considerare distanța. Acest calculator poate calcula nivelul sonor în ambele cazuri: și nu se ia în considerație distanța și când se ia în considerație. Atunci când nu s-a în considerație distanța, rezultatul sumării logaritmice a celor 2 nivele sonore este identic cu cel din cazul 1 (96,45dB față de 96,4469dB); când distanța este luată în calcul, rezultatul diferă cu 10.7% (86,13dB).
4. Calculator pentru sumarea a 2 nivele sonore când se ia în considerare distanța și directivitatea sursei. Zgomotul cumulat rezultat (96dB) nu este cel așteptat, deoarece seamănă cu cazurile 1, 2 și 3 când nu a fost luată în considerație și distanța.

În Partea a II-a zgomotul a fost studiat în 2 metode: în această parte, cele 2 surse funcționează consecutiv câte 4h; calculul a fost făcut folosind site-ul Health și Safety Executive (HSE), din Marea Britanie, calculându-se în plus și „punctele de expunere la zgomot” pentru lucrările individuale care pot fi combinate pentru a da punctele de expunere totale pentru o zi, deci pentru a afla expunerea zilnică.

5. Calculul expunerii zilnice și săptămânale la zgomot (ready-reckoner); în cazurile 5.1 și 5.2 se calculează expunerea zilnică și săptămânală (ready-reckoner) folosind Tabelele puse la dispoziție de HSE. Metoda nu este extrem de precisă, deoarece este o metodă grafică, dar pentru practica uzuală se pot folosi cu succes. În cazul 5.1 expunerea zilnică este cuprinsă între (93 - 94dB), apropiat de celelalte cazuri. În cazul 5.2 expunerea săptămânală este cuprinsă între (92 - 93dB), apropiat de celelalte cazuri.
6. Calculator de expunere zilnică la zgomot și Calculator de expunere săptămânală la zgomot (HSE); în cazurile 6.1 și 6.2 se calculează expunerea zilnică și săptămânală folosind Tabelele puse la dispoziție de HSE. Este una dintre cele mai des întâlnite metode; este rapidă, precisă și ușor de folosit. În plus, oferă și numărul de puncte de expunere/task. În cazul 6.1 expunerea zilnică este 93dB, apropiat de celelalte cazuri. În cazul 6.2 expunerea săptămânală este 93dB, apropiat de celelalte cazuri.

Partea a III-a – Sonometrie

7. Analiza grafică a unui sunet complex; în acest caz, sonograma prezintă mult mai multe caracteristici: nivelul sonor, frecvența și timpul. În plus sunt afișate și spectrul frecvențe la un anumit moment, precum și evoluția în timp a nivelului sonor pentru o frecvență dată. În general, sonografia este folosită pentru analize extrem de precise.

Partea a IV-a – Dozimetrie

8. Calculul dozei de zgomot. Acest device este cel mai util într-un loc de muncă unde zgomotul variază de obicei în durată și intensitate și în care persoana schimbă locațiile, deoarece este legat de persoană, dând informații continue chiar de lângă punctul de interes: urechea. S-a constatat că în perioada analizată (7 minute) media se regăsește în domeniul 90-95dB. După cum se vede, sunetul nu este uniform, deci sursele nu funcționează uniform, adică, pe lângă faptul că acest device arată nivelul sonor chiar la urechea muncitorului, mai poate oferi informații și despre funcționarea echipamentelor.

4.2 Studii asupra vibrațiilor și zgomotelor pe vapoare

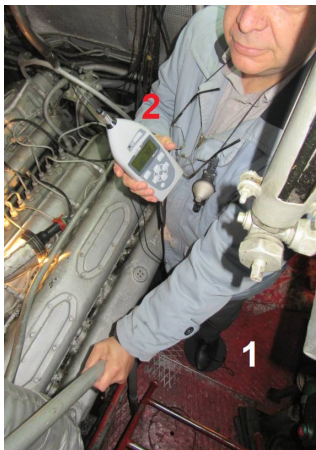


Figura 4.22 Măsurători în camera motoarelor: 1 - accelerometru triaxial seat-pad; 2 - Vibromometru MAESTRO

4.2.1 Analiza vibrațiilor transmise întregului corp pe vapoare

Studiu de caz V [228] În acest studiu au fost analizate vibrațiile transmise personalului navigant de pe un vas care circulă pe Dunăre. Determinările au fost făcute în camera motoarelor. Timpul total de măsurare a fost 2640s. Accelerațiile pe axele x, y și z au fost măsurate cu un vibrometru MAESTRO (Fig. 4.22).

Accelerometrul triaxial a fost plasat pe podea, sub picior. La nivelul podelei au fost calculate: mărimea vibrațiilor r.m.s., VDV parțială, expunerea parțială A(8), Timpul pentru atingerea EAV (opțiunea VDV), Timpul pentru atingerea EAV (opțiunea A(8)), Timpul pentru atingerea ELV (numai opțiunea A(8)), VDV total și expunere totală A(8) folosind „Calculatorul HSE pentru vibrațiile transmise întregului corp” [229]. În final, rezultă: doza totală $VDV=37.624251\text{m/s}^{1.75}$ și expunere totală $A(8)=1.133793\text{m/s}^2$.

Capitolul 4. Cercetări experimentale asupra vibrațiilor și zgomotului transmise personalului navigant pe nave fluviale pe Dunăre

În continuare, ne vom referi la valoarea dozei de vibrație (VDV), deoarece această mărime este mai sensibilă la vibrațiile tip impuls și reflectă totalul vibrațiilor transmise oamenilor. Se poate observa că valoarea dozei de vibrație obținută din măsurători este deosebit de ridicată în comparație cu ceea ce prevede Directiva 2002/44 / CE (Fig. 4.23).

Este clar că valorile măsurate depășesc valoarea limită de expunere zilnică cu 313% și valoarea limita de expunere zilnică de declanșare a acțiunii cu 79%, ceea ce înseamnă că persoanele sunt supuse unor vibrații mult mai mari decât cele legale, implicit la boli profesionale foarte grave.

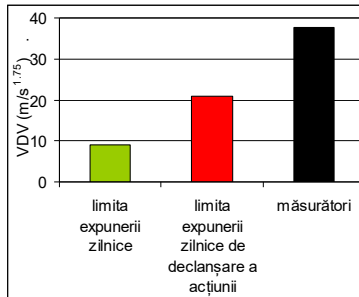


Figura 4.23 Paralelă între valorile măsurate față de cele stipulate în Directiva 2002/44/CE



Figura 4.24 Măsurarea vibrațiilor transmise punții principale cu Examiner



Figura 4.25 Măsurarea WBV pe puntea principală cu Maestro 01dB


Studiu de caz IX [238] Obiectivul acestei lucrări este de a studia modul în care o navă de marfă transmite vibrații membrilor echipajului (Fig. 4.24 și 4.25). Au fost măsurate accelerațiile vibrațiilor transmise întregului corp pe puntea de navigație, pe puntea principală și în camera motoarelor. În această lucrare, măsurările vibrațiilor întregului corp (WBV) au fost făcute pe un cargou, ce s-a deplasat pe o distanță de 40 km, pe Dunăre. Condițiile atmosferice au fost bune ($T=16^{\circ}\text{C}$, fără vânt, valuri moderate). Fiecare experiment a fost repetat de 5 ori pentru a obține o medie precisă a datelor experimentale. Cinci subiecți bărbați au fost aleși pentru acest experiment cu diferite greutăți corporale, vârste și experiență de muncă.

Tabelul 4.4 prezintă media accelerațiilor măsurate pe puntea de navigație, pe puntea principală și în camera motoarelor.

Tabelul 4.4 Media accelerațiilor măsurate cu accelerometrul fixat pe podea

| | <i>Pornund de la țărnm</i> | <i>Marș în amonte</i> | <i>Mers în gol cu motorului generatorului</i> | <i>Manevra de acostare</i> |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| pe puntea de navigație | 1,245 | 1,014 | 0,852 | 1,322 |
| pe puntea principală | 1,044 | 0,874 | 0,759 | 1,216 |
| în camera motoarelor | 5,447 | 6,041 | 3,858 | 6,743 |


Tabelul 4.5 Calculul valorilor caracteristice pentru accelerometrul plasat pe podea pe puntea de navigație

|  | Vibration magnitude m/s^2 r.m.s. | Exposure duration (min) | Partial VDV ($\text{m/s}^{1.75}$) | Partial exposure $A(8)$ (m/s^2) | Time to reach EAV (VDV option) | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|---------|-------------|
| | | | | | 9,1 $\text{m/s}^{1.75}$ | | time (h) |
| | | | | | (h) | (min) | |
| Pornire de la mal | 1,245 | 5 | 7,2540 | 0,1270 | 0 | 10 | 0,2063 |
| Marș | 1,014 | 20 | 8,3552 | 0,2069 | 0 | 28,1417 | 0,4690 |
| Mers în gol | 0,852 | 10 | 5,9034 | 0,1229 | 0 | 56,4603 | 0,9410 |
| Acostare | 1,322 | 5 | 7,7026 | 0,1349 | 0 | 9,7403 | 0,1623 |

| Time to reach EAV (A(8) option) | | | Time to reach ELV (A(8) option only) | | | Total VDV ($\text{m/s}^{1.75}$) | Total exposure $A(8)$ (m/s^2) |
|------------------------------------|---------|-------------|-----------------------------------------|---------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| 0,5 m/s^2 | | time (h) | 1,15 m/s^2 A(8) | | time (h) | | |
| (h) | (min) | | (h) | (min) | | | |
| 1 | 17,4181 | 1,2903 | 6 | 49,5417 | 6,8256 | | |
| 1 | 56,7092 | 1,9451 | 10 | 17,3920 | 10,2898 | | |
| 2 | 45,3111 | 2,7551 | 14 | 34,4958 | 14,5749 | | |
| 1 | 8,6622 | 1,1443 | 6 | 3,2235 | 6,0537 | | |


Tabelele 4.5-4.7 prezintă valorile calculate pentru: VDV parțială, expunere parțială A(8), timpul pentru atingerea EAV (opțiunea VDV), timpul pentru atingerea EAV (opțiunea A(8)), timpul pentru atingerea ELV (numai opțiunea A(8)), VDV total, expunere totală A(8). Calculul s-a făcut cu Calculatorul expunerii la vibrații – HSE [229].

Tabelul 4.6 Calculul valorilor caracteristice pentru accelerometrul plasat pe podea pe puntea principală

|  | Vibration magnitude m/s ² r.m.s. | Exposure duration (min) | Partial VDV (m/s ^{1,75}) | Partial exposure A(8) (m/s ²) | Time to reach EAV (VDV option) | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|---------|-------------|
| | | | | | 9,1m/s ^{1,75} | | time (h) |
| | | | | | (h) | (min) | |
| Pornire de la mal | 1,044 | 5 | 6,0828 | 0,1065 | 0 | 10 | 0,4173 |
| Marș | 0,874 | 20 | 7,2016 | 0,1784 | 0 | 50,9866 | 0,8497 |
| Mers în gol | 0,759 | 10 | 5,2590 | 0,1095 | 1 | 29,6468 | 1,4941 |
| Acostare | 1,216 | 5 | 7,0850 | 0,1241 | 0 | 13,6071 | 0,2267 |

| Time to reach EAV (A(8) option) | | | Time to reach ELV (A(8) option only) | | | Total VDV (m/s ^{1,75}) | Total exposure A(8) (m/s ²) |
|------------------------------------|---------|-------------|-----------------------------------------|---------|-------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0,5m/s ² | | time (h) | 1,15m/s ² A(8) | | time (h) | | |
| (h) | (min) | | (h) | (min) | | | |
| 1 | 50,0982 | 1,8349 | 9 | 42,4195 | 9,7069 | 9,2572 | 0,2656 |
| 2 | 37,0935 | 2,6182 | 13 | 51,0249 | 13,8504 | | |
| 3 | 28,3040 | 3,4717 | 18 | 21,9283 | 18,3654 | | |
| 1 | 21,1547 | 1,3525 | 7 | 9,3087 | 7,1551 | | |

Tabelul 4.7 Calculul valorilor caracteristice pentru accelerometrul plasat pe podea în camera motoarelor

|  | Vibration magnitude m/s ² r.m.s. | Exposure duration (min) | Partial VDV (m/s ^{1,75}) | Partial exposure A(8) (m/s ²) | Time to reach EAV (VDV option) | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|---------|-------------|
| | | | | | 9,1m/s ^{1,75} | | time (h) |
| | | | | | (h) | (min) | |
| Pornire de la mal | 5,447 | 5 | 31,7369 | 0,5559 | 0 | 10 | 0,0005 |
| Marș | 6,041 | 20 | 49,7773 | 1,2331 | 0 | 0,02233 | 0,0003 |
| Mers în gol | 3,858 | 10 | 26,7317 | 0,5568 | 0 | 0,1342 | 0,0022 |
| Acostare | 6,743 | 5 | 39,2881 | 0,6882 | 0 | 0,0143 | 0,0002 |

| Time to reach EAV (A(8) option) | | | Time to reach ELV (A(8) option only) | | | Total VDV (m/s ^{1,75}) | Total exposure A(8) (m/s ²) |
|------------------------------------|--------|-------------|-----------------------------------------|---------|-------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0,5m/s ² | | time (h) | 1,15m/s ² A(8) | | time (h) | | |
| (h) | (min) | | (h) | (min) | | | |
| 0 | 4,0445 | 0,0674 | 0 | 21,3954 | 0,3565 | 56,3003 | 1,6165 |
| 0 | 3,2882 | 0,0548 | 0 | 17,3947 | 0,2899 | | |
| 0 | 8,0622 | 0,1343 | 0 | 42,6493 | 0,7108 | | |
| 0 | 2,6392 | 0,0439 | 0 | 13,9614 | 0,2326 | | |

Din aceste tabele se vede că toate valorile accelerațiilor sunt situate peste limita EAV (0.5m/s²) pentru persoanele aflate pe pe puntea de navigație și pe puntea principală (pentru toate cazurile: pornire de la mal, marș, mers în gol, acostare) și că toate valorile calculate sunt situate sub limita EAV (9.1m/s^{1.75}) pentru persoanele aflate pe pe puntea de navigație și pe puntea principală; în camera motoarelor s-a atins o valoare extrem de mare: 56,3m/s^{1.75}.

4.2.2 Studii asupra vibrațiilor transmise întregului corp și sistemului mână-braț (WBV+HAV) pe vapoare

Studiu de caz X [240] În acest studiu ne propunem să analizăm vibrațiile (WBV și HAV) transmise personalului navigant al unei nave fluviale pe Dunăre.

Categoriile principale ale vibrațiilor de pe navă sunt: a) Traversa carenei (longitudinal, vertical, orizontală, torsiune); b) Substructuri majore (rufuri, catarge, sisteme de arme, cazane); c) Echipamente

Capitolul 4. Cercetări experimentale asupra vibrațiilor și zgomotului transmise personalului navigant pe nave fluviale pe Dunăre

pentru nave: pasiv (sisteme de control, tablouri electrice, schimbătoare de căldură) și activ (generatoare, compresoare, pompe); d) Sistem de propulsie: longitudinal (axial), torsiune, lateral (vârtej).

Măsurătorile au fost făcute vara, pe porțiunea românească a Dunării (Tulcea - Baziaș și retur) pe o distanță de 1000 km. Viteza navei este de aproximativ 8km/h; Dunărea a avut valuri mici și mijlocii.



Figura 4.26 Măsurarea vibrațiilor balustradelor cu Examiner



Figura 4.27 Măsurarea vibrațiilor punții cu Examiner



Figura 4.28 Măsurarea vibrațiilor întregului corp cu Maestro (WBV) și accelerometrul triaxial seat-pad

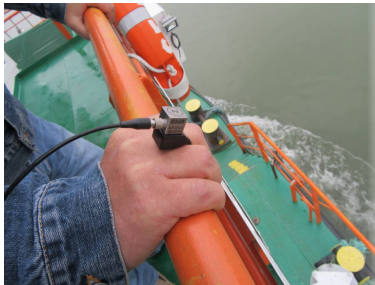


Figura 4.29 Măsurarea vibrațiilor sistemului mână-braț cu Maestro (HAV) și accelerometrul triaxial PCB Piezotronics 356A16

Măsurătorile vibrațiile produse de echipament au fost realizate cu Examiner (Fig. 4.26 și 4.27).

a) Măsurarea vibrațiilor transmise punții și balustradelor

Pentru a afla vibrațiile navei, sonda aparatului Examiner a fost plasată pe puntea vasului, precum și pe balustradă. Determinările au fost făcute când nava se afla în marș.

S-a găsit că frecvența vibrațiilor verticale corespunzătoare motoarelor se găsește în intervalul 5,5÷6,5Hz, iar pentru vibrațiile transversale în intervalul 4,5÷5,5Hz.

De asemenea, au fost măsurate frecvențele vibrațiilor produse de undele de mică amplitudine care se propagă prin coca navei; acestea se găsesc în intervalul 1÷2Hz.

b) Măsurarea vibrațiilor transmise personalului navigant

Măsurarea vibrațiilor transmise întregului corp, precum și sistemului mână-braț au fost efectuate cu Maestro (Fig. 4.28 și 4.29). Măsurătorile au fost făcute pe un grup de 6 subiecți. Rezultatele prezentate mai jos reprezintă medii ale valorilor înregistrate pe toată perioada determinărilor experimentale și pentru toți subiecții.


|  HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE CALCULATOR Version 4.3 January 2014 | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------|---------|-------------------|---------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------|--|
| Tool or process name | Vibration magnitude m/s ² r.m.s. | Exposure points per hour | Time to reach EAV 2.5 m/s ² A (8) | | Time to reach ELV 5 m/s ² A (8) | | Exposure duration | | Partial exposure m/s ² A (8) | Partial exposure points | | | |
| | | | hours | minutes | hours | minutes | hours | minutes | | | | | |
| Navigation bridge | 1,92 | 7 | 13 | 34 | >24 | | 8 | | 1,9 | 59 | | | |
| Main deck | 1,617 | 5 | 19 | 7 | >24 | | 8 | | 1,6 | 42 | | | |
| Engines room | 4,437 | 39 | 2 | 32 | 10 | 10 | 8 | | 4,4 | 315 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Lock Tool or process names | | | | | | | | | | | | | |
| Zoom to fit | | Instructions for use: Enter vibration magnitudes and exposure durations in the white areas To calculate, press <Enter>, or move the cursor to a different cell The results are displayed in the yellow areas To clear all cells, click on the 'Reset' button Tick the 'Lock tool or process name' check box to prevent 'Reset' clearing these cells For more information, click the 'Help' button | | | | | | | | Daily exposure m/s ² A (8) 5,1 | | Total exposure points 416 | |
| Help | | | | | | | | | | WARNING: Exposure above 5m/s²A(8) ELV (400 points) | | | |
| Reset | | | | | | | | | | | | | |

Figura 4.30 Hand-arm vibration exposure calculator HSE [246]



Figura 4.31 Măsurarea vibrațiilor transmise întregului corp (WBV) - sala motoarelor

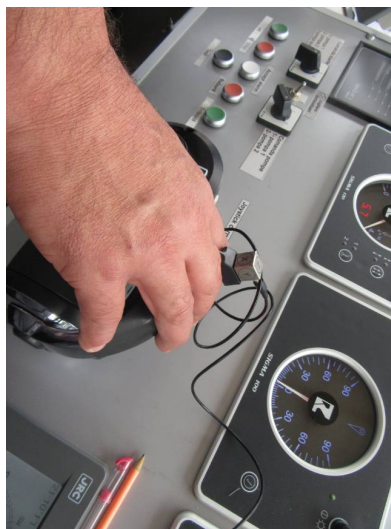


Figura 4.32 Măsurarea vibrațiilor transmise sistemului mână-brăț (HAV) - cabina de comandă

Studiu de caz XII [250] Ca în orice activitate care are loc într-un singur loc, 24h/zi, în condiții stresante, și pentru personalul navigant de pe navele care circulă pe Dunăre se instaurează oboseala.

Printre multiplele cauze importante ale oboselei personalului navigant, zgomotul și vibrațiile se găsesc între primele locuri. S-au făcut determinări pe un remorcher împingător pe Dunăre. Au fost studiate două situații: WBV și HAV. Determinările au avut loc pe subiecții din: A) Sala motoarelor; B) Cabina de deasupra sălii motoarelor; C) Puntea principală; D) Cabina de comandă; E) Cabina de agrement.

Accelerometrele au fost montate sub picior pentru WBV (Fig. 4.31) și pe deget (pentru HAV) (Fig. 4.32) iar rezultatele măsurătorilor sunt prezentate grafic în fig. 4.33 și 4.34.

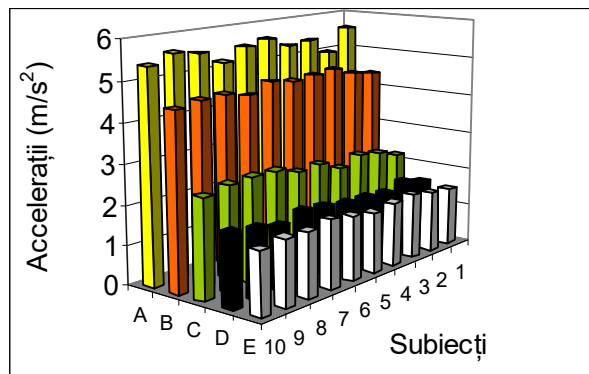


Figura 4.33 WBV - Accelerații r.m.s.
A) Sala motoarelor (■); B) Cabina de deasupra sălii motoarelor (■); C) Puntea principală (■); D) Cabina de comandă (■); E) Cabina de agrement(□)

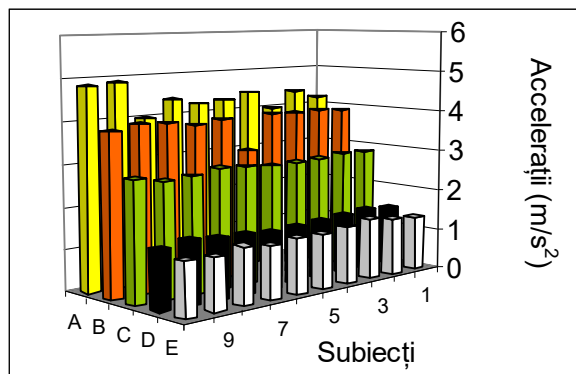


Figura 4.34 HAV - Accelerații r.m.s.
A) Sala motoarelor (■); B) Cabina de deasupra sălii motoarelor (■); C) Puntea principală (■); D) Cabina de comandă (■); E) Cabina de agrement(□)

Pentru a evita acumularea de oboseală între membrii echipajului, trebuie luate unele măsuri: somn neîntrerupt 7-8h/zi, pauze de max. 20min, evitarea coafeinei înainte de somn, etc.

4.2.3 Cercetări asupra zgomotului transmis personalului navigant

Studiu de caz XIII [255] În acest studiu vor fi analizate zgomotele transmise personalului din camera motoarelor a unei nave comerciale care circulă pe o secțiune a segmentul românesc al Dunării.

Zgomotele navelor fluviale se fac simțite în interiorul navei asupra echipajului, (cât și pasagerilor - dacă ne referim și la nave de pasageri), dar și în exteriorul navei (dacă ne referim la oamenii care locuiesc lângă râu/fluviu), precum și asupra faunei din apă și de pe malul apei.

Zgomotul a fost măsurat cu sonometre de tip BlueSolo 01dB. Acestea au fost amplasate în camera motoarelor; determinările au durat 10 min la intervale de 1h, în mai multe situații: pornire de la mal, nava în marș, manevre de acostare.

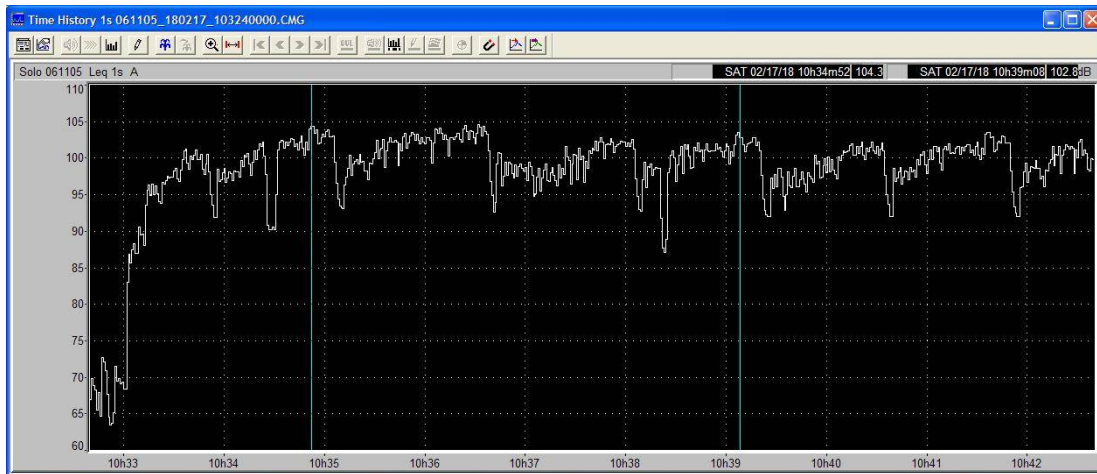


Figura 4.35 Variația în timp a lui L_{eq} pentru o perioadă de 600s

În Fig. 4.35 este reprezentată variația în timp a lui L_{eq} pentru o perioadă de 600s; se vede că există niște minime cu o anumită periodicitate, minime care apar în momentele în care turația motorului a fost redusă, nava efectuând manevrele de acostare. Pentru perioada analizată $L_{eq\ min}=63,4\text{dB(A)}$, $L_{eq\ max}=104,5\text{dB(A)}$ și $L_{eq\ med}=100,1\text{dB(A)}$ (unde L_{eq} este Equivalent Continuous Sound Pressure Level).

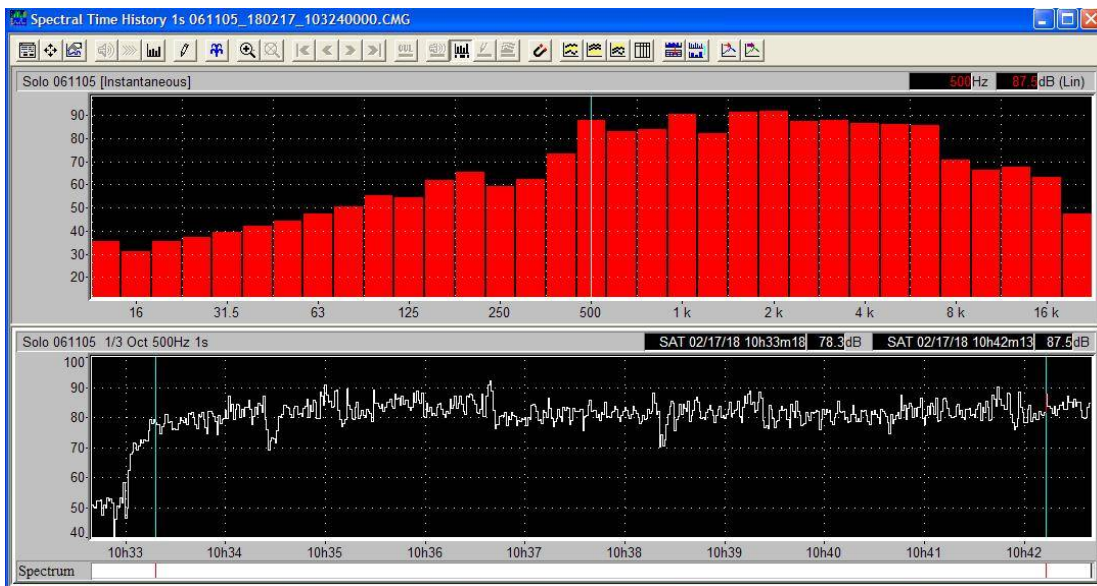


Figura 4.36 Distribuția în frecvență și evoluția pe 10min a nivelului sonor pentru măsurătoarea din timpul manevrei de acostare

Software-ul dBFA 3.2, cu care au fost procesate rezultatele măsurătorilor, poate să prezinte informațiile spectrale utilizând sonograme (o transformată Fourier discretă (TFD)/short-time Fourier Transform (STFT), care cumulează datele referitoare la L_{eq} în funcție de timp și frecvență pe un singur grafic (2D sau 3D). Sunt prezentate în aceeași fereastră o sonogramă, un spectru și o histogramă. Spectrul și histograma corespund pozițiilor celor două cursoare de pe sonogramă (pentru timp și pentru frecvență). (Fig. 4.36).

Softul dBFA 32 a calculat L_{eq} [dB(A)] pentru frecvențele 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 și 16000Hz la momentele de timp 1, 3, 5, 7 și 9min și le-a prezentat sub forma unor sonograme. Din totalitatea sonogramelor obținute, am ales unul dintre cele mai reprezentative.

Referitor la Fig. 4.37: Pentru momentul 7min diagrama spectrului de frecvențe (stânga sus) prezintă un maxim de 89,67dB(A) la 2500Hz. Nivelul sonor L_{eq} are un maxim de 95,46 dB(A), la momentul 3min 57s în prezentarea time history pentru 2,5kHz.

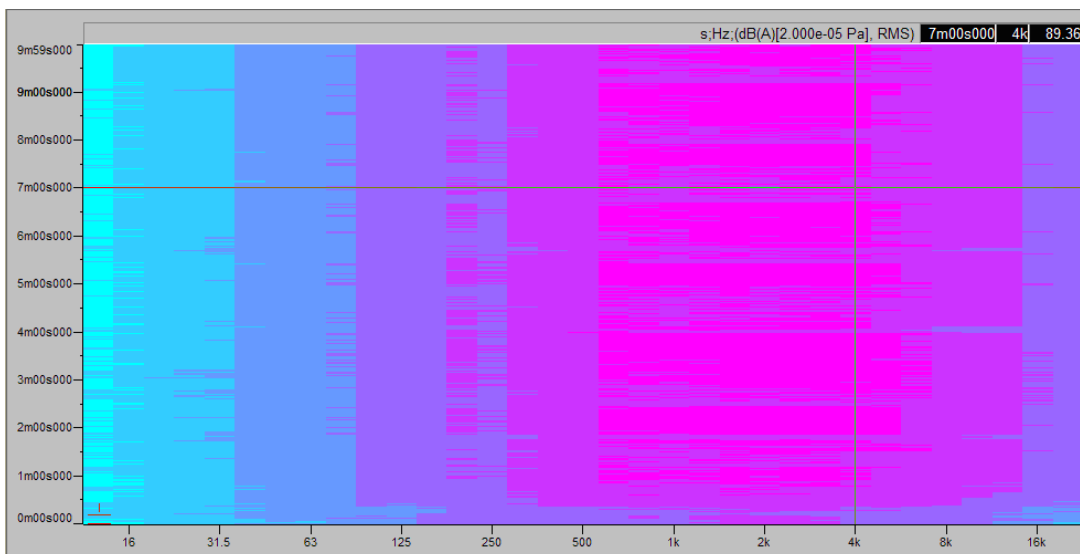


Figura 4.37 Sonograma zgomotului măsurat în camera motoarelor.
Cursoarele sunt plasate la 4kHz și la 7min (89,36dB(A))

Dacă se reprezintă grafic toate valorile L_{eq} , funcție de frecvență la diferite momente, se obține reprezentarea din Fig. 4.38. Se observă că nivelurile L_{eq} , la frecvențele 1000-4000Hz, depășesc 80dB pe toată perioada măsurată, ceea ce indică faptul că acestea sunt frecvențele care au contribuția cea mai mare la obținerea rezultatului final de 100,1dB(A).

Se vede că în toate cazurile aceste medii sunt mai mici decât valoarea maximă de 110 dB(A) dată de Rezoluția MSC.337(91), adoptată la 30.11.2012, privind adoptarea Codului privind nivelurile de zgomot la bordul navelor, deci zgomotul are un nivel acceptabil. În concluzie, frecvențele cele mai deranjante pentru personalul care muncește în sala motoarelor sunt cele din intervalul 1-4 kHz, unde mediile nivelurilor sonore sunt: la 1kHz: 87,6dB(A); la 2kHz: 90,76dB(A); la 4kHz: 89,94dB(A)

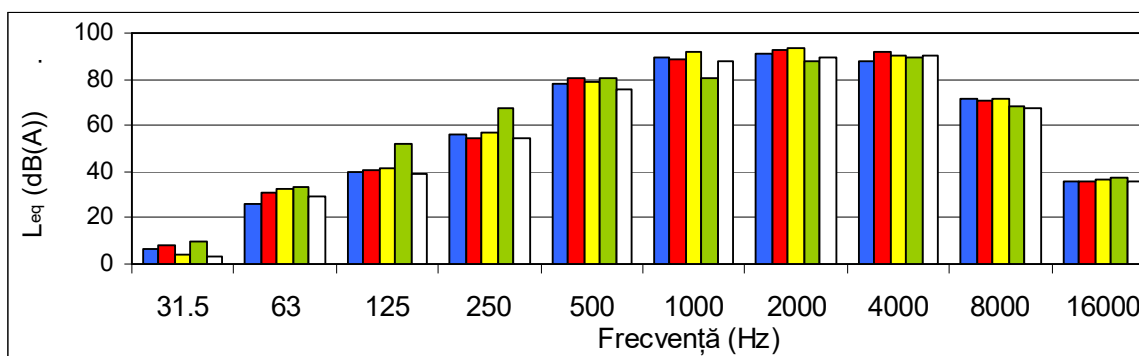


Figura 4.38 Variația L_{eq} funcție de frecvență la diferite momente [(■)-1min; (■)-3min; (■)-5min; (■)-7min; (□)-9min]

Dar având în vedere “Exposure limit and action values defined by EU physical agents directive” limita maximă zilnică este 87dB(A), se constată că valorile măsurate depășesc valorile indicate de Directiva 2003/10/EC.

Studiu de caz XIV [257] În acest studiu se face o analiză a zgomotelor din cabina de comandă a unei nave comerciale care circulă pe o secțiune a segmentul românesc al Dunării. Această cameră este specială, deoarece de aici sunt date toate comenzile necesare navigației, astfel încât călătoria să decurgă în siguranță. Pentru a-și îndeplini sarcinile, navigatorii au nevoie de condiții optime de lucru.

Măsurătorile au fost efectuate tot în condiții meteorologice foarte dificile.

Măsurătorile au fost efectuate cu un sonometru Blue Solo, produs de 01dB Metravib, în camera de comandă a unui împingător (Fig. 4.39). Pentru a analiza nivelul de zgomot pe navă, s-a folosit software-ul dBTRAIT32. Determinările au durat 10min la intervale de 1h, în mai multe situații: plecarea de la țarm, nava în marș și în timpul manevrelor de acostare.

Capitolul 4. Cercetări experimentale asupra vibrațiilor și zgomotului transmise personalului navigant pe nave fluviale pe Dunăre



Figura 4.39 Măsurări de zgomot cu un sonometrul Blue Solo, în interiorul sălii de comandă

Pe sonograme, se pot alege cu două cursoare, o frecvență și un moment de timp pentru care se obține spectrul și histograma corespunzătoare. Pentru analiză, au fost utilizate frecvențele mijlocii ale benzii de 1/3 octava la 1, 3, 5, 7 și 9 minute. Din toate graficele obținute, au fost selectate două dintre cele mai reprezentative.

Fig. 4.40 corespunde zgomotului obținut atunci când nava părăsește țărmul. Nivelul de sunet L_{EQ} în timpul acestei operații este de 79dB; corespunde minutului 7.

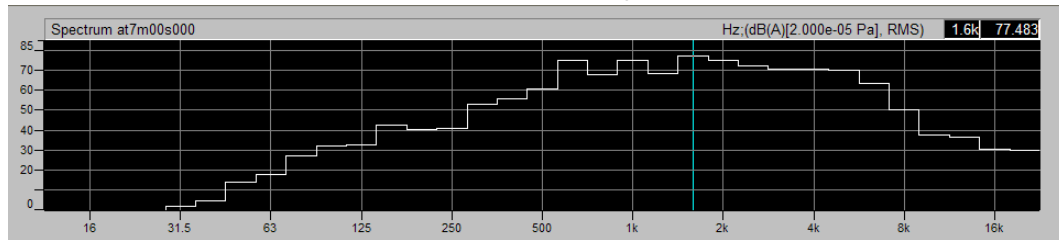


Figura 4.40 a Spectrul de frecvențe când nava pornește de la mal, 500Hz

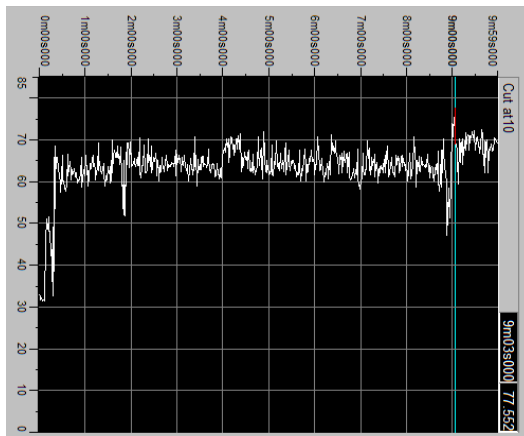


Figura 4.40 b Histogramă când nava pornește de la mal, 500Hz

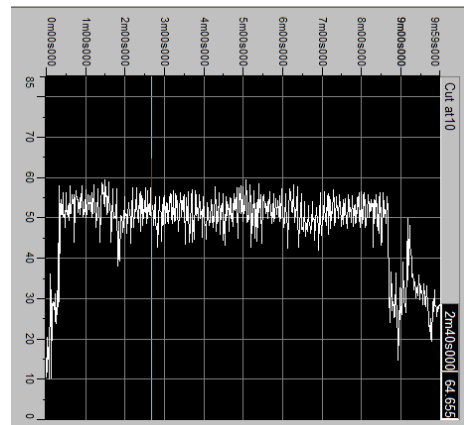


Figura 4.41 a Histogramă când vasul navighează cu vânt puternic din față

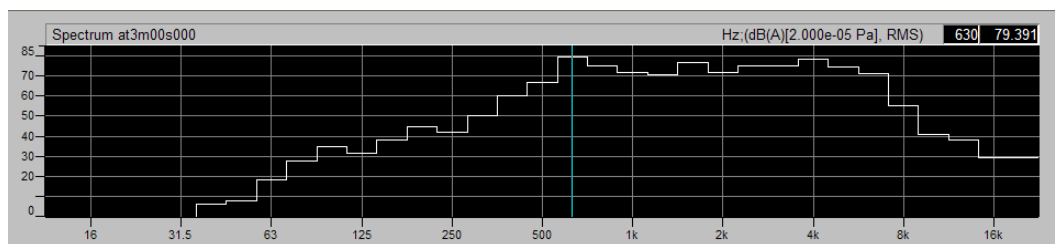


Figura 4.41 b Spectrul de frecvențe când vasul navighează cu vânt puternic din față

Diagrama spectrului (Fig. 4.40 a) arată un maxim de 77,48dB(A) la 1600Hz. Nivelul sonor L_{eq} are un maxim de 77,55dB(A) la 9 min 3s în histogramă (Fig. 4.40 b) la 63Hz.


În continuare avem reprezentările pentru zgomotul în sectorul de navigație Brăila - Călărași. În acest timp, media L_{eq} a fost de 75dB. Când vântul a fost mai puternic, nivelul sonor a atins 79,39dB (cazul prezentat în Fig. 4.41).

În histograma din Fig. 4.41 a, la minutul 2 și 40s, nivelul sonor L_{eq} are maxim 64,65dB(A). Pentru cel de-al treilea minut din diagrama spectrului (Fig. 4.41 b), este un maxim de 79,39dB(A) la 630Hz.

Prin introducerea mediilor valorilor măsurate și a timpilor de expunere în [Daily Noise exposure calculator](#) [260], se vede că, în general, expunerea zilnică la zgomot este de 80dB. În această metodă de evaluare:

- valoarea inferioară de expunere care declanșează acțiunea este 80dB(A) și reprezintă 32 puncte de expunere,
- valoarea superioară de expunere care declanșează acțiunea este 85dB(A) și corespund la 100 puncte de expunere.

Tabel 4.8 Expunerea zilnică la zgomot în cabina de comandă

|  Exposure Calculator | Noise Level (L _{Aeq} dB) | Exposure duration (hours) | Exposure points (job/task) | Exposure points/h |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| Pornire de la mal | 79 | 0.5 | 2 | 3 |
| Nava în marș | 75 | 22.5 | 28 | 1 |
| Manevra de acostare | 81 | 1 | 5 | 5 |
| | Total duration | 24 | | |
| Daily noise exposure (L_{EP,d}) | | 80dB | 35 points | |

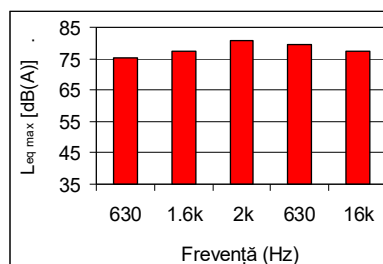


Figura 4.42 Valorile maxime ale L_{eq} pentru frecvențele selectate

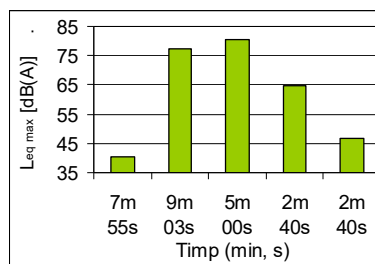


Figura 4.43 Valorile maxime ale L_{eq} în diferite momente care corespund frecvențelor selectate

Deci, se poate spune că în camera de navigație nivelul de zgomot este în conformitate cu cerințele legale ale Directivei 2003/10/CE [261], dar este mai mare decât valoarea indicată la Art. 1.3.7 din Ordinul 543/2014 (65 dB) [256], precum și față de 60dB(A), valoarea specificată pentru camere de control impusă de Legislația națională din România (Tabel 4.8).

Reprezentând grafic valorile maxime ale L_{eq} pentru frecvențele cazurilor selectate în momente diferite (Fig. 4.42), acestea sunt în jurul valorii de 78dB(A) și din reprezentarea grafică a valorilor maxime ale L_{eq} în diferite momente ale timp, corespunzând acestor frecvențe (Fig. 4.43), se poate observa că aceste vârfuri sunt în jurul valorii de 62dB(A). Se poate concluziona că nivelul de zgomot din interiorul sălii de navigație este acceptabil pentru această zonă a navei.

4.3 Acțiunea stresorilor cumulați asupra performanțelor marinarilor de pe navele fluviale

4.3.1 Efectele expunerii la WBV

Studiu de caz XVI [265] Acest studiu analizează disconfortul uman cauzat de vibrațiile tranzitorii datorate unui singur grad de libertate. Studiul a fost făcut cu 10 subiecți aflați pe o placă aflată pe un sistem vibrant (Fig. 4.44). Pentru aceasta, au fost simulate 2 dintre mișcările oscilatorii (ruliul și tangajul) la care sunt supuși marinarii pe durata deplasării lor cu vaporul.



Figura 4.44 Subiect pe placa situată pe sistemul vibrant și dispunerea accelerometrelor

Tabel 4.9 Parametrii experimentali

| Caz | Exp | a (m/s ²) | A (mm) | v (Hz) | t (min) |
|-----|-----|-----------------------|--------|--------|---------|
| 1 | 1 | 4,8 | 1 | 4 | 30 |
| | 2 | | 1 | 6,5 | 30 |
| | 3 | | 3 | 10 | 30 |
| 2 | 4 | 6,8 | 3 | 6,5 | 30 |
| | 5 | | 3 | 7,8 | 10 |
| | 6 | | 3 | 10 | 10 |
| 3 | 7 | 7,6 | 3 | 6,5 | 30 |
| | 8 | | 3 | 7,8 | 10 |
| | 9 | | 3 | 10 | 10 |
| 4 | 10 | 8,6 | 3 | 6,5 | 30 |
| | 11 | | 3 | 7,8 | 10 |
| | 12 | | 3 | 10 | 10 |

(Exp=Experiment)

Stresorul îl constituie sistemul vibrant care generează vibrații tranzitorii verticale (axa Oz) cu parametrii cunoscuți. După iradiere, subiecților li s-a solicitat să completeze gradul de disconfort pe scala Likert și apoi au fost testați cu metoda monofilamentului Semmes-Weinstein [244].

În prima parte a studiului au fost efectuate 4 seturi de experimente (cazuri); subiecții au fost expuși la 12 tipuri de vibrații cu accelerații diferite (a), amplitudini (A), frecvențe (v) și timpi de iradiere (t) (Tabel 4.9).

Accelerometrele montate sub talpă și plasate pe lombară, cervicală și frunte au indicat - în mod evident - valori din ce în ce mai mici, având în vedere atenuarea vibrațiilor prin corpul omenesc. S-a constatat că atenuarea accelerațiilor prin corpul uman este destul de mare pentru această bandă de frecvențe. Această atenuare este o funcție tip "power":

$$\text{Caz 1: } a = 6,4347x^{-0,2654} \quad (R^2 = 0,9487) \quad (4.1)$$

$$\text{Caz 2: } a = 9,3592x^{-0,2647} \quad (R^2 = 0,9485) \quad (4.2)$$

$$\text{Caz 3: } a = 10,528x^{-0,3525} \quad (R^2 = 0,9494) \quad (4.3)$$

$$\text{Caz 4: } a = 11,993x^{-0,3534} \quad (R^2 = 0,9489) \quad (4.4)$$

unde x este locul în care a fost plasat accelerometrul.

Din Ec. 4.1÷4.4 se observă că pentru cazurile 1 și 2 atenuarea este mai mare (exponentul are valoarea 0.26) decât în cazurile 3 și 4 (unde exponentul are valoarea 0.35. Disconfortul subiecților care au participat la aceste experimente a fost studiat în partea a doua a studiului:

Tabel 4.10 Răspunsurile testului Likert pentru fiecare subiect

| Caz | Accelerație (m/s ²) | Frecvență (Hz) | Timp (min) | Răspunsul la testul Likert*/Subiect | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------|----------------|------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 4,8 | 4 | 30 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | | 6,5 | 30 | 2,2 | 1 | 2,5 | 2,3 | 2,8 | 1,7 | 1 | 1,8 | 1,6 | 2,2 |
| 3 | | 10 | 30 | 2,8 | 1,5 | 3,2 | 3,1 | 3,4 | 2,4 | 1,6 | 2,4 | 2,6 | 2,7 |
| 4 | 6,8 | 6,5 | 30 | 3,4 | 2,2 | 3,5 | 3,7 | 4 | 3,3 | 2,4 | 2,8 | 3,4 | 3,4 |
| 5 | | 7,8 | 10 | 3,7 | 2,8 | 3,7 | 3,8 | 4,5 | 3,5 | 3 | 3,4 | 3,8 | 3,8 |
| 6 | | 10 | 10 | 4 | 3,4 | 3,8 | 4 | 5 | 3,8 | 3,5 | 4 | 4,5 | 4 |
| 7 | 7,6 | 6,5 | 30 | 4,5 | 4 | 4,2 | 4,6 | 5 | 4,1 | 4 | 4,4 | 4,7 | 4,3 |
| 8 | | 7,8 | 10 | 4,8 | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 5 | 4,6 | 4,4 | 4,8 | 5 | 4,7 |
| 9 | | 10 | 10 | 5 | 4,3 | 4,8 | 5 | 5 | 4,8 | 4,4 | 5 | 5 | 5 |
| 10 | 8,6 | 6,5 | 30 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 |
| 11 | | 7,8 | 10 | 5 | 4,8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 |
| 12 | | 10 | 10 | 5 | 4,8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 |

* Răspunsuri medii pentru 3 experimente

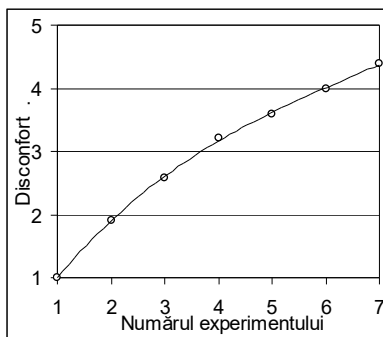


Figura 4.45 Răspunsurile mediate la testul Likert

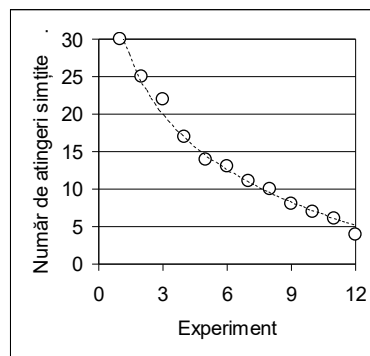


Figura 4.46 Numărul de atingeri simțite de subiecți pentru fiecare caz

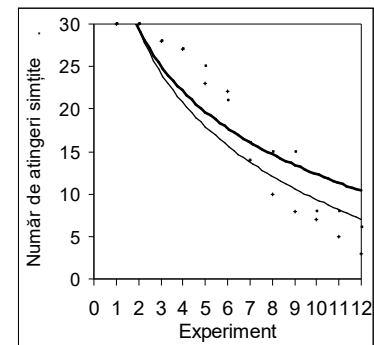


Figura 4.47 Curbele de extrapolare Subiecții: S2(—), S7(-)

a) *Subiecții care au răspuns la testul Likert* (Tabel 4.10): În acest tabel sunt prezentate răspunsuri diferite la acest tip de stresor, deși toți subiecții sunt în condiții de sănătate bune. Din cei 10 subiecți, doar 2 nu au renunțat, ducând experimentul până la sfârșit: subiecții numărul 2 și 7. Aceștia au vârstele de 37, respectiv 42 de ani, un BMI de 24,69 respectiv de 24,15 (masă normală) și au declarat că nu beau, nu fumează, au o experiență în muncă mare și nu au boli cardiovasculare în familie. Subiectul nr. 5 a renunțat

primul la experiment. Din cele 12 seturi de determinări, el a reușit să reziste doar la 7. De la frecvența de 7,8 Hz, cu accelerația de $7,6 \text{ m/s}^2$, el a cedat. Acest subiect are 29 de ani, BMI de 25,51, deci obez, nu are o experiență mare în muncă și fumează.

Subiectul nr. 9 a renunțat al doilea la experiment. Din cele 12 seturi de determinări, el a reușit să reziste doar la 8. De la frecvența de 10 Hz, cu accelerația de $7,6 \text{ m/s}^2$, el a cedat. Acest subiect are tot 29 de ani, BMI de 25,95, deci obez, nu are o experiență mare în muncă, nu fumează, dar bea mai mult de 200 ml alcool/zi. Subiectul nr. 8 a renunțat al treilea la experiment. Din cele 12 seturi de determinări, el a reușit să reziste doar la 9. La ultimul set a cedat. Acest subiect are tot 28 de ani, BMI de 31,38 - obezitate moderată (grad I), nu are o experiență mare în muncă, nu fumează, nu bea, dar are boli cardiovasculare în familie.

În continuare, subiecții 1, 3, 4, 5 și 10 au renunțat pe rând. Reprezentarea grafică a disconfortului pentru cei 7 subiecți care au participat la aproape toate experimentele este redată în Fig. 4.45:

$$\text{Disconfort} = 0,0072x^3 - 0,1396x^2 + 1,2681x - 0,1357 \quad (R^2 = 0,9996) \quad (4.5)$$

unde x = numărul experimentului.

b) *În partea a doua, subiecții au fost testați cu metoda monofilamentului Semmes-Weinstein.* Rezultatele confirmă ceea ce au declarat aceștia la testul Likert. S-a observat că degetele subiecților devin mai amorte atunci când cresc parametrii vibrațiilor; în ultima parte a experimentelor, deja subiecții nu mai puteau să răspundă la test (Fig. 4.46).

Tabel 4.11 Număr de atingeri simțite în cele 3 experimente repetate (3x10 degete)

| Gradul de disconfort | Scala Likert | Număr de atingeri simțite |
|----------------------|--------------|---------------------------|
| Foarte puternic | 4÷5 | 0÷6 |
| Puternic | 3÷4 | 6÷12 |
| Mediu | 2÷3 | 12÷18 |
| Puțin | 1÷2 | 18÷24 |
| Deloc | 0-1 | 24÷30 |

În Fig. 4.46 a fost reprezentat numărul de atingeri ale fiecărui subiect pentru fiecare caz experimental (Tabel 4.11). După cum s-a văzut, doar 2 subiecți au terminat toate seturile de experimente (S2 and S7), restul au renunțat – în majoritate – la Cazul nr. 4 ($a=8,6 \text{ m/s}^2$).

Din acest motiv au fost reprezentate grafic doar cele 2 curbe (Fig. 4.47) care extrapolează cel mai bine rezultatele obținute experimental:

► Pentru subiectul S2(—): $N = -10,626 \cdot \ln(C) + 36,782 \quad (R^2 = 0,8073) \quad (4.6)$

► Pentru subiectul S7(-): $N = -12,03 \cdot \ln(C) + 37,471 \quad (R^2 = 0,8274) \quad (4.7)$

unde N este numărul de atingeri simțite și C numărul de caz.

Analizând numărul de atingeri simțite de subiecții 2 și 7 (singurii care au efectuat toate experimentele), s-a constatat că există o dependență logaritmică de tipul:

$$N = a \cdot \ln(C) + b \quad (4.8)$$

unde a și b sunt constante care depind de parametrii vibrațiilor.

S-a văzut clar cum, odată cu creșterea valorilor acestor parametri, subiecții au avut degetele mai amorte, nemaisimțind atingerea monofilamentului.

4.3.2 Determinarea disconfortul marinarilor expuși la vibrații

Studiu de caz XVII [268] Efectele dăunătoare ale vibrațiilor transmise corpului omenesc la locul de muncă sunt cunoscute. Scopul acesui studiu este de a găsi o relație între valoarea accelerației vibrației transmise de un vapor care merge pe Dunăre marinarilor și mărimea percepției pe care o au aceștia. În 1957 Stevens a ajuns experimental la concluzia că "există o relație între mărimea subiectivă a semnalului (Ψ) și mărimea fizică a aceluiasi semnal (φ) pentru un interval mare de stimuli".

$$\Psi = k \cdot \varphi^\beta \quad (4.9)$$

unde Ψ este mărimea percepută, k este o constantă, φ este mărimea fizică și β este exponentul dependent de stimul." Relația (4.9) se numește "Legea Puterii a lui Stevens".

Sisteme senzoriale. Procesul începe cu un stimul fizic (de exemplu, mișcare fizică, lumină, temperatură, sunet) care este detectat de un receptor senzorial specializat (de exemplu, urechea internă, retina, terminațiile nervoase). Acest stimul este transpus în curenți electrici neuronali care sunt transmiși spre sistemul nervos central prin căi specifice. Stimulul senzorial poate fi în cele din urmă interpretat pe măsură ce ajunge la creier (Fig. 4.48).

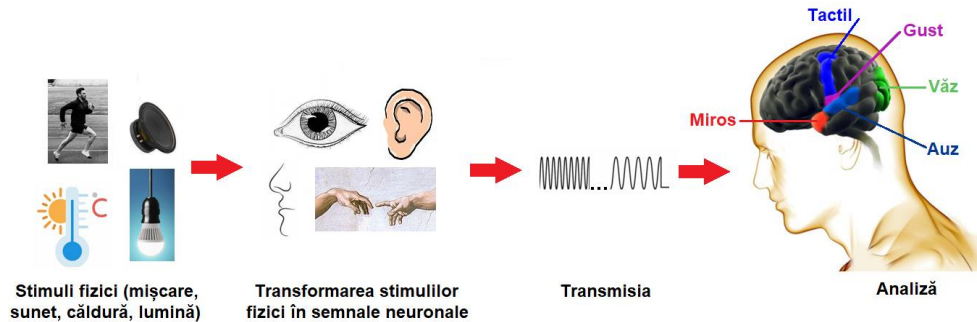


Figura 4.48 Senzația constă în colectarea și traducerea semnalului

Măsurătorile au fost făcute vara, pe Dunăre (Brăila - Galați și retur) pe puntea superioară (PS), pe puntea principală (PP) și în sala motoarelor (SM). Dunărea a avut valuri mici. La experiment au participat trei marinari cu vechime și care au declarat că sunt sănătoși.

Valorile medii ale vibrațiilor transmise întregului corp în timpul vibrației motorului navei în cele 3 poziții: sala motoarelor, puntea principală și punte superioară (de comandă); rezultatele obținute sunt prezentate în Fig. 4.49-4.52. Calculele au fost efectuate cu ajutorul Vibration Calculator - HSE.

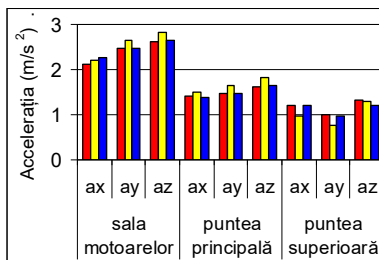


Figura 4.49 Acceleerațiile medii pe axele Ox, Oy și Oz înregistrate pentru fiecare subiect: (1) - Subiectul 1; (2) - Subiectul 2; (3) - Subiectul 3

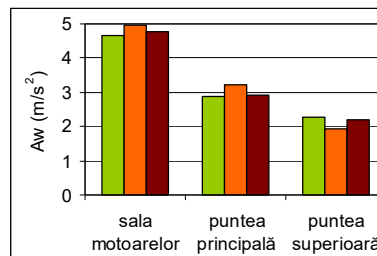


Figura 4.50 Acceleerațiile medii r.m.s. calculate pentru fiecare subiect: (1) - Subiectul 1; (2) - Subiectul 2; (3) - Subiectul 3

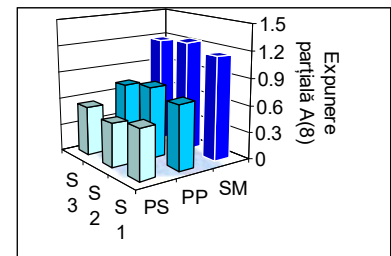


Figura 4.51 Expunerea parțială medie A(8) (m/s²) calculată pentru fiecare subiect: S1, S2, S3

Din Fig. 4.49 se vede că cea mai mică valoare a acceleerațiilor măsurate pe cele 3 axe s-a înregistrat pe axa Oy pe puntea superioară ($0,758\text{m/s}^2$), iar cea mai mare în sala motoarelor, pe axa Oz ($2,837\text{m/s}^2$).

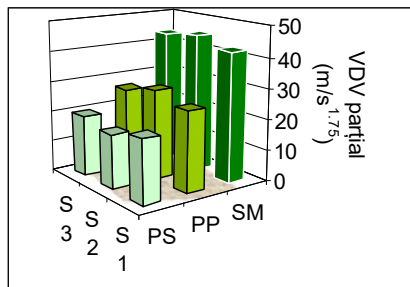


Figura 4.52 VDV parțial mediu calculat pentru fiecare subiect S1, S2, S3

Din Fig. 4.50 se vede că acceleerația medie r.m.s. calculată este $3,311\text{m/s}^2$, mai mare de 6,623 ori mai mare decât prevederile Directivei 2002/44/EC. În Fig. 4.51 se constată același lucru și anume că expunerea parțială medie A(8) calculată pentru fiecare subiect are valoarea cea mai mare în sala motoarelor, iar cea mai mare expunere totală medie A(8) s-a obținut pentru Subiectul 2; acest fapt confirmă încă o dată faptul că BMI (body mass index) este deosebit de important și în cazul transmiterii vibrațiilor corpului omenesc. Valori extrem de mari și un comportament similar se constată și în cazul VDV parțial, reprezentat grafic în Fig. 4.52.

A doua parte a experimentului constă în a determina disconfortul (D) subiecților expuși la vibrații, folosind scala Likert. Fiecare subiect a primit un punctaj pentru ceea ce a simțit după încheierea experimentului.

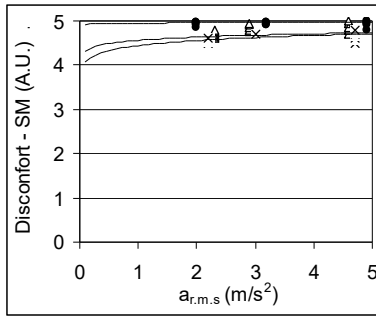


Figura 4.53 Percepțiile celor 3 subiecți asupra disconfortului (D) în sala motoarelor (Δ) - S1; (●) - S2; (x) - S3

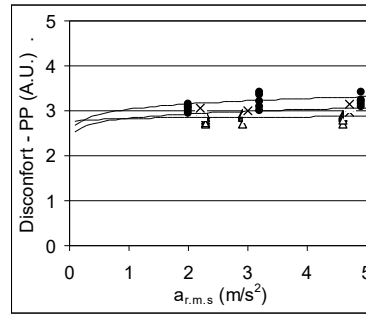


Figura 4.54 Percepțiile celor 3 subiecți asupra disconfortului (D) pe puntea principală (Δ) - S1; (●) - S2; (x) - S3

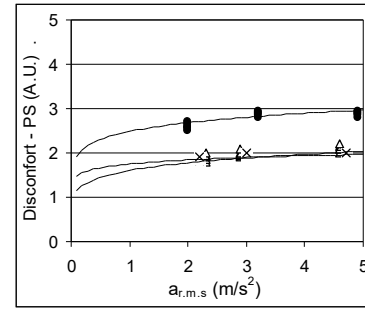


Figura 4.55 Percepțiile celor 3 subiecți asupra disconfortului (D) pe puntea superioară (Δ) - S1; (●) - S2; (x) - S3

Constanțele obținute în urma extrapolării datelor sunt prezentate în Tabel 4.12.

Oamenii percep diferit același tip de stresor; această diferență este datorată unei mulțimi de factori, dintre care vârsta, BMI, fumatul, băutul, vechimea în muncă, problemele cardiovasculare, problemele personale joacă un rol important.

După cum s-a constatat, Subiectul 2 este supus unui stres vibrațional mai mare decât colegii lui; una dintre explicații ar fi și faptul că este singurul care un background cu cele mai multe probleme.

Se vede că pentru toți subiecții Disconfortul (D) crește cu accelerația r.m.s., conform "Stevens' Power Law". Pentru acest tip de stress au putut fi calculate constantele din Stevens' Power Law cu ajutorul parametrilor vibrațiilor transmise oamenilor.

Tabel 4.12 Constantele obținute prin extrapolarea datelor din fig. 4.53 - 4.55

| | k | | | β | | |
|----|------|------|------|--------|--------|--------|
| | S1 | S2 | S3 | S1 | S2 | S3 |
| SM | 4,56 | 4,95 | 4,45 | 0,0234 | 0,0227 | 0,0231 |
| PP | 4,24 | 4,88 | 4,25 | 0,0189 | 0,0193 | 0,0191 |
| PS | 4,66 | 4,89 | 4,50 | 0,0157 | 0,0165 | 0,0167 |

Se constată că disconfortul depinde de accelerația r.m.s. ca funcție de putere:

$$D = k \cdot a_{r.m.s.}^{\beta} \quad (4.10)$$

unde k este o constantă care depinde de parametrii intrinseci ai subiectului și β este exponentul dependent de parametrii de vibrație.

4.3.3 Nota de confort - metodă de evaluare a voiajului cu o navă fluvială

Studiu de caz XVIII [282] În acest studiu se va analiza confortul pentru 4 persoane care fac parte din personalul navigant de pe o navă fluvială pe Dunăre, în funcție de variabilele dinamice (acelerațiile măsurate cu accelerometrul). Au fost făcute 64 de determinări experimentale.

În prima parte a experimentelor au fost măsurate accelerațiile pe cele 3 axe. Evaluarea vibrației trebuie să includă măsurări ale accelerației medii pătratice (r.m.s.) ponderate.

În vederea analizării gradului de oboseală în timpul călătoriilor, a fost definit indicele de confort la deplasare a lui Spering.

$$W_z = 10 \sqrt{\sum_{i=1}^{n_f} W_{z_i}^{10}} \quad (4.11)$$

unde n_f este numărul total de frecvențe discrete ale răspunsului accelerației vehiculului identificate de FFT, iar W_{z_i} este indicele de confort corespunzător celei de-a i frecvență discretă, dată de:

$$W_{z_i} = 10 \sqrt{A_w^3 B(v_i)^3} \quad (4.12)$$

unde A_w este mărimea accelerației r.m.s. ponderate, iar $B(v_i)$ este un factor de ponderare, dat de:

$$B(v) = k \sqrt{\frac{1.911v^2 + (0.25v^2)^2}{(1 - 0.277v^2)^2 + (1.563v - 0.0368v^3)^2}} \quad (4.13)$$

unde $k=0,737$ pentru vibrații orizontale și $0,588$ pentru vibrații verticale.

Multe dintre metodele prezentate până acum nu au luat în considerare durata de expunere; în acest sens, Karakasis ș.a. [249], (2005) au definit Nota de Confort (NC).

În Fig. 4.56 sunt reprezentați indicii de disconfort în funcție de răspunsurile la amplitudinile accelerațiilor; acești indici sunt de tipul $W_{zi} = C \cdot A_w + D$ (drepte), cu excepția cazului 4 (vertical, $v=7,875\text{Hz}$), caz în care nu s-a putut trasa curba. Atunci indicele de disconfort la deplasare a lui Sperling, definit de Ec. 4.11 va fi: $W_z=2,284829$. Se observă că în acest caz este vorba de un confort mediu (pe scala de la 1 la 5).

În ceea ce privește nota de confort (NC), rezultatele sunt prezentate în Fig. 4.57.

Nota de confort diferă substanțial de indicele de confort la deplasare a lui Sperling; dacă media acestuia din urmă este 2,284829, adică un confort aproape mediu pe scala de la 1 la 5, media notei de confort este 4,16413 (pe aceeași scală, adică un confort foarte slab la călătorie).

Având în vedere că valorile accelerației ponderate în funcție de timp se găsesc în intervalul $3\text{--}4\text{m/s}^2$, cu o medie de $\sim 3,72\text{m/s}^2$, adică mai mult decât dublu față de limita de disconfort ($1,15\text{m/s}^2$), se poate trage concluzia că evaluarea confortului membrilor echipajului se face mai corect folosind definițiile pentru nota de confort (NC), decât cele pentru calculul indicelui Sperling pentru confort la deplasare.

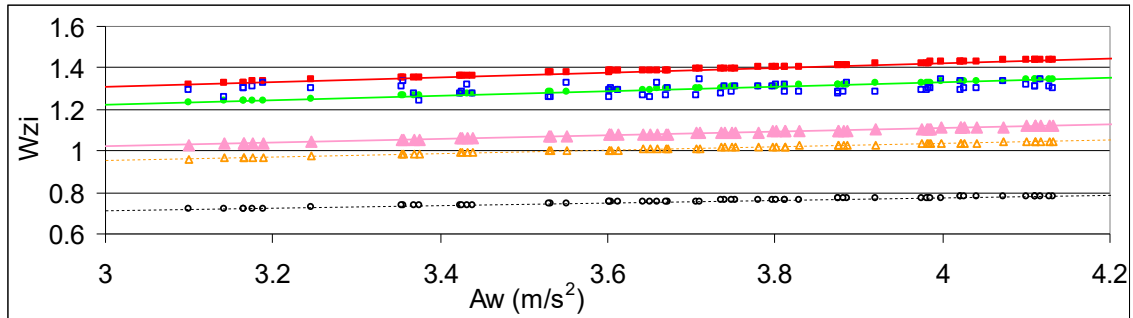


Figura 4.56 Dependența indicelui de disconfort corespunzător celei de-a i frecvență discretă funcție de mărirea vibrației r.m.s. ponderate: (■) – W_{z1} ; (▲) – W_{z2} ; (●) – W_{z3} ; (▲) – W_{z5} ; (○) – W_{z6}

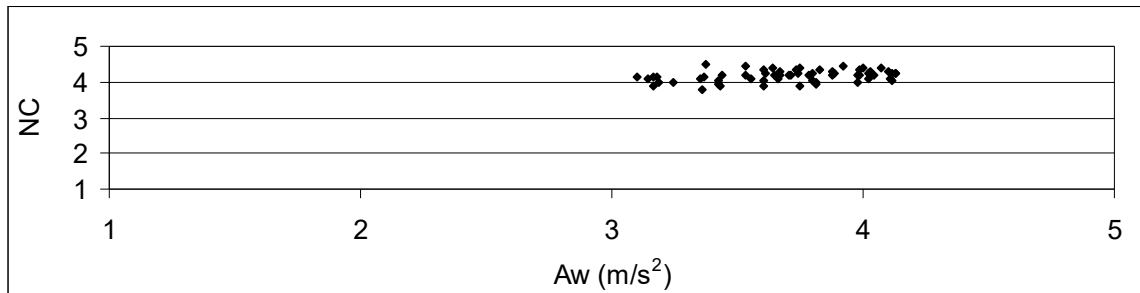


Figura 4.57 Dependența notei de confort (NC) funcție de amplitudinea răspunsului accelerației

4.3.4 Influența indicelui de masă corporală asupra transmisibilității vibrațiilor și asupra tensiunii arteriale

Studiu de caz XIX [288] Pentru a verifica modul în care vibrațiile se transmit prin corpul omenesc, precum și modul în care masa subiectului (body mass index) influențează acest lucru, s-a făcut următorul experiment: au fost plasați 10 subiecți (bărbați) pe sistemul vibrant; ei au avut aproximativ aceeași vârstă (22-25 de ani) și sunt într-o stare bună de sănătate; nici unul dintre ei nu practică sporturi în mod constant și au o activitate sedentară; 5 dintre bărbați sunt subponderali și 5 sunt supraponderali (Fig. 4.58).

Sistemul vibrant a fost setat să vibreze cu frecvențe cuprinse între 5-35 Hz (frecvențe periculoase pentru corpul omenesc) și cu amplitudinile $A=1, 1,5$ și 4mm . Timpul de iradiere a fost în toate cazurile 5min.

Accelerometrele au fost montate pe genunchi, în regiunea lombară și pe frunte. Transmisibilitatea a fost calculată ca raport între accelerația măsurată cu accelerometrul și accelerația sistemului vibrant.

Calculul mărimilor specifice au fost făcute cu Calculatorul HSE; în Fig. 4.59 s-a reprezentat VDV total și Fig. 4.60 s-a reprezentat expunerea totală $A(8)$. Pentru subiecții subponderali, VDV total este mai mare cu 11,66% decât pentru subiecții supraponderali. Același rezultat se obține și în cazul calculelor pentru expunerea totală $A(8)$, care este mai mare subiecții subponderali cu 11,73% față de subiecții supraponderali.



Figura 4.58
Subiect supraponderal pe sistemul vibrant

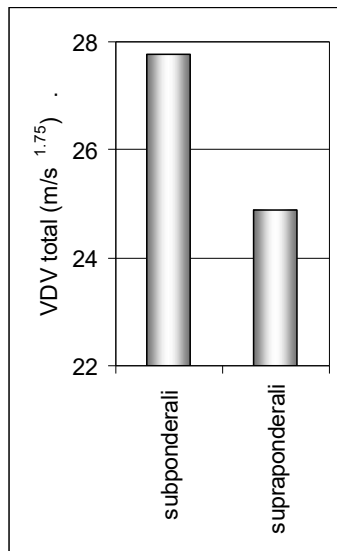


Figura 4.59 Reprezentarea VDV total pentru subponderali și supraponderali

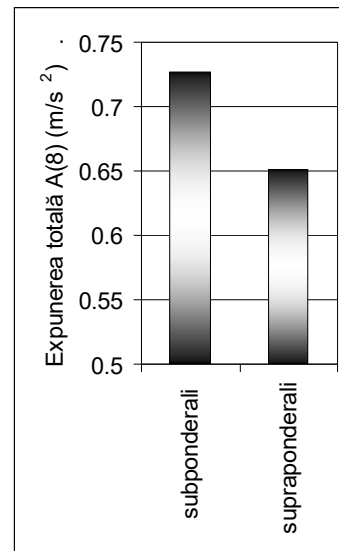


Figura 4.60 Reprezentarea expunerea totală A(8) pentru subponderali și supraponderali

În ceea ce privește transmisibilitatea, aceasta a fost calculată, pentru cele 3 situații analizate: cu accelerometrele montate la genunchi, în zona lombară și pe frunte, cu ecuația:

$$T = \frac{a_{\text{mas}}}{a_{\text{sist vibr}}} \quad (4.14)$$

Reprezentările grafice ale acestora sunt prezentate în Fig. 4.61, 4.62 și 4.63. Din aceste figuri se vede clar că, pentru persoanele supraponderale, transmisibilitatea este mai mică față de transmisibilitatea pentru persoanele slabe. De asemenea, se constată că transmisibilitatea scade exponențial cu creșterea frecvenței sistemului vibrant.

Tensiunea arterială a fost măsurată cu ajutorul unui tensiometru la nivelul încheieturii. După măsurătorile vibrațiilor și testele psihologice și senzoriale, s-a măsurat tensiunea arterială (sistolică și diastolică). Valorile sale anormale, nu numai că provoacă disconfort, dar pot deveni și foarte periculoase.

Figurile 4.64 și 4.65 ilustrează faptul că subiecții supraponderali, fumătorii și cei care beau mai mult de 200ml alcool/zi (când nu sunt pe vas) au hipertensiune arterială, dar care se încadrează sub gradele 1 și 2 ale hipertensiunii. Toți acești subiecți au fost și cei care nu au reușit să finalizeze testele psihologice la care au participat, iar rezultatele testelor Semmes-Weinstein și Likert au fost mai slabe decât cele ale celorlalți.

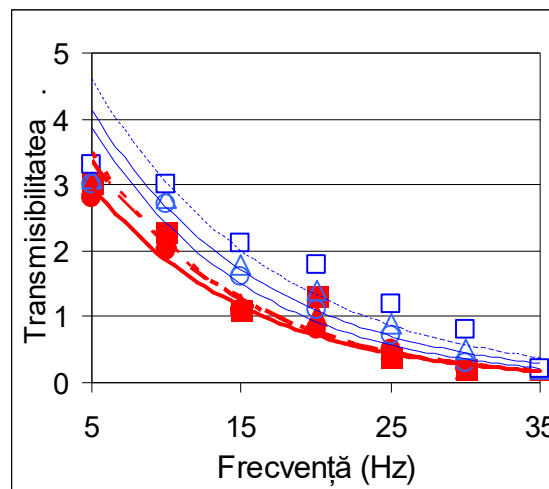


Figura 4.61 Variația transmisibilității pe banda de 5-35Hz pentru cele 3 amplitudini (genunchi)

a) Media BMI = 26,12 (supraponderali)

A=1mm (●) $T=4,8092 \cdot e^{-0,0951 \cdot \nu}$ ($R^2=0,9745$) (4.15)

A=1,5mm (▲) $T=5,5154 \cdot e^{-0,0985 \cdot \nu}$ ($R^2=0,9658$) (4.16)

A=4mm (■) $T=5,7469 \cdot e^{-0,1005 \cdot \nu}$ ($R^2=0,9356$) (4.17)

b) Media BMI = 18,27 (subiecți subponderali)

A=1mm (○) $T=6,2538 \cdot e^{-0,0953 \cdot \nu}$ ($R^2=0,9706$) (4.18)

A=1,5mm (△) $T=6,4408 \cdot e^{-0,0883 \cdot \nu}$ ($R^2=0,9384$) (4.19)

A=4mm (□) $T=6,9639 \cdot e^{-0,083 \cdot \nu}$ ($R^2=0,8531$) (4.20)

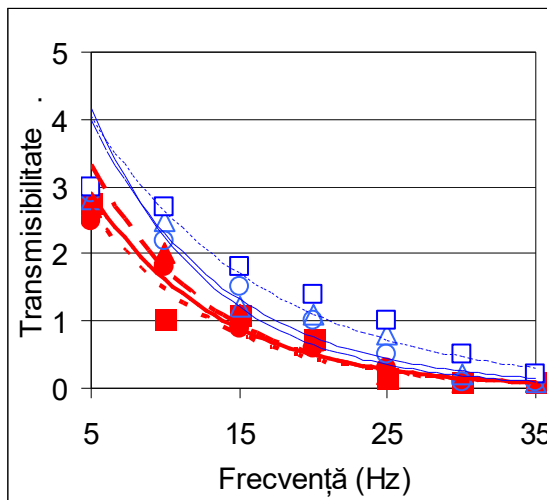


Figura 4.62 Variația transmisibilității pe banda de 5-35Hz pentru cele 3 amplitudini (lombară)

- a) Media BMI = 26,12 (supraponderali)
- A=1mm (●) $T=5,2554 \cdot e^{-0,1181 \cdot v}$ ($R^2=0,9716$) (4.21)
- A=1,5mm (▲) $T=6,2198 \cdot e^{-0,1256 \cdot v}$ ($R^2=0,9585$) (4.22)
- A=4mm (■) $T=4,8159 \cdot e^{-0,1188 \cdot v}$ ($R^2=0,9166$) (4.23)
- b) Media BMI = 18,27 (subiecți subponderali)
- A=1mm (o) $T=7,76 \cdot e^{-0,1242 \cdot v}$ ($R^2=0,9236$) (4.24)
- A=1,5mm (Δ) $T=6,921 \cdot e^{-0,1104 \cdot v}$ ($R^2=0,911$) (4.25)
- A=4mm (□) $T=6,2235 \cdot e^{-0,0863 \cdot v}$ ($R^2=0,9231$) (4.26)

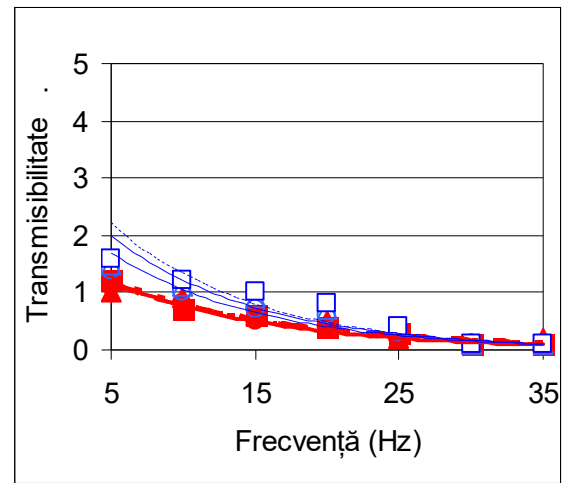


Figura 4.63 Variația transmisibilității pe banda de 5-35Hz pentru cele 3 amplitudini (frunte)

- a) Media BMI = 26,12 (supraponderali)
- A=1mm (●) $T=1,8528 \cdot e^{-0,0876 \cdot v}$ ($R^2=0,9704$) (4.27)
- A=1,5mm (▲) $T=1,6465 \cdot e^{-0,0737 \cdot v}$ ($R^2=0,8327$) (4.28)
- A=4mm (■) $T=1,9373 \cdot e^{-0,086 \cdot v}$ ($R^2=0,9466$) (4.29)
- b) Media BMI = 18,27 (subiecți subponderali)
- A=1mm (o) $T=2,7297 \cdot e^{-0,0955 \cdot v}$ ($R^2=0,9371$) (4.30)
- A=1,5mm (Δ) $T=3,2489 \cdot e^{-0,0981 \cdot v}$ ($R^2=0,9025$) (4.31)
- A=4mm (□) $T=3,6754 \cdot e^{-0,1015 \cdot v}$ ($R^2=0,8959$) (4.32)

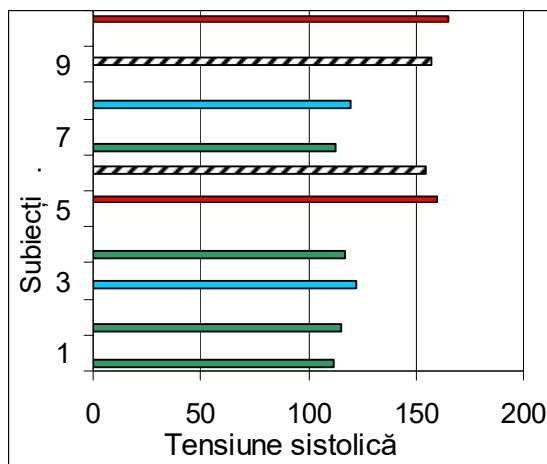


Figura 4.64 Variația medie a tensiunii arteriale (sistolice) pentru fiecare subiect (■) - Normal; (■) - Normal mare, (//) - Hipertensiune Grad 1; (■) - Hipertensiune Grad 2

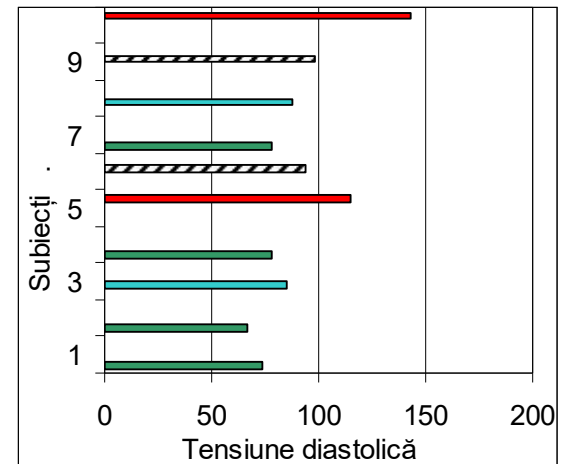


Figura 4.65 Variația medie a tensiunii arteriale (diastolice) pentru fiecare subiect (■) - Normal; (■) - Normal mare, (//) - Hipertensiune Grad 1; (■) - Hipertensiune Grad 2

Din cele prezentate în acest studiu, se poate vedea că, pentru cazurile studiate, dependența transmisibilității vibrațiilor funcție de frecvență este strict exponențială descrescătoare. De asemenea, se vede că transmisibilitatea undelor depinde puternic de BMI. Cu alte cuvinte, transmisibilitatea undelor elastice depinde de parametrii undelor, dar și de caracteristicile individuale ale fiecărei persoane.

4.3.5 Influența vibrațiilor și zgomotului asupra coordonării mișcărilor membrilor echipajului navelor fluviale

Studiu de caz XX [290] Scopul acestui studiu este de a face o analiză a vibrațiilor (WBV și HAV) și a zgomotului transmis personalului navigant pe o navă fluvială care circulă pe sectorul românesc al Dunării și de a urmări modul în care este afectată coordonarea mișcărilor marinarilor. Analiza a fost făcută pe un

Împingător cu 1000 CP, timp de 6 zile în ianuarie 2017: Temperatura exterioară a fost cuprinsă între $-17 \div -18^{\circ}\text{C}$ în timpul nopții și $-2 \div -3^{\circ}\text{C}$ în timpul zilei. Dunărea a fost parțial înghețată $\approx 70 \div 75\%$, vântul a fost puternic, cu rafale. Deplasarea a fost extrem de dificilă: viteza medie a fost de $2 \div 3 \text{ km/h}$; turele de lucru au fost de 4 ore. Echipajul era format din 6 persoane: 1 căpitan, 1 timonier, 1 mecanic, 3 marinari.

Echipajul este îmbătrânit, subiectul nr. 1 este obez, subiecții 2, 3 și 4 sunt supraponderali și subiecții 5 și 6 au o greutate normală. Dintre toți, doar o singură persoană nu fumează, iar jumătate dintre ei beau mai mult de 2 pahare de vin/zi (când nu sunt pe vas). De asemenea, jumătate dintre ei au spus că au probleme cardiovasculare și că toți au probleme personale.

Măsurătorile au fost făcute simultan în cabina de control și în interiorul sălii motoarelor (Fig. 4.66 și 4.67), în 4 situații: a) nava pornește de pe mal, b) nava în marș, c) manevra de acostare și d) la ralanti cu generatorul pornit.

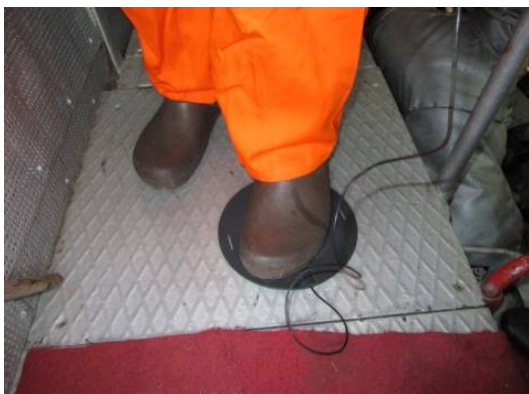


Figura 4.66 SEAT pad plasat sub picior



Figura 4.67 Accelerometrul triaxial plasat pe deget prin intermediul suportului

Acești subiecți lucrează în condiții dificile: sarcini multiple datorită echipajului redus numeric, spațiu limitat pentru odihnă și recreere, un program de lucru care nu este respectat, nu este suficient de somn (frecvent întrerupt), etc., factori care duc la performanțe mai mici pe care le-ar avea în condiții normale de lucru (program de 8 ore).

În vederea determinării eficienței coordonării mișcărilor membrilor echipajului, aceștia au rezolvat testul Purdue Pegboard cu mâna dreaptă, cu mâna stângă și cu ambele mâini; rezultatul fiind numărul de pini plasate în 30 de secunde. Testul a fost repetat de 3 ori în 3 zile diferite: ziua 1, ziua 4 și ziua 6 [244], obținându-se următoarele rezultate (Fig. 4.68):

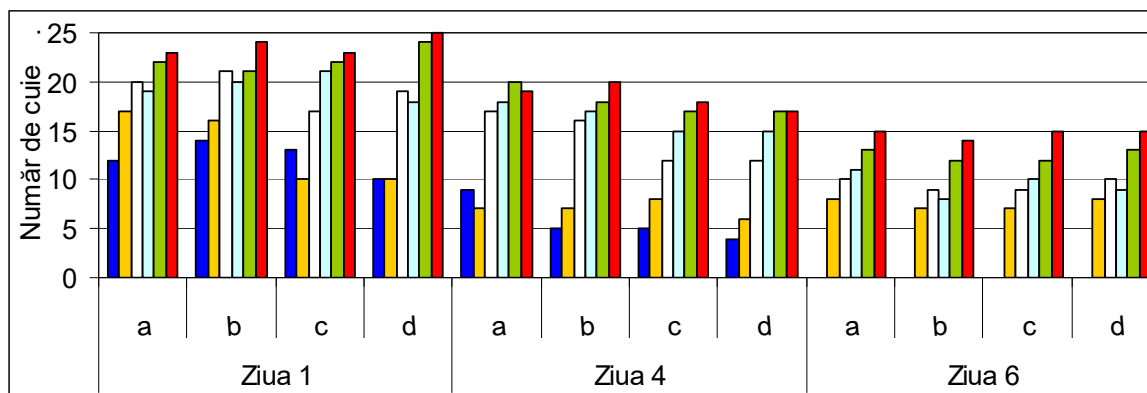


Figura 4.68 Număr de cuie băgate corect: (■) – Subiect 1; (■) – Subiect 2; (□) – Subiect 3; (■) – Subiect 4; (■) – Subiect 5; (■) – Subiect 6; a) nava pornește de pe mal, b) nava în marș, c) manevra de acostare și d) la ralanti cu generatorul pornit.

Din Fig. 4.68 se vede dependența numărului de cuie plasate corect în interiorul orificiilor care scade în timp, odată cu debutul oboselii. Cele mai bune rezultate obținute de subiectul 6, cu 76% pini corect așezați, urmată de subiectul 5 cu 70,33%. Subiecții 3 și 4 au avut rezultate apropiate: 57,3%, respectiv 60,3%. Subiectul 2 a avut doar 37%, iar subiectul 1 a refuzat să participe la experiment în ultima zi. Toate testele au fost efectuate la locul de muncă al fiecărui subiect.

Rezultă că performanța subiecților scade, pe măsură ce trec zilele și se acumulează oboseala; deci dacă în prima zi s-au obținut peste 20 de cuie plasate corect, în ultima zi, numărul lor a fost mai mic decât 15. De asemenea, rezultatele mai proaste au fost obținute de subiecții supraponderali sau obezi (care obolesc mai repede), precum și de către cei care au o vechime mai mică în muncă, deci sunt mai puțin obișnuiți cu stresul. De asemenea, vârsta subiecților are o influență mare asupra eficienței; echipajul este îmbătrânit, iar jumătate dintre subiecți au spus că au probleme de sănătate. Fumatul este un factor foarte important atunci când vine vorba de dexteritate, în consecință, asupra capacității de a rezolva un test care evidențiază însemnarea subiectului. Dacă la toate acestea se adaugă condițiile meteorologice total nefavorabile, există o acumulare de factori de risc care duc la rezultate modeste în ceea ce privește eficiența subiecților.

4.3.6 Influența temperaturii și umidității asupra personalului navigant

Studiu de caz XXI [259] Scopul acestui studiu este de a determina modul în care marinarii reacționează la un cumul de stresori externi mari: temperatură, umiditate relativă, zgomot și vibrații ale întregului corp. S-au făcut experimente pe marinari (36 de bărbați) pe 5 tipuri de nave, după cum urmează: A = împingător; B = remorcher; C = remorcher; D = remorcher-împingător; E = remorcher-împingător.

Temperatura în timpul verii (max 42°C afară) și iarna (min -16°C afară).

- Măsurarea parametrilor fizici: temperatura, umiditatea relativă, nivelul sonor și accelerațiile vibrațiilor transmise întregului corp.
- Teste pentru verificarea performanțelor umane: subiecții au răspuns la două tipuri de teste: primul se referă la o apreciere subiectivă a disconfortului cauzat de stresori și care utilizează scala Likert; al doilea test măsoară performanțele de lucru ale subiecților cu testul Semmes-Weinstein și Purdue Pegboard [309].

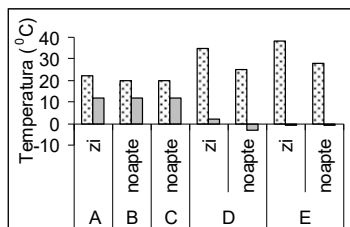


Figura 4.69 Temperaturi medii înregistrate pentru fiecare caz (●) - Media de vară; (■) - Media de iarnă

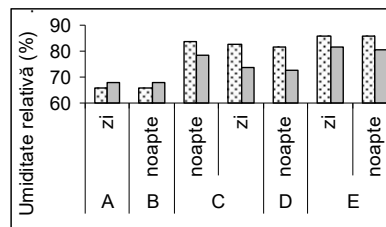


Figura 4.70 Umidități medii înregistrate pentru fiecare caz (●) - Media de vară; (■) - Media de iarnă

Se observă că cele mai proaste condiții de muncă sunt înregistrate în cazurile D+E (remorcher-împingător), unde depășirile înregistrează cele mai alarmante cote.

Pentru cazul A (împingător), care este dotat cu instalații moderne de climatizare, condițiile de muncă respectă normele unui lucru în condiții normale (Fig. 4.69 și 4.70). Starea mai proastă a navelor din cazurile din cazurile C, D și E se reflectă și asupra lipsei izolării fonice. Nivelul sonor este depășit în cazul E (remorcher-împingător) cu 15%; în schimb - pentru cazurile B+C - valorile nivelurilor sonore se găsesc în jurul valorii care declanșează acțiunea (85dB(A)). Doar în primele situații - împingător, acestea sunt sub 80dB(A) - valoarea inferioară de expunere care declanșează acțiunea [33].

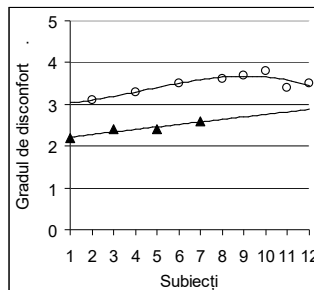


Figura 4.71 Variația disconfortului funcție de subiect (caz A): (▲) - Subiecții 1, 3, 5, 7 au declarat "Ușor"; (o) - Subiecții 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, "Puternic"

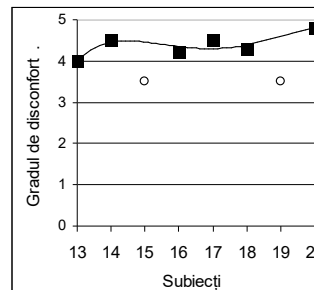


Figura 4.72 Variația disconfortului funcție de subiect (cazuri B+C): (o) - Subiecții 15, 19 au declarat "Ușor"; (■) - Subiecții 13, 14, 16, 17, "Puternic"

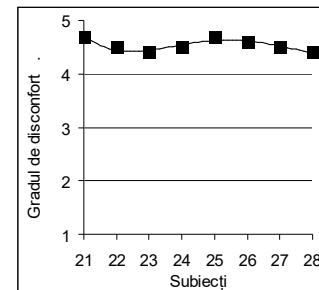


Figura 4.73 Variația disconfortului funcție de subiect (caz D): (■) - Toți subiecții (21 + 28) au declarat "Foarte puternic"

12 au declarat "Puternic"

18, 20 au declarat "Foarte puternic"

Și în cazul transmiterii vibrațiilor părților componente ale vaselor marinarilor apare același fenomen: vasele din cazurile C, D și E generează vibrații periculoase pentru personal și în ceea ce privește vibrațiile transmise întregului corp (WBV), cât și în cazul transmiterii vibrațiilor sistemului mână-braț (HAV).

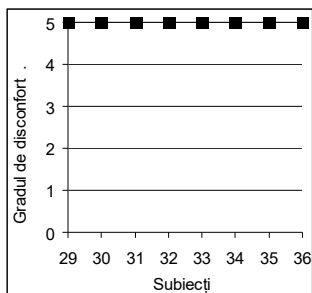


Figura 4.74 Variația disconfortului funcție de subiect (caz E): (■) - Toți subiecții (29 ÷ 39) au declarat "Foarte puternic" cu valoarea maximă 5

b) Teste pentru verificarea performanței umane

În a doua parte a studiului, subiecții au rezolvat testul Purdue Pegboard și testul Semmes-Weinstein după o tură de lucru. Gradul de disconfort a fost apreciat folosind scala Likert (Fig. 4.71÷4.74)

Subiecții au participat și la testul Purdue Pegboard; ei au fost rugați să bage 20 de cuie în găuri în maxim 30s. Acest experiment a avut loc și înainte și după terminarea turei de lucru. Rezultatele medii ale testului Purdue Pegboard pentru subiecți sunt prezentate în Fig. 4.75.

De asemenea, rezultatele medii ale testului Semmes-Weinstein pentru subiecți sunt prezentate în Fig. 4.76.

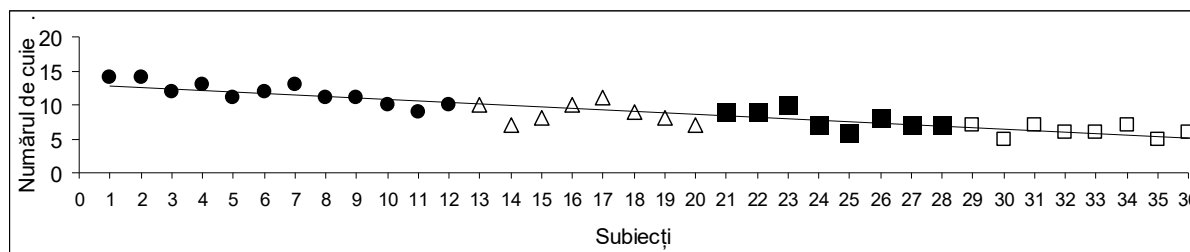


Figura 4.75 Rezultatele medii la testul Purdue Pegboard [(●) – Cazuri A+B; (Δ) – Caz C; (■) – Caz D; (□) – Caz E]

Fig. 4.75 arată că în nici un caz nu s-a obținut punctajul maxim (20 de cuie băgute în găuri). Rezultatele cele mai bune le au marinarii de pe împingătorul A și de pe remorcherul B.

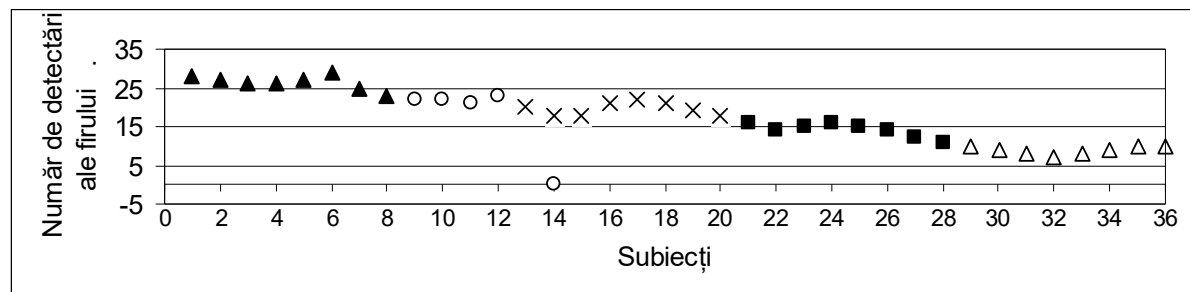


Figura 4.76 Rezultatele medii la testul Semmes-Weinstein [Caz A (▲); Caz B (o); Caz C (x); Caz D (■); Caz E (Δ)]

Și cazul acestui test s-au obținut rezultate similare celui anterior. Fig. 4.76 arată că în nici un caz nu s-au detectat toate atingerile (numărul maxim de atingeri este de 35). Media cea mai bună a fost atinsă de marinarii de pe împingătorul A.

Având în vedere cele analizate, se constată o nevoie acută de a investi foarte mult în înnoirea tuturor echipamentelor de pe vapoare. Căpitanii vaselor au o misiune foarte dificilă; de munca lor depind viețile altor oameni, precum și bunurile pe care le transportă. Ei muncesc în condiții grele și s-a constatat că ei nu pot avea o productivitate ridicată din cauza condițiilor improprie în care își desfășoară activitatea.

4.3.7 Analiza ritmului circadian al personalului navigator

Studiu de caz XXII [313] Ritmul biologic al organismelor vii reprezintă modul în care aceste organisme se adaptează la ritmurile solare și lunare [314]. În fiecare ciclu, perioada de timp în care procesul este mai activ se numește acrofază. Atunci când procesul este mai puțin activ, ciclul se află în fază minimă sau batifază [315].

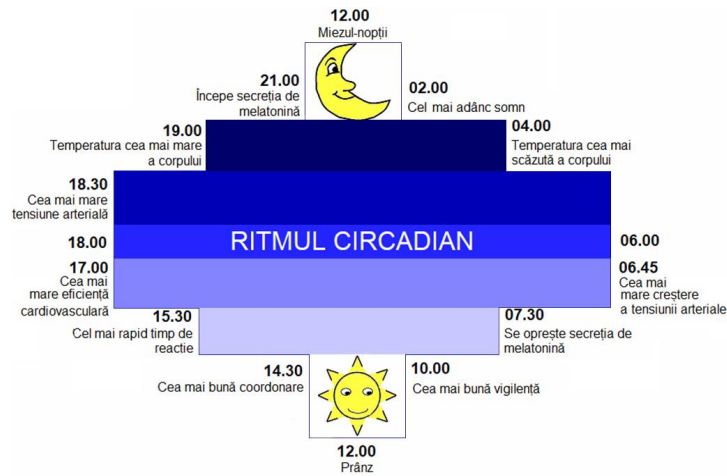


Figura 4.77 Ceasul biologic uman (după [316])

Evaluarea fiziologică a implicat determinarea fazei circadiene utilizând temperatura corpului și momentul de secreție a melatoninei. Evaluarea comportamentală a implicat jurnalele de somn și actigrafia).

În acest studiu este analizată modificarea ritmului circadian al personalului care muncește pe un vapor din cauza muncii în schimburi (SWD shift work disorder), a zgomotului ambiant și a vibrațiilor transmise de echipamentele de pe navă.

Studiul a fost făcut pe un vas împingător, cu 8 barje, cu un personal format din 1 căpitan, 1 secund, 1 timonier, 1 mecanic și 2 marinari, pe o perioadă de 6 zile, pe Dunăre în amonte, între Tulcea și Drobeta-Turnu Severin în luna august 2018. Marșul a fost 24/24 h.

Programul personalului navigant a fost 4/8. Determinările au fost făcute pe 3 persoane: timonier, 1 mecanic și 1 marinari. Acest lucru se datorează faptului că membrii echipajului au fost întrebați dacă sunt de acord cu experimentul și dintre cele 6 persoane, 3 nu au dorit. Programul teoretic de lucru al celor 3 lucrători este prezentat în Fig. 4.78.

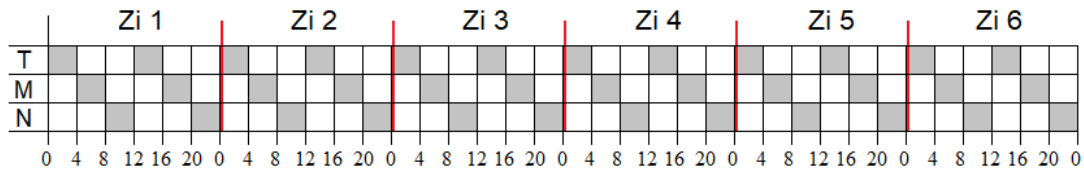


Figura 4.78 Programul teoretic de lucru (■ – Muncă; □ – Odihnă/Somn)
T – Timonier; M – Mecanic; N – Navigator (marinar)

Toți subiecții au o vârstă destul de înaintată, deci o mare experiență în meseria de marinar. Doi dintre cei trei subiecți sunt fumători și băutori. De asemenea, doi au probleme cardiovasculare și doi au declarat că au probleme personale. Toți subiecții sunt supraponderali ceea ce conduce la diferite probleme de sănătate. În timpul navigării, vremea a fost caldă, fără vânturi sau ploi. Aceste persoane au declarat că au tulburări de somn, din punct de vedere calitativ și cantitativ, somnolență, nervozitate, diminuarea atenției, cefalee, tulburări digestive, declanșarea unor boli cronice preexistente: cardiovasculare, gastrointestinale, psihice, etc.

Programul de lucru al celor 3 lucrători a fost prezentat în Fig. 4.78. În realitate, lucrurile stau diferit; oamenii muncesc peste program și nu își respectă orele de somn (Fig. 4.79). Într-o mare măsură, aceste abateri sunt și din cauza faptului că ritmul lor circadian este tulburat.

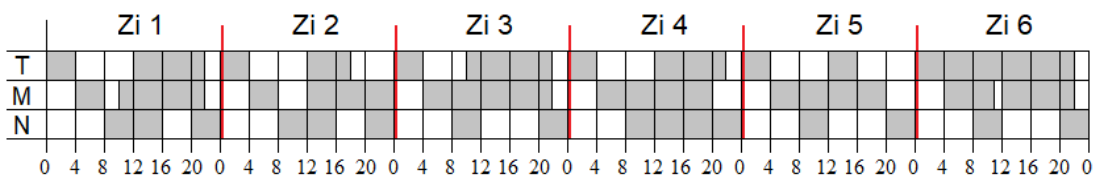


Figura 4.79 Programul real de lucru (■ – Muncă; □ – Odihnă/Somn)
T – Timonier; M – Mecanic; N – Navigator (marinar)

Făcând o paralelă între programul teoretic și cel real se vede că există o mare discrepanță, de ex: timonierul muncește în medie 14h/zi, mecanicul 16h/zi, iar marinarul 12h/zi. Aceste persoane nu respectă programul de lucru din foarte multe motive: personal insuficient, condiții de odihnă precare (zgomot, vibrații), modificarea ritmului circadian la programul impus, etc.

În vederea studierii acestor factori, au fost făcute următoarele determinări:

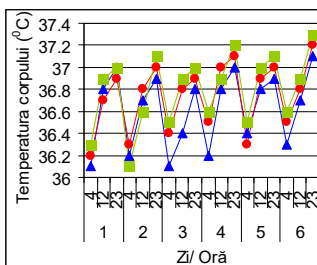


Figura 4.80 Variația temperaturii corpului la orele 4.00, 12.00 și 23.00
(▲) - Timonier; (●) - Mecanic; (■) - Marinar

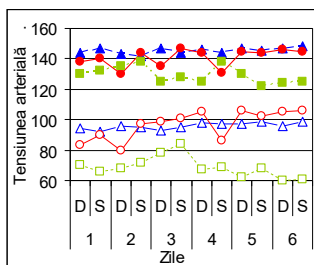


Figura 4.81 Variația tensiunii arteriale, dimineața (D) și seara (S)
(▲) - Timonier sistolică; (△) - Timonier diastolică; (●) - Mecanic sistolică; (○) - Mecanic diastolică; (■) - Marinar sistolică; (□) - Marinar diastolică.

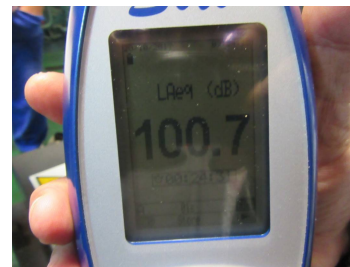


Figura 4.82 Sonometrul Blue Solo

1) Măsurarea temperaturilor corpurilor subiecților

Temperatura corpului a fost măsurată de 3 ori/zi: la ora 4, la 12 și la 23; valorile sunt prezentate în Fig. 4.80 pentru cei 3 subiecți.


2) Măsurarea tensiunii arteriale ale subiecților

Acestor persoane le-a fost măsurată tensiunea arterială de 2 ori/zi: dimineața și seara: 3 măsurători consecutive dimineața până la micul dejun, la interval de câteva minute una de cealaltă și 3 măsurători consecutive seara, între cină și culcare, de asemenea la o distanță de câteva minute una de cealaltă (Fig. 4.81).


3) Măsurarea nivelului sonor (Fig. 4.82) [260]

În Tabelele 4.13-4.15 sunt prezentate mediile măsurătorilor făcute pentru ziua 1, pentru cei 3 subiecți, având în vedere perioadele în care aceștia au muncit, precum și calculele aferente. Se introduc valorile $L_{Aeq}(dB)$ și se selectează durata expunerii (h). Durata până la 15min este suficient de precisă. Vor apărea puncte de expunere pentru fiecare intrare și va fi afișată expunerea zilnică totală la zgomot personal ($L_{EP,d}$).


Tabel 4.13 Calculul expunerii zilnice la zgomot (Ziua 1 – timonier)

|  HSE Health & Safety Executive | Noise Level (L_{Aeq} dB) | Exposure duration (h) | Exposure points (per period) | Exposure points/h |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Perioada 1 | 92 | 4 | 251 | 63 |
| Perioada 2 | 87 | 10 | 198 | 20 |
| | Total duration | 14 | | |
| Daily noise exposure ($L_{EP,d}$) | | 92 dB | 449 points | |

Tabel 4.14 Calculul expunerii zilnice la zgomot (Ziua 1 – mecanic)

|  HSE Health & Safety Executive | Noise Level (L_{Aeq} dB) | Exposure duration (h) | Exposure points (per period) | Exposure points/h |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Perioada 1 | 98 | 4 | 998 | 249 |
| Perioada 2 | 102 | 12 | 7518 | 626 |
| | Total duration | 16 | | |
| Daily noise exposure ($L_{EP,d}$) | | 104 dB | 8516 points | |

Tabel 4.15 Calculul expunerii zilnice la zgomot (Ziua 1 – marinar)

|  | Noise Level (L_{Aeq} dB) | Exposure duration (h) | Exposure points (per period) | Exposure points/h |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------|
| Perioada 1 | 103 | 8 | 6310 | 789 |
| Perioada 2 | 101 | 4 | 1991 | 498 |
| | Total duration | 12 | | |
| Daily noise exposure ($L_{EP,d}$) | | 104 dB | 8301 points | |

4) Măsurarea vibrațiilor transmise corpului (Fig. 4.83) [229]


În Tabelele 4.16 și 4.18 sunt prezentate mediile măsurătorilor făcute pentru ziua 1, pentru cei 3 subiecți, având în vedere perioadele în care aceștia au muncit, precum și calculele aferente. Se introduc valorile mărimii vibrațiilor (m/s^2) și se selectează durata expunerii (h). În acest mod vor apare automat mărimile caracteristice: VDV parțial, Expunere parțială A(8), Timpul pentru a ajunge la EAV (opțiunea VDV $9,1m/s^{1,75}$), Timpul pentru a ajunge la EAV (opțiunea A(8) $0,5m/s^2$), Timpul pentru a ajunge la ELV (opțiunea A(8) $1,15m/s^2$), Expunere totală A(8), și VDV total. La acest calculator se dă cheia de culori, rezultatele apărând colorate.




Figura 4.83 Măsurarea vibrațiilor transmise corpului în sala motoarelor cu Maestro

Se vede că, pentru **Total exposure A(8)** și pentru **Total VDV** sunt depășite valorile limită indicate de Directiva 2002/44/CE.


Tabel 4.16 Calculul expunerii la WBV (Ziua 1 – timonier)

|  | Vibration magnitude r.m.s. | Exposure duration | | Partial VDV $m/s^{1,75}$ | Partial exposure A(8) m/s^2 | Time to reach EAV VDV option $9,1 m/s^{1,75}$ | | Time to reach EAV A(8) option $0,5 m/s^2$ | | Time to reach ELV A(8) option $1,15 m/s^2$ | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|----|
| | | h | min | | | h | min | h | min | | |
| Perioada 1 | 3,1578 | 4 | | 48,4 | 2,23 | 0 | 0 | 0 | 12 | 1 | 4 |
| Perioada 2 | 3,5463 | 10 | | 68,4 | 3,96 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 50 |
| Total exposure A(8)=4,55m/s² | | | | | | Total VDV=72,3m/s^{1,75} | | | | | |

Tabel 4.17 Calculul expunerii la WBV (Ziua 1 – mecanic)

|  | Vibration magnitude r.m.s. | Exposure duration | | Partial VDV $m/s^{1,75}$ | Partial exposure A(8) m/s^2 | Time to reach EAV VDV option $9,1 m/s^{1,75}$ | | Time to reach EAV A(8) option $0,5 m/s^2$ | | Time to reach ELV A(8) option $1,15 m/s^2$ | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|----|
| | | h | min | | | h | min | h | min | | |
| Perioada 1 | 7,8546 | 4 | | 120,5 | 5,55 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 10 |
| Perioada 2 | 7,6812 | 12 | | 155,0 | 9,41 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 11 |
| Total exposure A(8)=10,92m/s² | | | | | | Total VDV=167,6m/s^{1,75} | | | | | |

Tabel 4.18 Calculul expunerii la WBV (Ziua 1 – marinar)

|  | Vibration magnitude r.m.s. | Exposure duration | | Partial VDV $m/s^{1,75}$ | Partial exposure A(8) m/s^2 | Time to reach EAV VDV option $9,1 m/s^{1,75}$ | | Time to reach EAV A(8) option $0,5 m/s^2$ | | Time to reach ELV A(8) option $1,15 m/s^2$ | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|----|
| | | h | min | | | h | min | h | min | | |
| Perioada 1 | 5,8766 | 8 | | 107,2 | 5,88 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 18 |
| Perioada 2 | 6,4572 | 4 | | 99,0 | 4,57 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 15 |
| Total exposure A(8)=7,44m/s² | | | | | | Total VDV=122,9m/s^{1,75} | | | | | |

5) Modificarea ritmului circadian

În munca în schimburi alternante apar suprasolicitări de ordin biologic, legate de fenomenul de desincronizare din cadrul activității profesionale și de neconcordanță între unele funcții ale organismului. Suprasolicitarea organismului are loc în momentul în care se trece de la un schimb la altul, deoarece se fac eforturi pentru a modifica ritmurile biologice. Lipsa cronică de somn are consecințe fizice și mentale pe termen lung și degradează performanțele umane.

Conform regulilor internaționale, există mai multe tipuri de schimburi care sunt folosite programele 3/9; 6/18 și 4/8.

Analiza ritmului circadian a fost făcută prin intermediul unei metode non-invazive de monitorizare a perioadelor de activitate și odihnă, pe o durată de cel puțin o săptămână, care se numește actigrafie. Actigraful, de forma unui ceas (Fig. 4.84) este purtat la nivelul încheieturii uneia dintre mâini. Mișcările la care este supus actigraful, prin intermediul mișcărilor mâinii, precum și expunerea la lumină sunt înregistrate în permanență; informațiile de pe actigraf sunt descărcate cu un soft, sub forma unor reprezentări grafice.

Acest dispozitiv este scos de la mână doar când se face duș, cu notarea clară a acestei perioade.



Figura 4.84
Actigraf GT9X

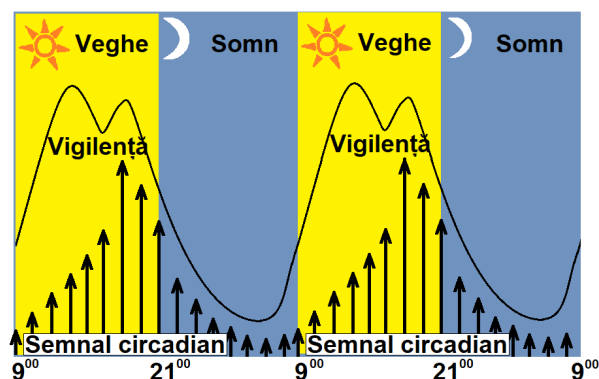


Figura 4.85 Ritm circadian normal (după [322])

Actigraful folosit este Bluetooth® Smart ActiGraph GT9X; el include un giroscop, magnetometru și accelerometru secundar pentru a furniza informații despre mișcare, rotație și poziția corpului. În Fig. 4.85 este prezentat un ritm circadian normal, iar în Fig. 4.86, ritmurile circadiene ale celor 3 subiecți.

Se vede că există mari diferențe între ritmul circadian normal și cel al personalului de pe navă.

Din Fig. 4.86 se vede că pentru timonierul de 57 de ani, care este și supraponderal, fumător, băutor și are probleme cardiovasculare, acest regim de muncă este extrem de solicitant.

În ceea ce privește ritmul circadian al mecanicului, acesta este total dereglat în primele 4 zile, când muncește - în medie - 20h/zi.

Referitor la marinar: acest subiect muncește până la 16h/zi; are perioade scurte de odihnă și nu întotdeauna în timpul nopții, când somnul este întrerupt deseori. Acest subiect are 52 de ani și este supraponderal, fumător, băutor și are probleme personale, care influențează mult capacitatea de muncă, dar și de odihnă. În concluzie, în urma măsurătorilor efectuate, s-a constatat că munca în schimburi afectează extrem de mult ritmul circadian al personalului navigant; acest lucru se manifestă pornind de la variații ale temperaturii corpului, care s-a observat că a crescut după mai multe nopți nedormite, până la creșterea tensiunii arteriale a subiecților. Aceste valori sunt influențate și de alți factori: stres, efort fizic, tabagism, consum de cafeină, consum de benzodiazepine, precum și de parametrii meteorologici sau de starea mediului în care subiecții muncesc (pe punte sau sub punte).

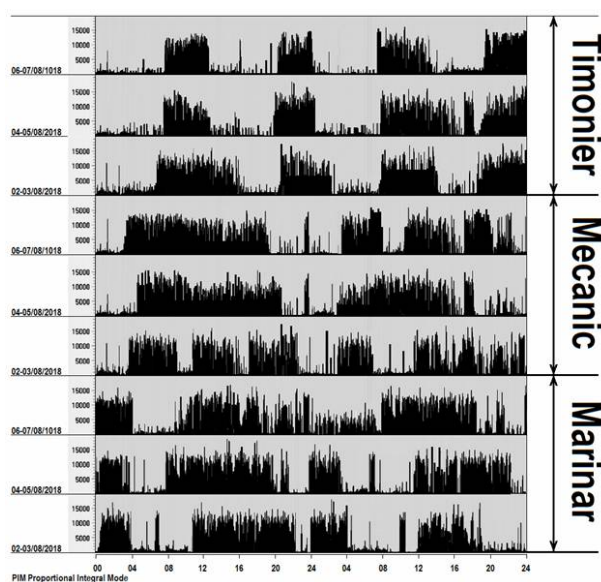


Figura 4.86 Ritmurile circadiene ale celor 3 subiecți

4.3.8 Influența muzicii asupra performanțelor umane

Studiu de caz XXIII [327] În ziua de azi se pune problema, mai mult ca oricând, a creșterii performanței oamenilor la locul de muncă. Pornind de aici, Rauscher et al (1993) au analizat efectul muzicii lui Mozart (Sonata K 448, despre care Alfred Einstein a spus că este "una dintre cele mai profunde și mai mature dintre toate compozițiile lui Mozart") asupra performanțelor unor subiecți. Rezultatele lor nu au fost edificatoare [328].

Efectul Mozart a mai fost studiat și de către Steele ș.a. (1999), Jenkins (2001), Schellenberg (2007), Ho ș.a. (2007), Pietschnig ș.a. (2010), MacDonald ș.a. (2011) și alții, fără a se ajunge la un rezultat clar.



Figura 4.87 Subiect în condiții experimentale:

1-proiector, 2-încălzitoare, 3-sistemul vibrat, 4-unitate cu 12 canale, 5-accelerometru triaxial, montat la nivelul capului, 6-placa plasată pe sistemul vibrat

La experiment au participat 61 de bărbați cu vârste cuprinse între 21+24 de ani, cu BMI normal (19+24), care au declarat în scris că sunt perfect sănătoși, că nu au probleme personale deosebite. Dintre aceștia, 43 sunt fumători și 2 băutori (mai mult de 2 pahare de vin/zi). Niciunul este obișnuit cu muzica simfonică.

Durata fiecărui experiment a fost 15min și a avut loc într-un laborator cu dimensiuni de 5,8m x 3,5m x 4,4m. Experimentul s-a dorit a fi unul care imită cât se poate de bine munca în condiții foarte dificile, de aceea s-a acționat simultan cu mai mulți stresori (Fig. 4.87):

a) *Vibrații mecanice pe axa Oz asupra întregului corp:* $a_z = 1,6$ și $4,2 \text{ m/s}^2$.

b) *Temperatura ambientală* (5 și 35°C): temperatura a fost variată, folosind trei încălzitoare electrice (la măsurarea temperaturii s-a fost luat în considerație și efectul Joule dat de proiectoare).

c) *Umiditatea relativă* (65 și 95%): umiditatea a fost variată folosind două umidificatoare cu aburi fierbinți. Temperatura și umiditatea au fost măsurate cu Kestrel 4000 Meteo & Environment Meter

d) *Lumină intensă* (500 și 2000lx): lumina a fost obținută cu două proiectoare portabile LED acumulatori 18650, lampa proiector lupă. Gradul de iluminare a fost măsurat cu Luxmetrul digital UT383 Uni-t.

e) *Ca fundal sonor* au fost alese trei cazuri:

i) Wolfgang Amadeus Mozart: Prima parte (5,44min) a Serenadei nr. 13 pentru coarde în Sol Major, KV 525, cunoscută și ca „Eine kleine Nachtmusik”; ansamblul se reduce la o orchestră de coarde alcătuită din numai 5 instrumente: două violi, o violă, un contrabas și un violoncel). Această primă parte se numește Serenade – Allegro;

ii) Ridolfo Luigi Boccherini: String Quintet in E major, Op. 11, No. 5, G 275 (3,34 min), cunoscută și ca „Minuetto”. Acest quintet de coardă este format dintr-un cvartet de coarde (două violi, viola, violoncel), cu un al doilea violoncel ca al cincilea instrument. Stilul lui Boccherini este caracterizat prin farmecul rococo, lejeritate și optimism și

iii) liniște.

Au fost alese aceste lucrări (spre deosebire de Sonata K 448 folosită până acum în studii) deoarece ambele variante de muzică reprezintă opere de aproximativ același tip, compuse în aproximativ aceeași perioadă, de compozitori având vârste apropiate; sunt vesele, optimiste, scrise într-un ritm alert, ușor recognoscibile, chiar dacă auditoriul nu este meloman.

Muzica se pune în reluare până la 15 min.

Subiecții au rezolvat următoarele teste de coordonare spațială, temporală și de inteligență în timpul în care sunt supuși stresorilor:

- ▶ Testul Purdue Pegboard (maxim 25 găuri)
- ▶ Testul Stroop Color și Word (maxim 18 cuvinte)
- ▶ Testul Comparing of Names (maxim 6 cuvinte) [217]

Testele au fost repetate de 3 ori în 3 zile diferite. În vederea studierii efectelor cumulate ale temperaturii, umidității, nivel sonor și vibrații transmise întregului corp asupra performanțelor subiecților, s-a folosit următoarea schemă de lucru (Tabel 4.19):

Tabel 4.19 Schemă de lucru

| Fundal sonor | Mozart max 45 dB | | Boccherini max 45 dB | | Liniște max 25 dB | |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| Numărul experimentului | A | B | C | D | E | F |
| Accelerația a_z (m/s ²) | 1,6 | 4,2 | 1,6 | 4,2 | 1,6 | 4,2 |
| Temperatura (°C) | 5 | 35 | 5 | 35 | 5 | 35 |
| Umiditatea relativă (%) | 65 | 95 | 65 | 95 | 65 | 95 |
| Gradul de iluminare (lx) | 500 | 2000 | 500 | 2000 | 500 | 2000 |
| Stres | S_{I-M} | S_{II-M} | S_{I-B} | S_{II-B} | S_{I-s} | S_{II-s} |

unde la Stres (S) indicele M se referă la Mozart, B la Boccherini și S la Silence (Liniște).

În timpul experimentelor au renunțat 17 subiecți în diferite etape. Din acest motiv, rezultatul se va referi doar la cei rămași până la final.

Rezultatele mediate ale testul Purdue Pegboard: În Tabelul 4.20 este prezentat rezultatul mediat al numărului de găuri nimerite de către cei 44 subiecți pentru cele 3 teste Purdue Pegboard identice repetate în 3 zile diferite.

Pentru fondul sonor Mozart, în cazul experimentului A, se vede că 11 subiecți au nimerit 20 de găuri și 10 subiecți au nimerit 21 de găuri (47,72% din totalul subiecților), în timp ce în cazul experimentului B, doar 5 subiecți au nimerit 20 de găuri (11,36%); în acest caz este de menționat că 10 subiecți au nimerit 18 găuri. Pentru fondul sonor Boccherini, în cazul experimentului C, se vede că 12 subiecți au nimerit 20 de găuri, 2 subiecți au nimerit 21 de găuri și 8 subiecți au nimerit 22 de găuri (50% din totalul subiecților), în timp ce în cazul experimentului D, doar 6 subiecți au nimerit 22 de găuri (13,63%); în acest caz este de menționat că 12 subiecți au nimerit 18 găuri. În situația în care determinările au avut loc în liniște, rezultatele au fost similare în cazul experimentului E: 22 de subiecți (50%) au nimerit peste 20 de găuri, dar distribuția a fost cea mai echilibrată. Surprinzător a fost ultimul rezultat (Experimentul F) și anume 12 subiecți (27,27%) au nimerit peste 20 de găuri: 4 subiecți au nimerit 20 de găuri și 8 subiecți au nimerit 21 de găuri.

Tabel 4.20 Rezultatele mediate ale testul Purdue Pegboard

| Stres | | S _{I-M} | S _{II-M} | S _{I-B} | S _{II-B} | S _{I-s} | S _{II-s} |
|---------------------------------------------------------------|----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Numărul experimentului | | A | B | C | D | E | F |
| Numărul de subiecți care au gestionat mai mult de 20 de găuri | 20 găuri | 11 | 5 | 12 | | 3 | 4 |
| | 21 găuri | 10 | | 2 | | 4 | 8 |
| | 22 găuri | | | 8 | 6 | 9 | |
| | 23 găuri | | | | | 2 | |
| | 24 găuri | | | | | 4 | |
| | 25 găuri | | | | | | |
| Total | | 21 | 5 | 22 | 6 | 22 | 12 |

Rezultatele mediate ale testul culorilor (Stroop Color and Word): În Tabelul 4.21 este prezentat rezultatul mediat al numărului de cuvinte corecte găsite de către cei 44 subiecți pentru cele 3 teste Stroop Color și Word identice repetate în 3 zile diferite.

Pentru fondul sonor Mozart, în cazul experimentului A, se vede că 15 subiecți au nimerit 15 cuvinte, 9 subiecți au nimerit 16 cuvinte și 2 subiecți au nimerit numărul maxim 18 cuvinte (50,09% din totalul subiecților), în timp ce în cazul experimentului B, doar 2 subiecți au nimerit 15 cuvinte (4,54%); în acest caz este de menționat că 12 subiecți au nimerit de 14 cuvinte. Pentru fondul sonor Boccherini, în cazul experimentului C, se vede că 17 subiecți au nimerit 15 de cuvinte, 6 subiecți au nimerit 16 de cuvinte și 2 subiecți au nimerit numărul maxim 18 de cuvinte (56,81% din totalul subiecților), în timp ce în cazul experimentului D, doar 3 subiecți au nimerit 17 de cuvinte (6,81%); în acest caz este de menționat că 16 subiecți au nimerit 14 cuvinte. În situația în care determinările au avut loc în liniște, rezultatele au fost surprinzătoare în cazul experimentului E: 29 de subiecți (65,9%) au nimerit peste 15 de cuvinte, astfel: 5 subiecți: 15 cuvinte, 10 subiecți: 17 cuvinte și 14 subiecți: numărul maxim 18 cuvinte. De asemenea, 10 subiecți au nimerit 14 cuvinte. În schimb, în cazul experimentului F, rezultatele sunt foarte proaste la un număr mai mare de 15 cuvinte, dar trebuie subliniat că 16 subiecți au nimerit 12 de cuvinte și 18 subiecți au nimerit 14 de cuvinte.

Rezultatele mediate ale testul de comparare a cuvintelor: În Tabelul 4.22 este prezentat rezultatul mediat al numărului de cuvinte potrivite corect de către cei 44 subiecți pentru cele 3 teste Comparing of Names identice repetate în 3 zile diferite.

Tabel 4.21 Rezultatele mediate ale testul culorilor (Stroop Color and Word)

| Stres | | S _{I-M} | S _{II-M} | S _{I-B} | S _{II-B} | S _{I-S} | S _{II-S} |
|-----------------------------------------------------------|------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Numărul experimentului | | A | B | C | D | E | F |
| Numărul de subiecți care au reușit mai mult de 15 cuvinte | 15 cuvinte | 15 | 2 | 17 | | 5 | 1 |
| | 16 cuvinte | 9 | | 6 | | | |
| | 17 cuvinte | | | | 3 | 10 | 2 |
| | 18 cuvinte | 2 | | 2 | | 14 | 1 |
| Total | | 26 | 2 | 25 | 3 | 29 | 4 |

Tabel 4.22 Rezultatele mediate ale testul Comparing of Names Test

| Stres | | S _{I-M} | S _{II-M} | S _{I-B} | S _{II-B} | S _{I-S} | S _{II-S} |
|----------------------------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Numărul experimentului | | A | B | C | D | E | F |
| Numărul de subiecți care au reușit mai mult de 5 cuvinte | 5 cuvinte | 13 | 15 | 4 | 9 | 4 | 6 |
| | 6 cuvinte | 31 | 24 | 37 | 32 | 40 | 38 |
| Total | | 44 | 39 | 41 | 41 | 44 | 44 |

Pentru fondul sonor Mozart, în cazul experimentului A, se vede că 13 subiecți au potrivit 5 cuvinte corecte, iar 31 subiecți au nimerit 6 cuvinte corecte, adică 100%. În cazul experimentului B, doar 5 subiecți nu au potrivit cuvintele corecte (11,36%); restul de 15 subiecți au ales corect 15 cuvinte și 24 de subiecți au ales corect toate cele 6 cuvinte. Pentru fondul sonor Boccherini, în cazul experimentelor C și D, se vede că doar câte 3 subiecți nu au potrivit minim 5 cuvinte corecte, iar 37 subiecți, respectiv 32 au potrivit maximul de 6 cuvinte corecte. În situația în care determinările au avut loc în liniște, rezultatele au fost foarte bune: 40 de subiecți (Experimentul E), respectiv 38 subiecți (Experimentul F) au potrivit maximul de 6 cuvinte corecte.

S-a constatat experimental că puterea de concentrare, focusarea asupra unuia sau mai multor taskuri devin deosebit de dificile, dacă un om muncește în condiții grele. În acest caz, WBV, temperatura, umiditatea și lumina puternică au constituit factorii stresori care au influențat mai mult sau mai puțin rezultatele testelor la care au fost supuși subiecții.

Se poate concluziona că influența unui anumit tip de muzică (în cazul de față Mozart *versus* Boccherini) nu au îmbunătățit vizibil rezultatele obținute în cadrul experimentelor. Din contră, rezultate mai bune s-au obținut în cazul în care a fost liniște. De altfel, subiecții au întrebat dacă în loc de muzica propusă, își pot pune muzica preferată, la nivelul sonor preferat. Neavând această opțiune au subliniat că acest tip de muzică nu numai că nu le dă o stare de bine, ci îi enervează și fac eforturi s-o ignore. De menționat că niciun subiect nu a potrivit toate cele 25 de găuri la primul test: Purdue Pegboard.

În cazul celui de-al doilea test, Stroop Color, au existat câte 2 subiecți care au atins numărul de cuvinte în prezența muzicii și 14 subiecți care au atins numărul maxim de cuvinte în absența muzicii. În ceea ce privește al treilea test, rezultatele au fost net superioare, dar și testul a fost mai simplu. Toate aceste rezultate relativ satisfăcătoare au fost obținute în condiții de laborator mai „blânde”: accelerația $a_2=1,6m/s^2$, temperatura= $5^{\circ}C$, umiditatea relativă= 65% și gradul de iluminare= $500lx$.

Când condițiile au devenit mai dificile: accelerația a crescut de 2,625 ori, temperatura de 7 ori, umiditatea de 1,46 ori și gradul de iluminare de 4 ori, rezultatele lor au fost extrem de modeste. Dacă pe lângă toate acestea, se adaugă condițiile reale de muncă (nu cele de laborator), se poate spune că orice stimulent care poate îmbunătăți munca și viața unui muncitor, duce la creșterea productivității.

În concluzie, nu putem spune că un anumit tip de muzică duce la o creștere a performanțelor intelectuale sau practice, așa cum au afirmat Rauscher ș.a. (1993) despre Sonata K448 a lui Mozart.

CAPITOLUL 5. MODELAREA MATEMATICĂ A RĂSPUNSULUI SISTEMULUI LOCOMOTOR UMAN SUPUS ACȚIUNII VIBRAȚIILOR MECANICE PERTURBATOARE

5.1 Considerații generale și ipoteze de lucru

În acest capitol, se va urmări configurarea și dezvoltarea unui model fizic în conformitate cu obiectivele principale ale studiului. Modelul trebuie să fie util în estimarea parametrilor dinamici esențiali, specifici răspunsului unui sistem multi-corp sub acțiunea unor excitații dinamice externe intense și variate, de natura vibrațiilor mecanice produse de diferitele sisteme tehnice, în interacțiune directă și nemijlocită cu sistemul locomotor al corpului uman. Într-o primă etapă, se va considera o configurație de bază, care să țină cont de funcționalitatea ansamblului picior - gambă - coapsă. În cea de a doua etapă, modelul respectiv va fi armonizat în conformitate cu restricțiile și solicitările suplimentare, impuse de sistemul muscular asupra structurii scheletului ansamblului modelat. A treia etapă va consta în evaluarea comparativă a răspunsului simulat, cu datele obținute pe care experimentală, în scopul validării conformității structurii și parametrilor modelului propus.

5.2 Modelul fizico-matematic simplificat al structurii scheletului piciorului uman

În conformitate cu cele prezentate în paragraful anterior, prima etapă a modelării constă în abordarea mișcării specifice piciorului uman supus acțiunilor exterioare de tip mecanic, ținând cont exclusiv de sistemul osos al acestuia. Ipotezele de lucru utilizate în configurarea structurii modelului fizico-matematic simplificat al scheletului piciorului uman sunt următoarele și anume:

- Se consideră faptul că CG al fiecărei componente a modelului este situat pe dreapta care unește punctele extreme-punctele de legătură a acestei componente cu cele adiacente.
- Simularea răspunsului piciorului uman la solicitările mecanice externe va fi realizată exclusiv în planul vertical longitudinal al acestuia - plan paralel cu planul sagital al corpului uman. Astfel, din ansamblul gradelor de libertate ale articulațiilor soldului, genunchiului, piciorului, precum și ale celor din diferitele elemente scheletale, vor fi preluate și modelate doar cele care asigură mișcarea plan-paralelă în planul menționat anterior.
- Elementele componente ale modelului vor avea o structură internă omogenă, astfel încât să faciliteze evaluarea parametrilor geometrici și inerțiali proprii.
- O serie de parametri specifici (masici și geometrici) vor fi preluați corespunzător din literatura de specialitate disponibilă în momentul efectuării studiului.
- Monitorizarea răspunsului sistemului considerat se va efectua prin achiziția răspunsului elementelor componente în timp real, pe durata realizării testului (date numerice, respectiv experimentale). Semnalele considerate vor fi cele corespunzătoare mișcării centrului de greutate al fiecărei componente, precum și cele ale variațiilor unghiulare evaluate în punctele de articulație (sold, genunchi, picior).
- Analiza răspunsului sistemului considerat va fi realizată pe două direcții și anume: evoluția în timp a semnalelor monitorizate și, respectiv, compoziția spectrală a acestor semnale. Analiza comparativă și concluzivă va fi realizată exclusiv pe baza diagramelor spectrale. Se face mențiunea că analiza spectrală a fost realizată pe componenta amplitudine a spectrului, deoarece faza acestuia prezintă, în general, o variație extrem de rapidă și intensă, neconcludentă în contextul obiectivului acestui studiu (această variație este materializată, din punct de vedere grafic, prin una sau mai multe zone în care, deși prin tehnici numerice, evoluția poate fi estimată, rezultatele nu oferă informații semnificative).

Ținând cont de ipotezele generale prezentate anterior, modelul simplificat al scheletului piciorului uman, în contextul îndeplinirii obiectivelor acestui studiu, este prezentat schematic în Fig. 5.1, unde parametrii au următoarele semnificații și anume: $m_{1,2,3}$ masele celor trei componente (respectiv coapsă, gambă, picior), $\theta_{1,2,3}$ unghiurile celor trei componente, evaluate relativ la axa verticală a sistemului de coordonate, F_{ex} excitația exterioară, aplicată sistemului după o direcție înclinată cu unghiul α față de orizontală. Soldul, genunchiul și, respectiv, articulația piciorului au fost considerate, în această primă aproximare a modelului, articulații simple de clasă C5. Simulările au fost efectuate utilizând un singur set de valori caracteristice (corespunzătoare unui singur subiect uman), astfel încât să fie posibilă o analiză comparativă unitară și pertinentă a datelor simulate cu cele experimentale.

Deși abaterile înregistrate între caracteristicile măsurate și cele estimate pe baza schemelor de calcul din literatura disponibilă, nu au depășit 0,56%, pentru testele de laborator a fost ales subiectul uman care a corespuns cel mai bine cu datele estimate teoretic. Valorile efective utilizate în cadrul simulărilor pe modelul din Fig. 5.1 sunt următoarele: $m_1=7,00\text{kg}$, $m_2=3,25\text{kg}$, $m_3=1,00\text{kg}$, $L_1=0,460\text{m}$, $L_2=0,400\text{m}$, $L_3=0,250\text{m}$, $L_{CG1}=0,220\text{m}$, $L_{CG2}=0,170\text{m}$, $L_{CG3}=0,120\text{m}$.

Modelul fizic schematizat în Fig. 5.1, a fost implementat într-o aplicație Matlab-Simulink-SimMechanics, având structura prezentată în Fig. 5.3. Prelucrarea finală a rezultatelor a fost realizată cu ajutorul unor aplicații suplimentare dezvoltate în limbajul de programare Matlab.

Un avantaj suplimentar al aplicațiilor SimMechanics este dat de posibilitatea vizualizării în timp real a mișcării modelului implementat în cadrul unei ferestre special destinate acestui scop - a se vedea imaginea din Fig. 5.2. În cadrul acestei opțiuni, fiecare element component este reprezentat printr-o serie de segmente de dreaptă care unesc centrul de greutate și punctele de legătură cu restul sistemului.

Pentru evaluarea răspunsului sistemului considerat, au fost propuse următoarele mărimi specifice și anume: excitația cinematică, accelerațiilor celor trei componente (coapsă, gambă, talpă), precum și variațiile unghiulare ale celor trei componente, relativ față de verticală, considerate în punctele de articulație (șold, genunchi și, respectiv, articulația piciorului).

În Fig. 5.4+5.6 excitația este de tip cinematic - deplasare armonică impusă, aplicată la un unghi de 75° față de direcția orizontală, având amplitudinea de $0,004\text{m}$ și frecvența de 5Hz (ceea ce corespunde unei surse generatoare cu 300rot/min).

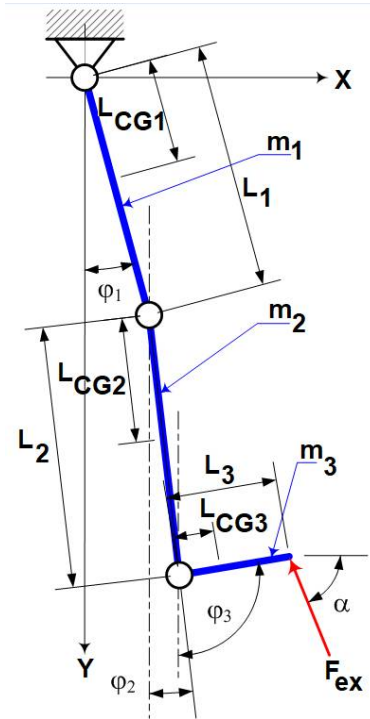


Figura 5.1 Schema modelului simplificat destinat analizei răspunsului dinamic al piciorului uman, supus la acțiuni mecanice externe

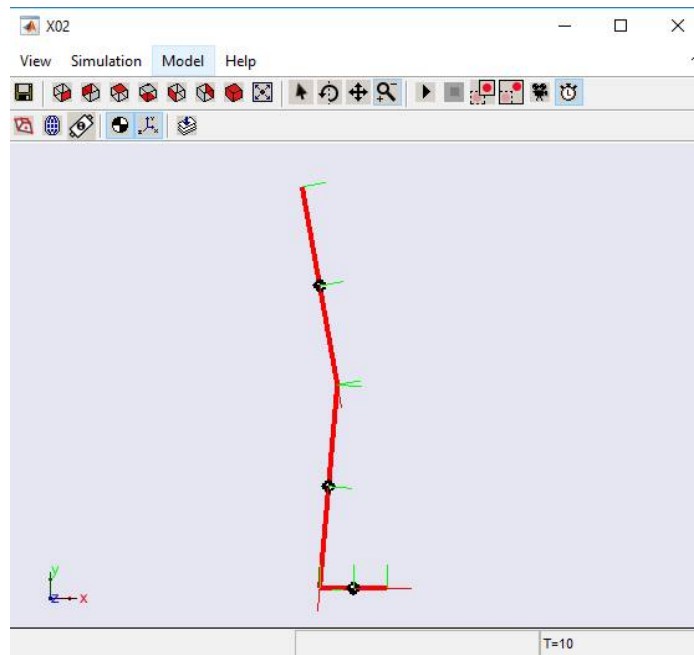


Figura 5.2 Fereastra aplicației Matlab-Simulink pentru reprezentarea grafică a rezultatelor în timp real (simularea dinamicii sistemului pentru fiecare pas al algoritmului de calcul)

Ținând cont de obiectivul principal al acestui capitol și de ipotezele enunțate inițial, au fost evaluate compozițiile spectrale ale mărimilor de răspuns. Rezultatele obținute, în termeni de amplitudine spectrală în funcție de frecvență, sunt prezentate în Fig. 5.4 - pentru componentele orizontale ale accelerațiilor, în Fig. 5.5 - pentru componentele verticale ale accelerațiilor și, respectiv, în Fig. 5.6 - pentru variațiile celor trei deplasări unghiulare.

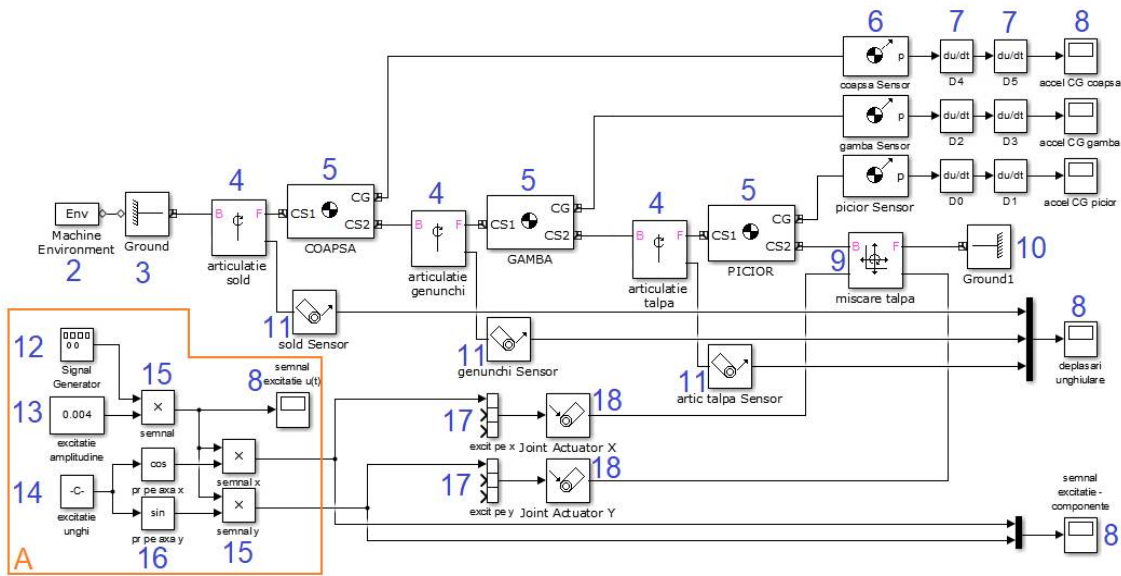


Figura 5.3 Schema de lucru a aplicației Matlab-Simulink asociată modelului din fig. 5.1

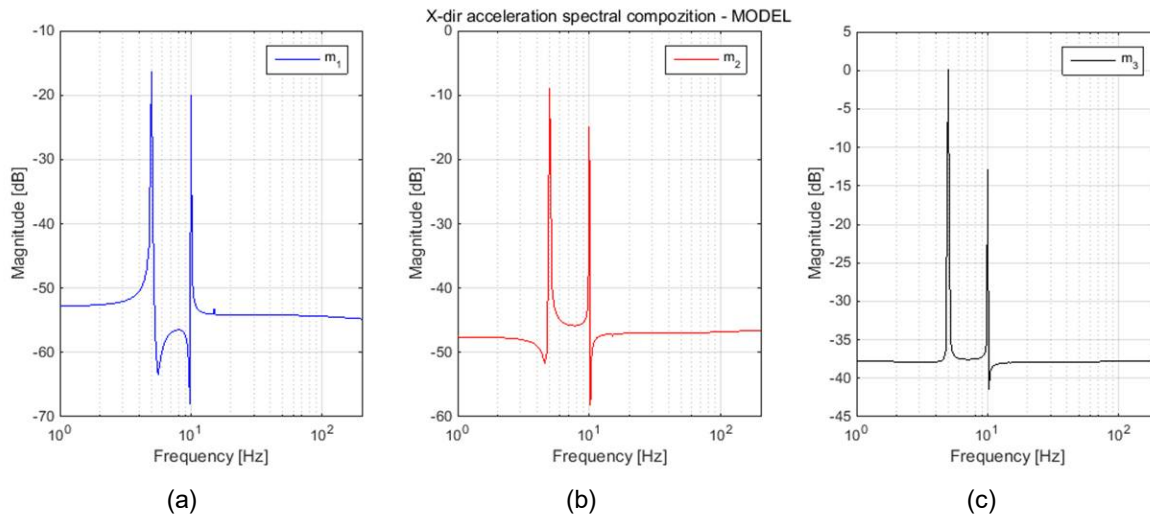


Figura 5.4 Răspunsul în domeniul frecvență al modelului simplificat, pe direcția orizontală, pentru masa m_1 (a), masa m_2 (b), masa m_3 (c)

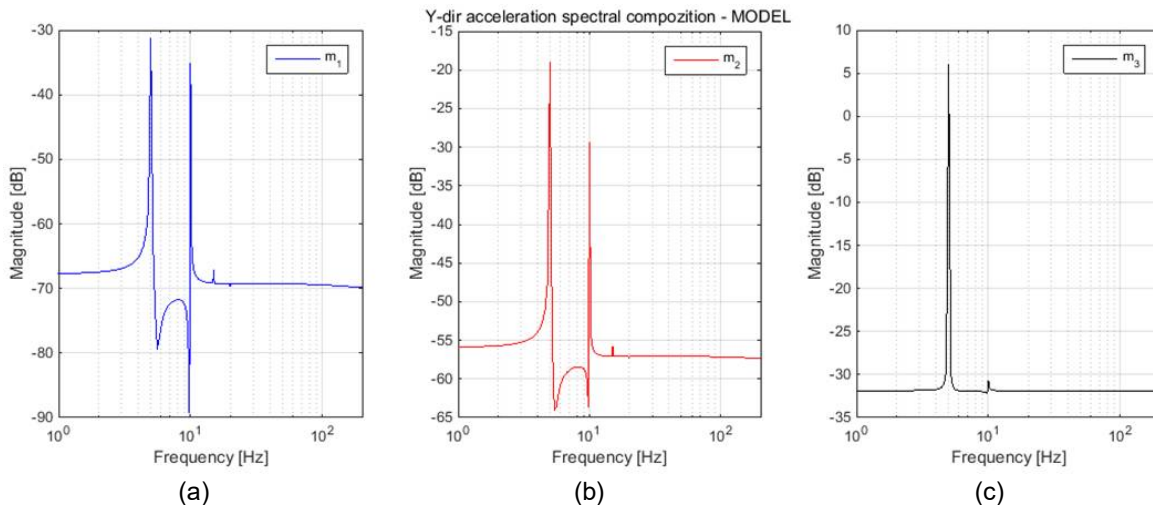


Figura 5.5 Răspunsul în domeniul frecvență al modelului simplificat, pe direcția verticală, pentru masa m_1 (a), masa m_2 (b), masa m_3 (c)

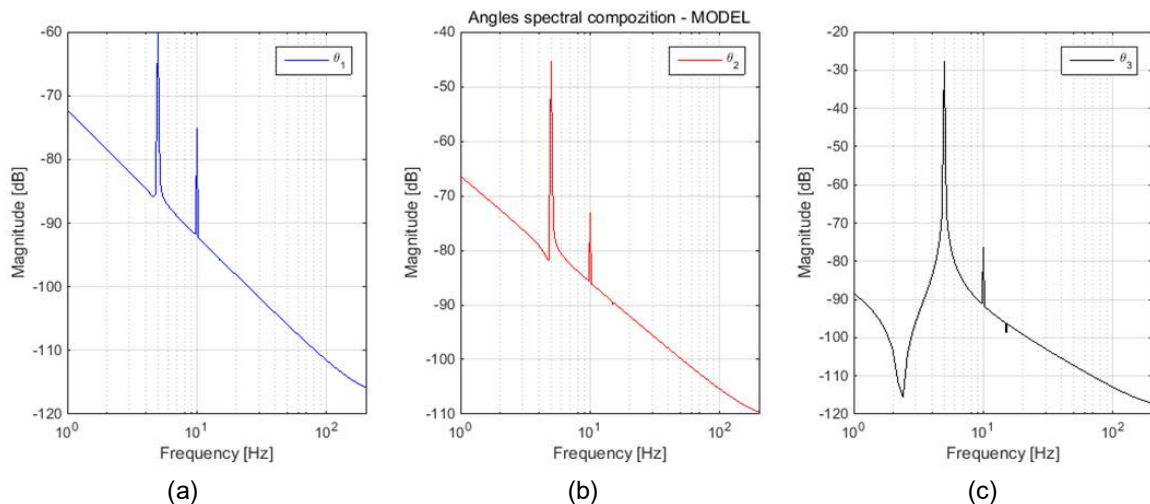


Figura 5.6 Răspunsul în domeniul frecvență al modelului simplificat, pentru rotirile θ_1 -(a), θ_2 -(b), θ_3 -(c)

5.3 Modelul fizico-matematic al piciorului uman cu simularea acțiunii sistemului muscular

În acest subcapitol este prezentată abordarea de tip complex a modelului fizico-matematic al piciorului uman, supus acțiunilor mecanice exterioare. Această abordare pleacă de la structura schematizată în Fig. 5.1, armonizată pentru a oferi capabilitatea suplimentară de simulare a restricțiilor dinamice impuse de acțiunile sistemului muscular asupra celui scheletal. Configurația structurală și funcțională a sistemului muscular al piciorului (sistemului locomotor) uman este suficient de complexă încât, o implementare urmărind principiul "punct-cu-punct", ar conduce la un model (foarte) greu rezolvabil, conținând neliniarități, atât de ordin geometric, cât și funcțional. O abordare echivalentă a acestui sistem, cu abstractizarea configurației structural-geometrice efective, prin încorporarea acestora într-o formulare sintetică (dar consistentă) a abstractizării structural-funcționale, constituie o alternativă viabilă de modelare și simulare.

Se poate considera (și se va demonstra ulterior) că o echivalare conservativă și, respectiv disipativă, a acțiunilor simultane ale grupelor de mușchi implicați în coordonarea sistemului scheletal, este o variantă suficient de viabilă, cel puțin în contextul îndeplinirii obiectivelor acestui studiu. În acest sens, schematizarea modelului inițial (a se vedea Fig. 5.1) a fost completată cu trei module funcționale, de tip restrictiv pentru mișcarea specifică celor trei articulații. Aceste module funcționale prezintă capabilitatea de a simula restricții de tip elastic și, respectiv, de tip disipativ vâscos.

Pentru a facilita analiza comparativă, parametrii excitației respective sunt identici cu cei utilizați în cazul anterior. Diferența constă în faptul că durata de simulare a comportării dinamice a fost majorată, cu scopul de a evita efectele regimului tranzitoriu care se manifestă în prima parte a răspunsului dinamic.

Compozițiile spectrale ale parametrilor monitorizați în acest caz (modelul complex), au fost de asemenea evaluate, iar rezultatele sunt prezentate respectiv în Fig. 5.7+5.9.

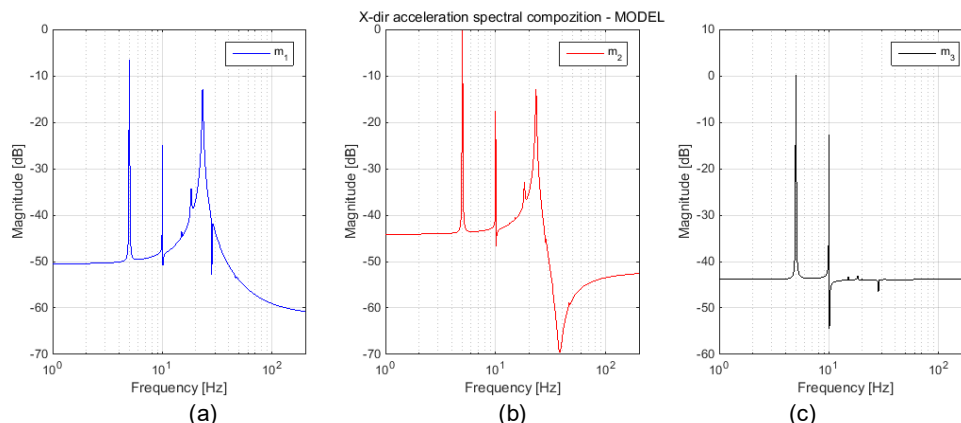


Figura 5.7 Răspunsul în domeniul frecvență al modelului complex, pe direcția orizontală, pentru masa m_1 (a), masa m_2 (b), masa m_3 (c)

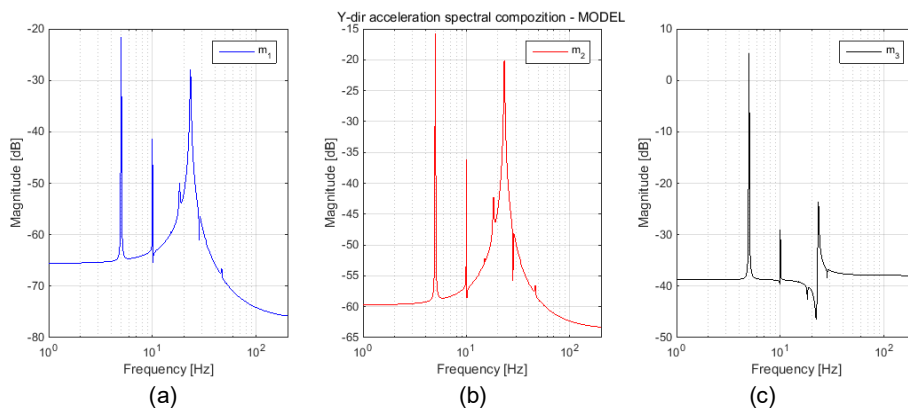


Figura 5.8 Răspunsul în domeniul frecvență al modelului complex, pe direcția verticală, pentru masa m_1 (a), masa m_2 (b), masa m_3 (c)

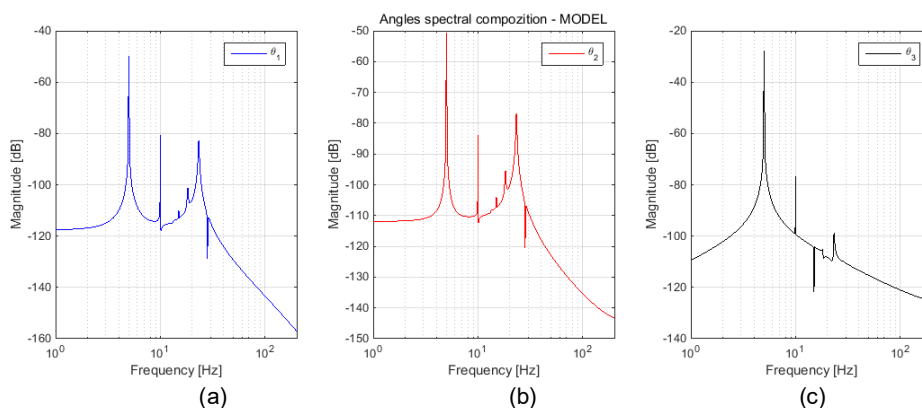


Figura 5.9 Răspunsul în domeniul frecvență al modelului complex, pentru rotirile θ_1 (a), θ_2 (b), respectiv θ_3 (c)

5.4 Validarea rezultatelor numerice prin rezultate experimentale

În scopul validării rezultatelor simulate, a fost considerată o configurație experimentală, de laborator, pe un subiect uman având configurația geometrică a sistemului locomotor corespunzătoare valorilor adoptate în urma studiului inițial Imaginea de ansamblu a configurației experimentale, capabilă să simuleze un caz operațional frecvent întâlnit în practica curentă, este prezentată în Fig. 5.13.

Sistemul de achiziție a datelor este format din trei accelerometre de tip triaxial PCB Piezotronics 356A16 și un sistem complex de achiziție, măsurare și analiză a vibrațiilor transmise omului NetdB. Pre-procesarea și managementul datelor a fost făcută cu software-ul dBFA Suite. Post-procesarea și analiza datelor au fost realizate cu ajutorul unor aplicații dezvoltate în mediul Matlab, cu scopul de a facilita analiza comparativă unitară a rezultatelor experimentale cu cele rezultate din simulările pe modele numerice.

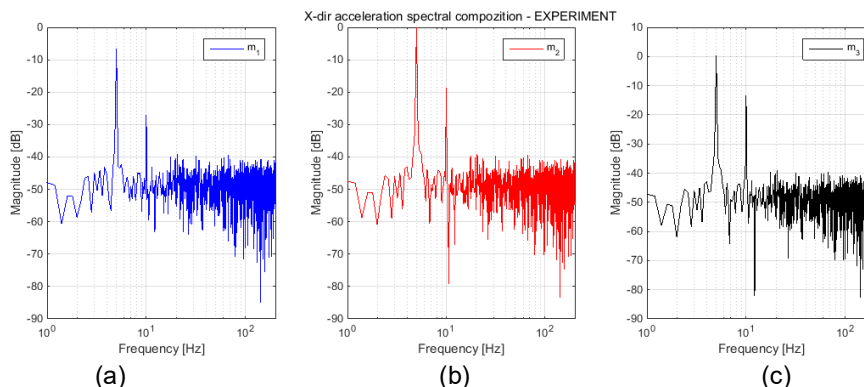


Figura 5.10 Răspunsul în domeniul frecvență, obținut prin teste de laborator pe sistemul real (subiect uman), pe direcția orizontală, pentru masa m_1 (a), masa m_2 (b), masa m_3 (c)

Evitarea regimurilor tranzitorii a fost obținută prin decuparea unei zone temporale corespunzătoare unui regim dinamic cvasistaționar (efectiv, pentru analiză, a fost considerată o durată de cinci secunde, începând cu secunda a zecea din momentul inițierii procesului dinamic excitator).

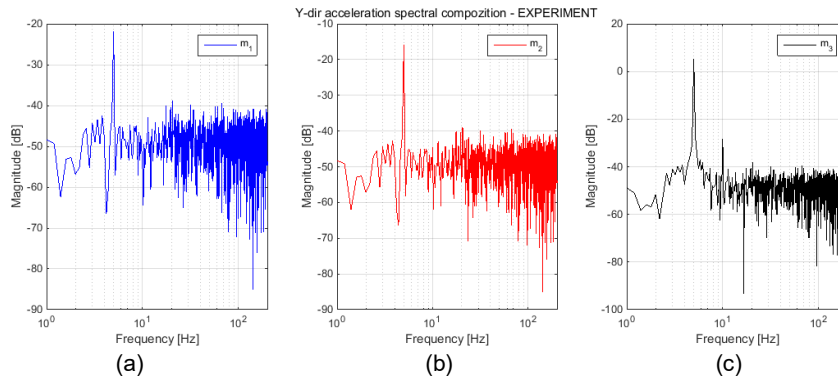


Figura 5.11 Răspunsul în domeniul frecvență, obținut prin teste de laborator pe sistemul real (subiect uman), pe direcția verticală, pentru masa m_1 (a), masa m_2 (b), masa m_3 (c)

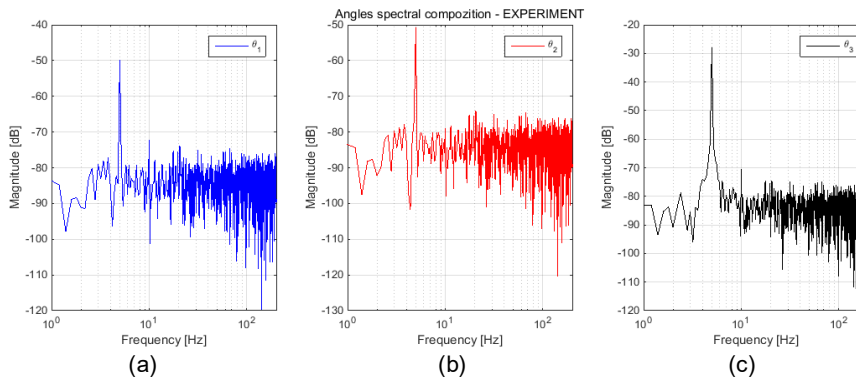


Figura 5.12 Răspunsul în domeniul frecvență, obținut prin teste de laborator pe sistemul real (subiect uman), corespunzător rotirilor θ_1 (a), θ_2 (b), respectiv θ_3 (c)

Analog situațiilor simulate pe modele numerice, variațiile temporale ale semnalelor monitorizate au fost analizate din punctul de vedere al compoziției spectrale, evident insistându-se pe amplitudinea spectrală. Rezultatele sunt prezentate în Fig. 5.10 - componenta orizontală a accelerațiilor, Fig. 5.11 - componenta verticală a accelerațiilor și, respectiv, Fig. 5.12 - variațiile deplasărilor unghiulare din articulații.



Figura 5.13 Configurația experimentală utilizată pentru evaluarea răspunsului piciorului uman supus unei excitații de tip vibrație mecanică

5.5 Discuții

În acest paragraf vor fi prezentate o serie de discuții punctuale, referitoare la rezultatele obținute, precum și o analiză comparativă a acestora.

În ceea ce privește amplitudinea spectrală a parametrilor monitorizați, pentru cele trei situații considerate, se constată uniformitatea și consistența rezultatelor obținute respectiv pentru fiecare categorie de semnale monitorizate, cu unele diferențieri semnificative între situații.

Pentru prima situație (modelul simplificat), se observă prezența a două componente spectrale semnificative (4,998 și 9,996 Hz) – Fig. 5.5+5.7 și a uneia suplimentare, prezentă în special în componenta pe axa Y a accelerațiilor (14,99 Hz) - Fig. 5.6. Trecând la modelul complex (situația a doua), se constată apariția suplimentară pe diagramele spectrale a unei componente dominante,

În jurul valorii de 23,25 Hz, precum și unor componente cu amplitudine redusă în jurul valorilor de 18 și 28 Hz. Suplimentar, în compoziția spectrală a variațiilor unghiulare, se poate identifica valoarea de 15 Hz, cu amplitudine semnificativ redusă.

Dacă se iau în considerare diagramele situației experimentale, rezultatele identificabile se reduc substanțial. Astfel, spectrele accelerațiilor pun în evidență cu claritate valorile de aproximativ 5 și 10 Hz, în zona superioară valorii de 10 Hz fiind dificil de identificat alte valori semnificative (spectrul devenind foarte "zgomotos"). În ceea ce privește spectrele variațiilor unghiulare, acestea furnizează valoarea dominantă de aproximativ 5 Hz, după care evoluția spectrală fiind caracterizată de o bandă de frecvențe cu amplitudini aproximativ constante, fără evidențieri semnificative.

Tabel 5.1 Frecvențele semnificative în spectrele răspunsului sistemului pentru situațiile analizate

| Caz | Sursa | Frecvențe [Hz] | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| simplu | model | a_{Y-m1} | 4,998 | 9,996 | 14,99 | 20,01 | | | | | | |
| | | a_{Y-m2} | 4,998 | 9,996 | 14,99 | 20,01 | | | | | | |
| | | a_{Y-m3} | 4,998 | 9,996 | | | | | | | | |
| | | a_{X-m1} | 4,998 | 9,996 | 14,99 | | | | | | | |
| | | a_{X-m2} | 4,998 | 9,996 | | 20 | | | | | | |
| | | a_{X-m3} | 4,998 | 9,996 | | | | | | | | |
| | | $\Delta\theta_1$ | 4,998 | 9,996 | | | | | | | | |
| | | $\Delta\theta_2$ | 4,998 | 9,996 | | | | | | | | |
| | | $\Delta\theta_3$ | 4,998 | 9,996 | 14,99 | | | | | | | |
| complex | model | a_{Y-m1} | 4,999 | 9,998 | | 18,2 | 23,2 | 28,19 | | 46,49 | | |
| | | a_{Y-m2} | 4,999 | 9,998 | | 18,3 | 23,3 | 28,19 | | 46,59 | | |
| | | a_{Y-m3} | 4,999 | 9,998 | | 18,2 | 23,3 | 28,19 | | | | |
| | | a_{X-m1} | 4,999 | 9,998 | | 18,3 | 23,3 | 28,19 | | | | |
| | | a_{X-m2} | 4,999 | 9,998 | | 18,2 | 23,2 | | 38,39 | | | |
| | | a_{X-m3} | 4,999 | 9,998 | | | | 28,19 | | | | |
| | | $\Delta\theta_1$ | 4,999 | 9,998 | 15 | 18,3 | 23,2 | 28,19 | | | | |
| | | $\Delta\theta_2$ | 4,999 | 9,998 | 15 | 18,3 | 23,2 | 28,19 | | | | |
| | | $\Delta\theta_3$ | 4,999 | 9,998 | 15 | 18,1 | 23,3 | | | | | |
| complex | experiment | a_{Y-m1} | 4,996 | 9,992 | 15,02 | | 23,78 | 27,81 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | a_{Y-m2} | 4,996 | 9,992 | 15,02 | 20 | 23,8 | 27,81 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | a_{Y-m3} | 4,996 | 9,992 | 15,02 | 20 | 23,78 | | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | a_{X-m1} | 4,996 | 9,992 | 15,02 | | 23,78 | 27,82 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | a_{X-m2} | 4,996 | 9,992 | 15,03 | | 23,8 | 27,82 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | a_{X-m3} | 4,996 | 9,992 | 15,03 | | 23,79 | 27,82 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | $\Delta\theta_1$ | 4,996 | | 15,02 | 20 | 23,78 | 27,81 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | $\Delta\theta_2$ | 4,996 | | 15,03 | 20 | 23,8 | 27,81 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |
| | | $\Delta\theta_3$ | 4,996 | | 15,03 | | 23,8 | 27,81 | 37,5 | 39,77 | 63,35 | |

În contextul celor prezentate în paragraful anterior, apare necesitatea abordării sistematice a valorilor furnizate de analiza spectrală. În tabelul 1 este prezentat rezultatul unei astfel de abordări, ținând cont atât de valorile semnificative, identificate și prezentate anterior, cât și de unele valori suplimentare, ce pot constitui, pentru analiza comparativă, repere în relevarea capacității modelelor numerice/experimentale de a caracteriza răspunsul dinamic al sistemului locomotor uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice. Valorile respective au fost identificate pe diagramele spectrale cu ajutorul unei rutine impementată direct în aplicația Matlab destinată post-procesării datelor.

Analizând comparativ datele din tabelul 5.1, se observă o grupare a disponibilității rezultatelor în relație cu situația/cazul considerat. O constantă a întregului ansamblu este dată de frecvența sursei excitatoare (5Hz) și, respectiv, de valoarea de aproximativ 10Hz. Pentru modelul simplu, valoarea de aproximativ 20Hz prezintă o contribuție foarte redusă în spectru, de aceea nu a putut fi identificată în toate diagramele. Totuși, în ansamblu, existența, chiar sporadică pentru unele valori, a celor patru componente spectrale indică structura spectrală de bază a sistemului analizat (frecvența excitației, frecvențele proprii). Prin introducerea, în cadrul modelului complex, a elementelor vâsco-elastice ce restricționează comportamentul dinamic al articulațiilor, se

obțin două efecte în zona spectrală și anume: (1) afectarea valorilor proprii ale modelului simplu, într-o proporție relativ redusă, dar identificabilă în spectru și (2) apariția unor componente suplimentare semnificative, generate de termenii conservativi din sistemul de ecuații diferențiale asociat modelului. Evident, în cazul experimental, cele două componente spectrale dominante (5 și 10 Hz) sunt clar identificabile.

CAPITOLUL 6. CONCLUZIILE GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE

6.1 Concluzii generale

Pentru a îndeplini obiectivului general al tezei de doctorat: studiul impactului pe care le au zgomotele și vibrațiile navelor asupra performanțelor membrilor echipajelor vaselor ce navighează pe Dunăre, a fost necesar să analizez o serie de elemente interconectate, deoarece, la momentul actual, a trata un subiect doar dintr-un singur punct de vedere (matematic, fizic, mecanic, etc) este total depășit, întrucât toate fenomenele sunt strâns dependente unele de celelalte.

Nu se poate vorbi (în cazul de față – al marinarilor de pe o navă) doar de vibrațiile și zgomotele transmise omului într-un anumit context, fără a lua în considerație totalitatea parametrilor fizici (iluminare, climă, etc), a fenomenelor meteorologice (temperatură, umiditate, presiune, etc), a factorilor de habitabilitate (spațiu de dormit, de recreere, etc), a hranei, a relațiilor interumane, cu atât mai mult cu cât aceasta este o meserie care are loc într-un spațiu mic, pentru o perioadă suficient de mare, fără pauze de mers acasă, la familie. De asemenea, nu trebuie minimalizat rolul drogurilor ilicite (cofeina, nicotina, codeina, efedrina, benzodiazepinele), consumate de către foarte multe persoane în cantități mai mult, sau mai puțin semnificative.

În acest sens am realizat un Raport de documentare "Stadiul actual al cercetărilor privind expunerea la zgomot și la vibrații al personalului din mediul ocupațional" (2018), cu articolele studiate în primul an. La acestea s-au adăugat și cele parcurse în anii următori, care au stat la baza întocmirii a două Rapoarte științifice:

- a) "Particularitățile răspunsului biodinamic al corpului uman supus vibrațiilor transmise de echipamentele navelor fluviale în diferite condiții de operabilitate" (2019), unde am studiat atât vibrațiile transmise prin sistemul mână-braț cât și vibrațiile transmise întregului corp.
- b) "Caracteristici neliniare în răspunsurile biodinamice ale personalului navigant supus zgomotelor transmise pe navele fluviale" (2020), în care am analizat zgomotele produse de diferitele echipamente de pe nave, în diferite locuri în care personalul navigant își desfășoară activitatea.

Ambele rapoarte s-au făcut și în corelație cu alți factori stresanți care influențează sănătatea și performanțele marinarilor.

Obiectivele specifice ale tezei de doctorat au constat în:

- ▶ Măsurarea vibrațiilor și zgomotelor de la bordul navelor fluviale (frecvență, nivel, presiune, etc):
 1. în funcție de tipul navei, de vechimea ei, de timpul de funcționare și timpul trecut de la ultima reparație;
 2. în diferite condiții de operabilitate (staționare, relanti la mal, marș, în forță), de turația motorului;
 3. în funcție de vreme (anotimp, zi/noapte, temperatură, umiditate, vânt, valuri, furtună, etc).
- ▶▶ Evaluarea efectelor asupra performanțelor personalului navigant în funcție locul de muncă, de sarcini, de vârstă, vechime în muncă, starea sănătății, vicii, oboseală, etc.

În vederea realizării acestor obiective și pentru a obține un studiu cât mai complet și complex, au fost urmărite o serie de obiective adiacente:

- Studiul experimental, care a avut loc în 2 situații:
 - În "*Laboratorul interdisciplinar pentru măsurări vibro-acustice în mediul ocupațional*" din cadrul Universității "*Dunărea de Jos*", unde au putut fi variați simultan foarte mulți parametri fizici și unde au fost analizate efectele acestor parametri asupra unui număr mare de subiecți,
 - pe navele care circulă pe Dunăre, de la Sulina până la Budapesta.
- Modelarea matematică a răspunsului sistemului locomotor uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice perturbatoare
 - modelul fizico-matematic simplificat al structurii scheletului piciorului uman
 - modelul fizico-matematic al piciorului uman cu simularea acțiunii sistemului muscular,
 - validarea rezultatelor numerice.

Trebuie specificat că toate experimentele au fost făcute conform normelor în vigoare. În urma determinărilor experimentale am constatat că și vibrațiile (transmise întregului corp sau sistemului mână braț) și zgomotele sunt dăunătoare sănătății personalului care lucrează în astfel de medii.

În toate experimentele efectuate, au fost analizați 176 subiecți, din care în 87 în laborator și 89 de marinari pe 21 de nave fluviale.

Vibrații

În prima parte a studiilor experimentale am analizat metodele de determinare și de calcul al parametrilor specifici vibrațiilor transmise întregului corp și sistemului mână- braț în laborator prin intermediul sistemului vibrant, folosind următoarele proceduri: calculul expunerii zilnice folosind expunerile parțiale la vibrații și durata funcționării fiecărei surse; calculul expunerii zilnice folosind Valoarea Dozei de Vibrație (VDV); graficul expunerii zilnice; Sistemul punctelor de expunere; nomograma expunerii zilnice; metode care folosesc internetul.

Am constatat că la metodele grafice apar erori umane destul de mari pentru că depind de abilitatea fiecăruia de reprezentare și de apreciere a mărimilor fizice obiective; din acest motiv, în analizele ulterioare am folosit Whole Body Vibration Calculator, deoarece oferă automat calculele pentru toate mărimile care caracterizează WBV, fiind cea mai rapidă, completă și corectă metodă.

În a doua parte a studiilor experimentale am analizat WBV și HAV transmise de nave personalului navigant, în mai multe condiții de operabilitate a navei, în puncte distincte de pe nave, în condiții meteo diferite, în diverse momente de timp, etc.

Au fost calculate: mărimea vibrațiilor r.m.s., VDV parțială, expunerea parțială A(8), timpul pentru atingerea EAV (opțiunea VDV), timpul pentru atingerea EAV (opțiunea A(8)), timpul pentru atingerea ELV (numai opțiunea A(8)), VDV total și expunere totală A(8) folosind „Calculatorul HSE pentru vibrațiile transmise întregului corp”. Toate acestea au fost făcute pentru o bandă largă de frecvențe, analizându-se și diferite materiale atenuatoare de vibrații. Am constatat că mărimea care caracterizează cel mai corect și complex modul în care vibrațiile sunt transmise corpului omenesc este doza totală de vibrații (VDV total).

Experimental s-a constatat că vibrațiile transmise personalului navigant de pe puntea principală (■) și de pe puntea navigație (■) respectă aproximativ indicațiile Directivei 2002/44/EC privind valoarea de expunere de la care se declanșează acțiunea (EAV ■). Situația stă total diferit când ne referim la vibrațiile transmise personalului din camera motoarelor (■); în acest caz este depășită valoarea limită de expunere (ELV ■) de 2,7 ori, ceea ce este extrem de periculos pentru mecanici (Fig. 6.1).

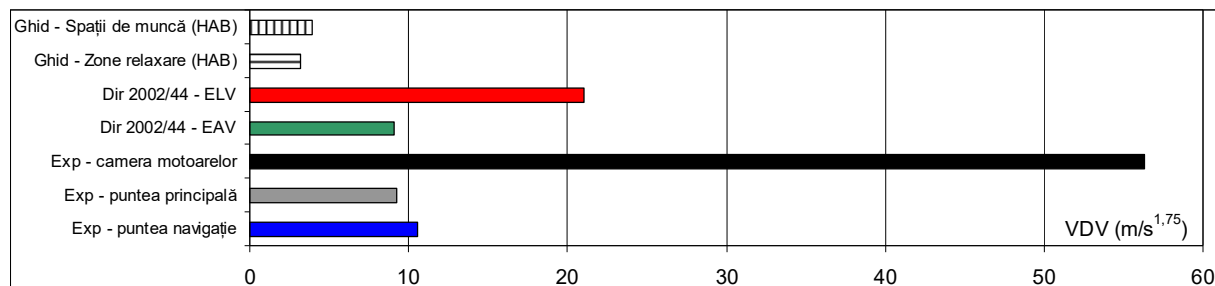


Figura 6.1 Valorile medii ale dozei de vibrații obținute experimental (Exp) versus valorile dozei de vibrații indicate în Directiva 2002/44/EC și în ghidul de habitabilitate

Zgomot

În a doua parte a studiilor experimentale am investigat metodele de determinare și de calcul al parametrilor specifici zgomotului transmis subiecților. În laborator am luat în considerație mai întâi 2 surse care funcționează simultan și am analizat 4 metode de calcul al parametrilor specifici zgomotului, apoi am considerat că cele 2 surse funcționează consecutiv și am analizat 2 metode de calcul al parametrilor specifici zgomotului. De asemenea, am calculat expunerea zilnică și săptămânală la zgomot „Calculatorul HSE pentru nivelul de zgomot”; o altă metodă pe care am folosit-o des este sonometria, analizând grafic un sunet complex.

Pe nave, pe lângă vibrații, în mod evident, am măsurat și nivelul de zgomot. Și în acest caz, am găsit valori care depășesc valorile indicate de Directiva 2003/10/EC.

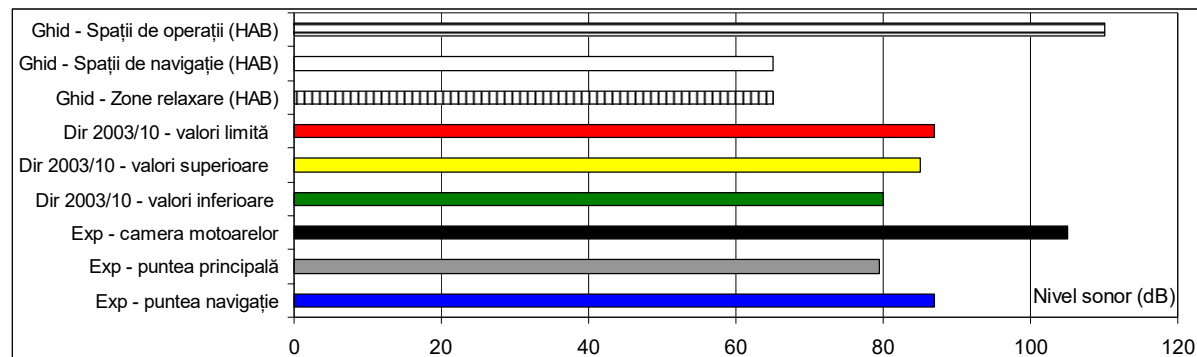


Figura 6.2 Valorile medii ale nivelurilor de zgomot obținute experimental (Exp) versus valorile nivelurilor de zgomot indicate în Directiva 2003/10/EC și în ghidul de habitabilitate

Au fost calculate, în funcție de durata expunerii: nivelul zgomotului (L_{Aeq} dB), punctele de expunere pe sarcină/activitate, punctele de expunere pe oră, expunerea zilnică ($L_{EP,d}$) și au fost trasate cu software-ul dBTRAIT32 sonogramele zgomotului măsurat, spectrele de frecvențe și histogramele corespunzătoare; fără îndoială, toate aceste valori ale nivelului sonor măsurate în diferite situații depind de frecvența sunetului.

O paralelă între valorile medii ale nivelurilor de zgomot obținute experimental *versus* valorile nivelurilor de zgomot indicate în Directiva 2003/10/EC și în ghidul de habitabilitate este reprezentată în Fig. 6.2.

Experimental s-a constatat că nivelul de zgomot transmis personalului navigant de pe puntea de navigație (■) este aproximativ egal cu valoarea limită de expunere (■) din Directiva 2003/10/EC (87dB(A)); de asemenea, nivelul de zgomot de pe puntea principală (■) este aproximativ egal cu valoarea inferioară de expunere care declanșează acțiunea (■) din Directiva 2003/10/EC (80dB(A)).

Dacă ne raportăm la ghidul de habitabilitate, se constată că acesta propune ca valoare a nivelului de zgomot 110dB(A) în sala motoarelor (≡), iar în urma măsurărilor s-a obținut o valoare medie de 105dB(A) (■). În rest, valorile propuse de ghid pentru spațiile de navigație (□) și pentru zonele relaxare (III) și anume 65dB(A) reprezintă practic valori imposibil de atins. De remarcat că acestea sunt valori obținute pe vasele pe care am avut acces și pe care am făcut măsurători.

Disconfort

În vederea analizei disconfortului cauzat de vibrațiile tranzitorii, precum și de zgomote, subiecții au oferit date personale: vârsta, masa, înălțime, fumător, băutător, sedentarism, experiență de muncă, boli cardiovasculare în familie, probleme personale declarate, etc.

Pe lângă problemele sistemelor muscular și osos, expunerea întregului corp la vibrații și zgomote a condus la apariția problemelor de ordin psihologic; subiecții au răspuns la mai multe tipuri de teste: teste logice, teste psihologice și de stres, de calitatea vieții pe vas, etc.

Un caz special la analiza performanțelor subiecților este cel în care persoanele au fost supuse unor zgomote cu frecvență joasă, știut fiind faptul că munca într-un asemenea mediu este extrem de periculoasă pentru sănătate; în acest caz, analizele au fost făcute cu testul Stroop Color and Word și cu testul de comparare a cuvintelor, rezultatele fiind cele prevăzute.

În urma acestor teste am tras concluzia că ceea ce influențează performanțele oamenilor este personalitatea fiecăruia, emotivitatea, precum și problemele personale și gradul de oboseală [2].

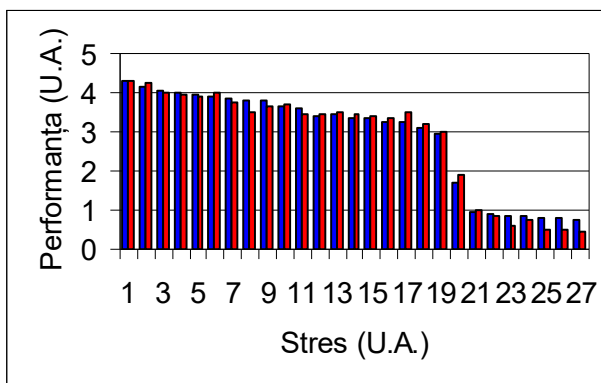


Figura 6.3 Dependența performanțelor umane de stresul la care au fost supuși subiecții: (■) – bărbați; (■) – femei

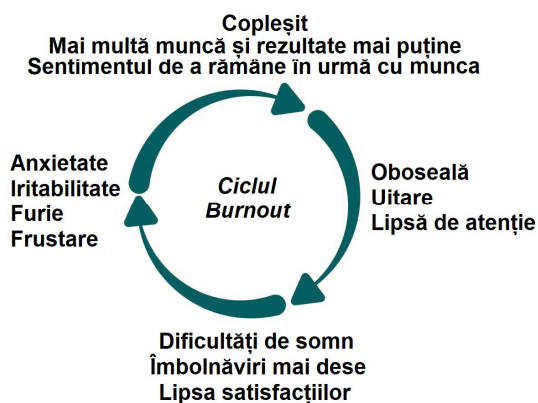


Figura 6.4 Ciclul Burnout

În cazul acțiunii vibrațiilor asupra subiecților, se vede din Fig 6.3 cum scade performanța umană pe măsură ce cresc în intensitate factorii de stres. La această dependență contribuie într-un procent important și factorul emoțional; dacă la o persoană se mai adaugă și Sindromul Burnout sau sindromul epuizării profesionale (Fig. 6.4) (care reprezintă o stare de epuizare, atât fizică, cât și psihică, care apare în special la persoanele a căror profesie implică o responsabilitate deosebită și interacțiuni frecvente cu oamenii), se va ajunge la scăderea performanțelor la locul de muncă, va afecta relațiile cu cei din jur și va scădea calitatea vieții individului [345]. Personalul navigant, spre deosebire de alți muncitori, nu se întoarce acasă, la familie, după orele de program; marinarii se odihnesc, mănâncă și dorm pe navă, iar acest fapt constituie un disconfort foarte mare. Pe navă nu te poți odihni din mai multe cauze: pe lângă zgomot și vibrații, mai sunt și lipsa de intimitate, munca în schimburi care se întinde pe mai multe ore decât cele prevăzute legal (mai ales dacă apar diferite probleme tehnice sau meteo), ducând la perturbarea ritmului circadian, o mâncare deficitară, etc.

Oboseala, pe care o capătă marinarii în timpul cât stau pe vas, duce la scăderea capacității de rezolvare a problemelor, timp de reacție întârziat, stare de spirit scăzută, incapacitate de concentrare și neatenție care duc la creșterea riscurilor de accidente.

În vederea studierii gradului de disconfort al personalului navigant este necesar să se țină cont de o serie de factori:

- I. umani (vârstă, experiență, sănătate, factori sociali, probleme personale),
- II. ambientali (temperatură, umiditate, zgomot, vibrații),
- III. spațiali (locul de muncă, spații de odihnă, calitățile facilităților interioare);
- IV. parametrii navei (tip, mărime, vechime, puterea motorului, ultima reparație),
- V. caracteristici ale voiajului (viteză, opriri, natura încărcăturii, numărul membrilor echipajului),
- VI. condiții meteo (furtună, gheață, ploaie, zi/noapte).

Oboseala se manifestă sub diferite feluri, pentru fiecare subiect în parte. Pentru a studia cu mijloacele de la bord răspunsul biodinamic al corpului uman la cumulum de stresori, am făcut o serie analize:

- 1) Măsurarea temperaturilor corpurilor subiecților,
- 2) Măsurarea tensiunii arteriale ale subiecților,
- 3) Analiza ritmului circadian,
- 4) Măsurarea performanțele de lucru ale subiecților cu testul Semmes-Weinstein,
- 5) Măsurarea performanțele de lucru ale subiecților cu testul Purdue Pegboard (Fig. 6.5),
- 6) Evaluarea pe scala Likert (Fig. 6.6),
- 7) Calculul indicelui de disconfort (Wz),
- 8) Evaluare prin chestionarul Morningness-Eveningness,
- 9) Chestionar pentru evaluarea oboselei,
- 10) Chestionar pentru evaluarea stresului la locul de muncă,
- 11) Chestionare specifice pentru detectarea Sindromului Burnout,
- 12) Măsurarea performanțelor cognitive,
- 13) Test de inteligență emoțională,
- 14) Testul culorilor, tabelul Schulte,
- 15) Scrisul sincron.

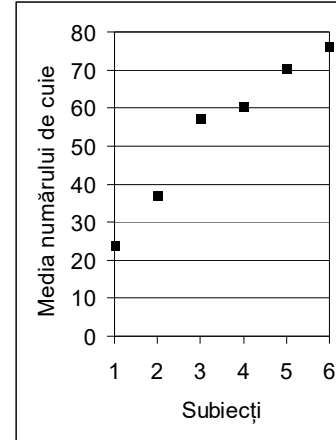


Figura 6.5. Media numărului de cuie băgate corect de către fiecare subiect (Testul Purdue Pegboard)

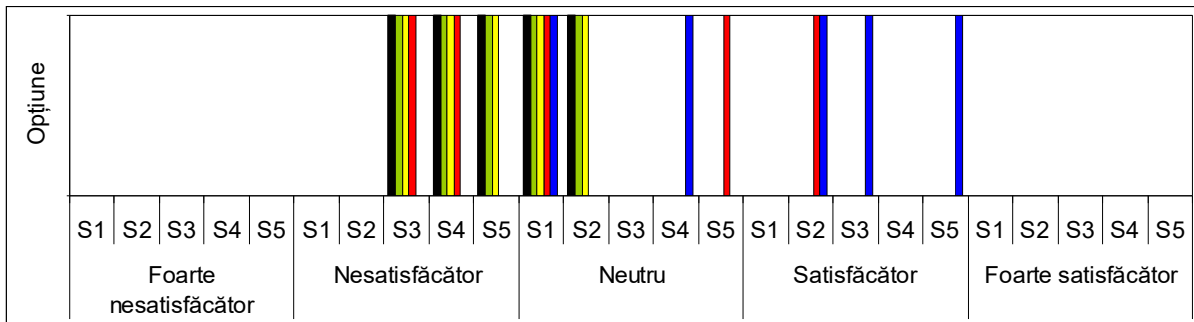


Figura 6.6. Evaluarea pe scala Likert (S – subiect) [347]

Calitatea vieții (■); Program de lucru (■); Program de relaxare (■); Poluare sonoră (■); Poluare vibrații (■)

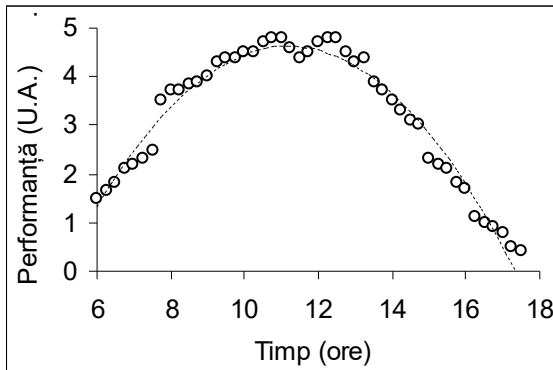


Figura 6.7 Performanța unui marinar în cursul unei zile obișnuite de mers (ora 6-18)

Dacă este să sumăm rezultatele la testele pe care le-au rezolvat marinarul în cursul unei zile obișnuite de mers (ora 6-18), pentru a obține performanța (P) unui marinar, se constată că aceasta are forma unei polinomiale de ordin 2 (Fig. 6.7):

$$P = -0,1228 \cdot t^2 + 2,7488 \cdot t - 10,75 \quad (R^2 = 0,967) \quad (6.1)$$

Răspunsului biodinamic al corpului uman la vibrațiile și zgomotele transmise de echipamentele navelor fluviale în diferite condiții de operabilitate, alături de ceilalți factori enumerați, definesc calitatea vieții marinarilor care transportă marfă pe Dunăre.

6.2 Contribuții originale

Cercetările, experimentele, măsurătorile și analizele realizate pe parcursul studiilor doctorale s-au concretizat în 33 lucrări publicate sau prezentate la diferite evenimente științifice:

- 2 lucrări în jurnale cu factor de impact (JMSE și scrisoare de accept pentru JMST),
- 4 lucrări prezentate la conferințe cotate ISI și publicate în volumele acestora (ICoEV 2017, AVMS 2017 și 2019, ICTTE 2018),
- 2 lucrări în IOP,
- 11 lucrări în 3 jurnale naționale indexate BDI (MTD, Anale UDJG Fasc. II și Fasc. XIV),
- 11 lucrări prezentate la 8 conferințe internaționale și publicate în volumele acestora (ICENS 2017, TEME 2017, SGEM 2018, 2019 și 2020, Euronoise 2018, UgalMat 2018, SEA-CONF 2019),
- 6 lucrări prezentate la 4 conferințe naționale (SINUC 2017, CSSD 2018, 2019 și 2020),
- 2 prezentări la Workshop-uri naționale.

Menționez că am deja 4 lucrări în Web of Science, 10 lucrări în SCOPUS și de asemenea am 3 citări (vezi Lista de lucrări).

Această teză s-a născut din necesitatea studierii răspunsului biodinamic al corpului uman la vibrațiile și zgomotele transmise de echipamentele navelor fluviale, alături de ceilalți factori ce definesc calitatea vieții marinarilor care transportă marfă pe Dunăre.

1. Cea mai importantă contribuție o consider a fi chiar această analiză: faptul că până cum nu a existat niciun studiu pe tema "răspunsului biodinamic al corpului uman la vibrațiile și zgomotele transmise de echipamentele navelor fluviale pe Dunăre"; din referințele studiate, se pot aminti 2 studii: unul referitor la proiectarea unei nave spital pentru bazinul Amazonului și al doilea, despre analiza vibrațiilor corpului vaselor de pe Amazon. În plus, există cercetările lui Picu M. care a măsurat zgomote și vibrații pe nave fluviale [2-4].
2. Am realizat determinări experimentale de vibrații transmise personalului navigant, de zgomot ambiental, în diferite condiții de operabilitate, ziua și noaptea, vara și iarna, în condiții meteo extreme, dar și normale, am măsurat și celelalte mărimi fizice care contribuie la calitatea vieții marinarilor (luminozitate, circulația aerului în interior, condițiile de relaxare și de somn, calitatea mâncării, etc.) direct pe navele fluviale de pe Dunăre, de la Sulina până la Budapesta.
3. Același tip de experimente le-am făcut și în laborator, imitând cât s-a putut de bine condițiile reale de pe vapor; avantajele acestor experimente sunt:
 - s-au putut face cu un număr mai mare de subiecți,
 - au fost incluse și fete.
4. Am discutat cu fiecare subiect în parte, în vederea aflării unor date personale (BMI, vârsta, vechimea în muncă, dacă este fumător, dacă bea mai mult de 2 pahare de vin/zi (când nu este pe navă), dacă are probleme cardiovasculare, dacă are probleme personale, etc.) și am obținut acceptul lor pentru a face determinări experimentale pe ei.
5. Am făcut o serie de teste psihologice, la care au participat 211 subiecți, din care 124 marinari, în vederea găsirii de relații între mărimile fizice măsurabile (vibrații, zgomote, temperatură, luminozitate, parametrii meteo) și între acestea și factorii psihologici - mai dificil de detectat (disconfort, oboseala, nota de confort, etc) (Ec 4.61÷4.69, 4.71, 4.78÷4.95, 6.3).
6. În vederea atingerii obiectivului general al tezei de doctorat, am realizat modelarea matematică a răspunsului sistemului locomotor uman supus acțiunii vibrațiilor mecanice perturbatoare deoarece s-a pus problema extrapolării și multiplicării rezultatelor experimentale prin tehnici de simulare, cu ajutorul modelelor fizico-matematice, mai mult sau mai puțin complexe, capabile însă de a pune în evidență caracteristicile esențiale ale subiectului uman în configurația experimentală dorită. În acest sens:
 - ✦ Într-o primă etapă, s-a considerat o configurație de bază, care să simuleze funcționalitatea ansamblului picior - gambă - coapsă.
 - ✦ În cea de a doua etapă, modelul respectiv a fost armonizat în conformitate cu restricțiile și solicitările suplimentare, impuse de sistemul muscular asupra structurii scheletului ansamblului modelat.
 - ✦ A treia etapă a constat în evaluarea comparativă a răspunsului simulat, cu datele obținute pe care experimentală, în scopul validării conformității structurii și parametrilor modelului propus.

6.3 Perspective

Pentru viitor îmi propun următoarele:

- A) Realizarea mai multor măsurători și pe alte nave ce navighează pe Dunăre pentru a crea o bază de date utilă în analiza cât mai completă a stării navelor, dar și a personalului navigant.
- a) Măsurarea tuturor parametrilor zgomotelor și vibrațiilor de la bordul navelor fluviale; pe lângă măsurarea vibrațiilor transmise personalului navigant (HAV și WBV), mai este necesară și măsurarea

vibrațiilor echipamentelor și corpului navei. De asemenea, trebuie măsurați toți parametrii zgomotelor și în interiorul, dar și în exteriorul navei. Toate aceste mărimi depind de tipul navei, de vechimea acesteia, de timpul de funcționare și timpul trecut de la ultima reparație; în diferite condiții de operabilitate (staționare, relanti la mal, marș, în forță), de turația motorului; în funcție de vreme (anotimp, zi/noapte, temperatură, umiditate, vânt, valuri, furtună, etc).

b) Evaluarea efectelor tuturor stresorilor cumulați asupra performanțelor personalului navigant în funcție locul de muncă, de sarcini, de vârstă, vechime în muncă, starea sănătății, vicii, oboseală, etc.

B) Realizarea unei modelări matematice a răspunsului personalului navigant supus nu numai acțiunii vibrațiilor mecanice, dar și altor stresori (zgomot, temperatură, umiditate, condiții meteo nefavorabile, modificarea ritmului circadian, etc), deoarece echipajul unei nave trebuie să beneficieze de un confort cât mai bun posibil, având o muncă dificilă, în schimburi, de multe ori cu privire de somn, departe de casă. Dacă pe lângă toate acestea, trebuie să lucreze și să doarmă cu zgomot, cu/fără lumină corespunzătoare, într-o atmosferă prea umedă sau prea uscată, cu alte persoane în jur care desfășoară diferite activități, etc, apare o oboseală suplimentară, iar lipsa unei comunicări adecvate poate duce chiar la accidente.

C) Din cauza faptului că Directiva 2002/44/EC are totuși niște limitări, Griffin [21] a remarcat în 2004 că „Orientarea cantitativă se bazează pe, dar pare a intra în conflict cu îndrumările privind Standardele internaționale pentru vibrațiile transmise manual (ISO 5349) și vibrațiile pentru întregul corp (ISO 2631). Există o inconsecvență internă mare în cadrul Directivei 2002/44/EC pentru expuneri de scurtă durată la vibrațiile întregului corp: cele două metode alternative dau valori foarte diferite. S-ar părea prudent să se bazeze acțiuni pe îndrumarea calitativă (adică reducerea riscului la minimum) și se referă numai la îndrumările cantitative în cazul în care nu există nicio altă bază rezonabilă pentru identificarea riscului (adică expunerile similare nu sunt o cauză suspectă de vătămare). Supravegherea sănătății și alte măsuri de precauție vor fi adecvate oriunde există motive pentru a suspecta un risc și nu vor fi limitate la condițiile în care valoarea acțiunii de expunere este depășită.”

În ceea ce privește HAV, conform ISO 5349 (1986) probabilitatea de albire a degetelor este de 10% pentru o iradiere timp de 4,2 ani cu vibrații la valoarea limită care declanșează acțiunea și pentru o iradiere timp de 8,5 ani cu vibrații la valoarea limită de expunere. O incidență de 50% a degetului alb indus de vibrații este prevăzută după 19 ani cu vibrații la valoarea limită de expunere.

Conform ISO 5349 (2001), este prevăzută o probabilitate de 10% de albire a degetelor după 12 ani cu vibrații la valoarea limită care declanșează acțiunea și după 5,8 ani cu vibrații la valoarea limită de expunere.

Din nou, valoarea limită care declanșează acțiunea și valoarea limită de expunere din directivă nu definesc „expuneri sigure” la vibrațiile transmise sistemului mână-braț, în conformitate cu standardul ISO 5349 (2001).

Relativ la acțiunea vibrațiilor asupra întregului corp, situația este similară: există diferențe semnificative între valorile indicate de ISO 2631 (1997) și cele indicate de Directiva 2002/44/EC.

Referitor la noua directivă privind zgomotul 2003/10/EC:

- oferă o protecție sporită lucrătorilor din toate sectoarele economiei, inclusiv din sectoarele transportului maritim și aerian (excluse din Directiva 86/188/EEC existentă);
- reduce valoarea limită de expunere de la 90dB(A), astfel cum este în directiva din 1986, la 87dB(A), ceea ce reprezintă un progres clar.

Comparând valorile prevăzute de Directivele 2002/44/EC (cea pentru vibrații) și 2003/10/EC (cea pentru zgomot) cu cele prevăzute în Ghidul de habitabilitate, se constată diferențe foarte mari în cazul vibrațiilor și mai mici în cazul zgomotelor.

Este necesar ca toate aceste reglementări să fie revizuite și unificate și să prevadă valori care să poată fi îndeplinite în condiții reale, corespunzătoare secolului XXI, iar eu îmi propun ca să fiu promotorul acestei întreprinderi în România.

LISTA DE LUCRĂRI

A - Publicatii in jurnale cotate Web of Science (2)

1. **Picu L.**, Picu M., Rusu E., *An Investigation into the Health Risks Associated with the Noise and Vibrations on Board of a Boat - A Case Study on the Danube River*, Journal of Marine Science and Engineering (JMSE), 2019, 7(8), 258, pp. 1-16, DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse7080258>, WOS: 000482991100012, **WoS Q2, IF=2.033/2020**
2. **Picu L.**, Rusu E.V.C., Picu, M., *Evaluation of the human discomfort due to the ship vibrations*, Journal of Marine Science and Technology (JMST) Taiwan, **Wos, IF 0.720/2019**, (scrisoare de accept iulie 2020)

B - Lucrări prezentate la conferințe indexate ISI și publicate în volumele acestora (4)

3. **Picu L.**, Rusu E.V.C., Picu M., *An Analysis of How Physical and Social Factors Influence the Efficiency of Crew Members of a Ship Running on the Danube*, The 15th International Conference „Acoustics & Vibration of Mechanical Structures”, AVMS 2019, May 30-31, 2019, Timișoara, Romania, publicată în: Herisanu N., Marinca V. (eds) Acoustics and Vibration of Mechanical Structures - AVMS 2019, Springer Proceedings in Physics, 2021, vol. 251, pp 185-204, Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54136-1_18. **SCOPUS**
4. **Picu L.**, Rusu E., *Quantifying the effect of the ship vibration on crew for the inland navigation-case study a cargo navigating in the lower Danube sector*, ICTTE Belgrade 2018, International Conference on Traffic and Transport Engineering, 27th – 28th September 2018, Belgrade (Serbia), în Conference Proceedings, pp. 169-174, http://ijtte.com/uploads/news_files/ICTTE%20Belgrade%202018_Proceedings.pdf, **WoS**
5. Picu M., **Picu L.**, *Particular aspects regarding the effects of whole body vibration exposure*, International Conference on Engineering Vibration, Sofia (ICoEV 2017), Bulgaria, 4-7 September 2017, publicată în: MATEC Web Conf., 148 (2018) 09005, DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814809005>, **WoS**
6. Picu M., **Picu L.**, *Experimental Study of Road Traffic Vibrations Impact on Heritage Buildings in Braila, Romania*, 14th International Conference on Acoustics and Vibration of Mechanical Structures (AVMS 2017), Timișoara, 25-26 Mai 2017, publicată în: Herisanu N., Marinca V. (eds) Acoustics and Vibration of Mechanical Structures - AVMS 2017, Springer Proceedings in Physics 198, pp. 389-395, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69823-6_46, **WoS**

Citată în: Martin Stolarik and Jan Nedoma, *Fiber-Optic Interferometric Sensor for Dynamic Impact Measurement of Transport Trucks*, International Journal of Engineering Research in Africa, Vol. 42, pp. 34-46, 2019, DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.42.34>,

C - Lucrări prezentate la conferințe indexate SCOPUS și publicate în volumele acestora (6)

7. **Picu L.**, Rusu E., Picu M., *An Analysis of the Noise in the Engine Room – Case Study a Merchant Ship Navigating on Danube*, XIX International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Section Ecology and Environmental Protection, 30 June - 6 July 2019, Albena, Bulgaria, în Conference Proceedings, Vol. 19, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-85-0, ISSN: 1314-2704, pp. 69-75, DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.009, <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6061>
8. **Picu L.**, Picu M., Rusu E., *Noise Analysis on the Navigation Bridge for a Boat Traveling on the Danube River*, XIX International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Section Ecology and Environmental Protection, 30 June - 6 July 2019, Albena, Bulgaria, în Conference Proceedings, Vol. 19, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-85-0, ISSN: 1314-2704, pp. 571-578, DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.071, <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6123>
9. **Picu L.**, Rusu E., Picu M., *Study of the Vibration Transmitted to the Crew by the Equipment of a River Boat before Repairs*, 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019,

Section Ecology and Environmental Protection, 30 June - 6 July 2019, Albena, Bulgaria, în Conference Proceedings, Vol. 19, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-85-0, ISSN: 1314-2704, pp. 695-700, DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.087,

<https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6139>

10. **Picu L.**, Picu M., *An analysis of whole-body vibration and hand-arm vibration exposure on the Danube ship crew*, The 5th International Scientific Conference SEA-CONF 2019, May 17-18, 2019, Constantza, Romania, <https://www.anmb.ro/ro/conferinte/sea-conf/arhiva/program%20sea-conf%202019.pdf>, publicată în: IOP Conf. Ser.: Journal of Physics: Conf. Series: (IOP Conf. Ser.: JPCS), Volume 1297, Number 1, 2019, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1297/1/012011/pdf>, DOI: 10.1088/1742-6596/1297/1/012011
11. **Picu L.**, Picu M., *Comparative study of vibration-absorbing materials to improve the comfort of the crew on a river ship*, The 8th International Conference on Material Science & Engineering (UgalMat 2018), Galati, Romania, october 11-13 2018, Book of abstract, p 63, <https://ugalmat.ugal.ro/old-site/BOOK%20OF%20ABSTRACT-UGALMAT2018%20.pdf>, publicată în: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.), Volume 485, Number 1, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/485/1/012022>,
12. **Picu L.**, Rusu E., Picu M., *Evaluation of human exposure to whole-body vibration-verification method of Stevens's power law*, Conference: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2018, 2 - 8 July 2018, Albena, Bulgaria, în Conference Proceedings, Vol. 18, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-47-8, ISSN: 1314-2704, pp. 413-420, DOI: <https://doi.org/10.5593/sgem2018/5.2/S20.055>, <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=1481>

Citată în: Michel Moraes Gonçalves, Humberto Lameira Miranda, Eduardo Borba Neves, Fabio Alves Machado, Antonio Marcio dos Santos Valente, Allan Inoue, Runer Augusto Marson, *Alterações fisiológicas, percepção subjetiva de esforço e percepção de conforto durante formatura militar: um estudo experimental* (Physiological changes, subjective perception of effort and perceived comfort during military graduation: an experimental study), Revista de Educação Física (Journal of Physical Education), ISSN 2447-8946 (eletronic), ISSN 0102-8464 (print), Vol. 88, No. 3 (2019),

<https://revistadeeducacaofisica.emnuvens.com.br/revista/article/view/819>

Citată în: Linchuan Guo, Xu Wang, Rang-Lin Fan and Fengrong Bi, *Review on Development of High-Static-Low-Dynamic-Stiffness Seat Cushion Mattress for Vibration Control of Seating Suspension System*, Applied Science, Vol. 10, Issue 8, 2887, 2020, <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/8/2887/htm>

D - Lucrări publicate în jurnale naționale indexate BDI (9)

13. **Picu L.**, Rusu E.V.C., *An Analysis of the Effect of the Body Vibrations on the Human Performances*, Mechanical Testing and Diagnosis, ISSN 2247-9635, 2020(X), Vol. 4, pp. 5-11, <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/mtd/article/view/4066/3603>,
14. Picu M., **Picu L.**, *Noise: a risk factor for sailors' health and navigation safety*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle II-Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, ISSN 2067 – 2071, Vol. XII(XLIII) 2020 No. 2, pp. 147-154, DOI: <https://doi.org/10.35219/ann-ugal-math-phys-mec.2020.2.11>
15. **Picu L.**, Rusu E.V.C., *Effects of low-frequency noise on crews of river vessels on the Danube*, Mechanical Testing and Diagnosis, ISSN 2247-9635, 2019, Vol. 9, Issue 3, pp. 11-17, DOI: <https://doi.org/10.35219/mtd.2019.3.02>,
16. Picu M., **Picu L.**, *A Parallel Between the Seven Measurement Methods of Vibration Transmitted to the Hand-Arm System*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 25, Issue 2, 2018, ISSN 1224-5615, pp. 5-14, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.06>,
17. **Picu L.**, Picu M., *A Parallel Between the Six Methods of Measuring Vibrations Transmitted to the Whole Body*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 25, Issue 2, 2018, ISSN 1224-5615, pp. 15-24, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.01>,

-
18. **Picu L.**, *Noise Analysis in the Engine Room of a River Ship on the Danube by Eight Methods*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 25, Issue 2, 2018, ISSN 1224-5615, pp. 25-34, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.02>
 19. **Picu L.**, *Two Methods of Assessing the Discomfort Created by Vibration on a River Ship*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 25, Issue 2, 2018, ISSN 1224-5615, pp. 35-42, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.03>
 20. **Picu L.**, *A Study of the Vibrations Transmitted to the Staff by the Structures of the River Ships on the Romanian Danube Segment*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 1, Issue XXIX, 2017, ISSN 1224-5615, pp. 11-16, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2017.1.02>,
 21. **Picu L.**, Rusu E., *Whole Body Vibration of A Pushtow Boat Crew Operating on the Danube River*, Journal of Mechanical Testing and Diagnosis, ISSN 2247 – 9635, 2017, Vol. 7, Issue 1, pp. 28-35, <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/mtd/article/view/2237/1902>

E - Lucrări prezentate la conferințe internaționale și publicate în volumele acestora (5)

22. **Picu L.**, Rusu E.V.C., *An Analysis of the Sound Level on Two Cargo Ships which Travel on the Danube*, The 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2020), 16-25 August 2020, Albena, Bulgaria, Section Ecology and Environmental Protection, în Conference Proceedings, Vol. 20, Issue: 5.1, ISBN: 978-619-7603-10-1, ISSN: 1314-2704, pp 51-58, DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.007, <https://www.sgem.org/index.php/peer-review-and-metrics/jresearch?view=publication&task=show&id=7282>
23. **Picu L.**, Rusu E.V.C., Picu M., *Quantification of vibration and noise transmitted to navigation personnel on a cargo ship on the Danube in a meta-analysis*, The 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2020), 16-25 August 2020, Albena, Bulgaria, Section Ecology and Environmental Protection, în Conference Proceedings, Vol. 20, Issue: 5.1, ISBN: 978-619-7603-10-1, ISSN: 1314-2704, pp 647-654, DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.081, <https://www.sgem.org/index.php/peer-review-and-metrics/jresearch?view=publication&task=show&id=7356>
24. **Picu L.**, *Biodynamics of the Human Body under Hand-Arm Vibration: Development of a Biomechanical Model*, The 11th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, (Euronoise 2018), Hersonissos, Crete, 27-31 May 2018, în Conference Proceedings, pp. 2663-2668, http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/440_Euronoise2018.pdf
25. **Picu L.**, Rusu E., *Studies of vibrations induced and their effect on the river ship crew fatigue*, poster presented at the International Conference TEME 2017, în Book of Abstracts, p 50, <http://www.teme.ugal.ro/Book-of-abstracts.pdf>
26. **Picu M.**, **Picu L.**, *Environmental Impact of Car Combustion Emissions in Braila, Romania*, 3rd International Conference on Engineering and Natural Science (ICENS 2017), 3-7 May 2017, Budapest, Hungary, în Book of Proceedings, pp. 22-27, https://www.icens.eu/sites/default/files/2017/ICENS_PROCEEDING_2017_V3_2_edited.pdf?fbclid=IwAR0CWUd-EMwIEG4XJefJwhNDLdEbcB9A1kTTZE4jCcCNT2THhFQk-xCkvHk,

F - Prezentări la conferințe naționale și publicate în volumele acestora (6)

27. **Picu L.**, *The Mozart effect: between limitation and paradigm*, Conference: SCDS-UDJG 2020 - Scientific Conference of the Doctoral Schools - Perspectives and Challenges in Doctoral Research, June 2020, Galati, Romania, OP.1.6, p 58, în Book of Abstracts <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts-20201>,
 28. **Picu L.**, Rusu E.V.C., *An Evaluation of the Main Characteristics of the Vibrations Transmitted to the Navigating Personnel from a River Vessel on the Danube*, Conference: SCDS-UDJG 2020 -Scientific
-

Conference of the Doctoral Schools - Perspectives and Challenges in Doctoral Research, June 2020, Galați, Romania, poster PP.1.2., p 201, în Book of Abstracts <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts-20201>.

29. **Picu L.**, Rusu E., *Non-Linear Characteristics of Transmissibility in the Dynamic Responses of Standing Subjects Exposed to Vertical Whole-Body Vibration*, Conference: SCDS-UDJG 2019 - Scientific Conference of the Doctoral Schools - Perspectives and Challenges in Doctoral Research, June 2019, Galați, Romania, poster PP.1.7, p 200, în Book of Abstracts <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2019/abstracts-2019>, **publicată în:** Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle II-Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, ISSN 2067 – 2071, Vol. 42(2) 2019, pp. 143-152, DOI: <https://doi.org/10.35219/ann-ugal-math-phys-mec.2019.2.04>
30. **Picu L.**, Rusu, E., *Multiple Physical Stress Exposures of Sailors on Several Ships. A Longitudinal Study*, Conference: SCDS-UDJG 2018 - Scientific Conference of the Doctoral Schools - Perspectives and Challenges in Doctoral Research, June 2018, Galați, Romania, OP.1.5, p 46, în Book of Abstracts <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2018/abstracts-2018>, **publicată în:** Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle II-Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, ISSN 2067 – 2071, Year X(XLI) 2018, No. 1, pp. 84-93, DOI: <https://doi.org/10.35219/ann-ugal-math-phys-mec.2018.1.12>
31. **Picu L.**, Rusu, E., *Single Degree of Freedom Vibrating System and the Prediction of Human Discomfort Due to its Transient Vibrations*, Conference: SCDS-UDJG 2018 -Scientific Conference of the Doctoral Schools - Perspectives and Challenges in Doctoral Research, June 2018, Galați, Romania, poster PP.1.18, p 148, în Book of Abstracts <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/2018/abstracts-2018>
32. **Picu L.**, *O analiză a vibrațiilor transmise echipajului de structurile unei nave fluviale pe Dunăre*, Al XXIII-LEA Simpozion Național de Utilaje pentru Construcții (SINUC 2017), Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Utilaj Tehnologic, 3 noiembrie 2017, ISSN 2285 – 9209, SECȚIA I - Cercetări fundamentale și aplicative în domeniul ingineriei mecanice, I.22, <http://www.sinuc.utilajutcb.ro/SINUC-2017/SECTIA--I/I.22.pdf>

G - Prezentări la workshop-uri naționale (2)

33. **Picu L.**, *Determinarea personalității din măsurători ale mărimilor caracteristice vibrațiilor*, Workshop “Materiale funcționale și tehnologii inovative”, organizat de Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie, Departamentul: Știința și Ingineria Materialelor, Centrul de Cercetare “Nanostructuri și Materiale Funcționale” și de Sucursala A.G.I.R.- filiala Galați, la Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, 13 decembrie 2018, http://www.ing.ugal.ro/Resurse/PagInit/Workshop_Materiale_funcionale_si_tehnologii_inovative.pdf.
34. **Picu L.**, *Analiza zgomotului pe o navă fluvială*, Workshop “Tehnologii, procese și materiale pentru o dezvoltare durabilă”, organizat de Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie, Departamentul: Ingineria Mediului și Securității în Industrie, Centrul de Cercetare “Calitatea Materialelor și a Mediului” și de Sucursala A.G.I.R.- filiala Galați, la Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, 21 noiembrie 2018, Galați, http://www.imsi.ugal.ro/Site%20CMM/Program_Workshop_21Noi2018.pdf

H - Participări în proiecte

35. **Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (Be Antreprenor!)** (2019-2021) Cod MySMIS 124539. Proiect co-finanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Capital Uman, membru al grupului țintă.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Lamb T., *Human Factors in Ship Design: Preventing and Reducing Shipboard Operator Fatigue*, U.S. Coast Guard Research Project, 6/12/2006
- [2] Picu M., Vibrations study of a ship in different operating modes on the Danube, *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 1, 2015, pp 53-60
- [3] Picu M., Noise study of a naval ship in different operating modes on the Danube, *Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati, Fascicle XIV, Mechanical Engineering*, Vol. 21, No. 1, pp. 55-62, 2014
- [4] Picu M., A whole body vibrations study on crew personnel, SISOM 2013 - Institute of Solid Mechanics and Commission of Acoustics of Romanian Academy
- [8] Biot M., de Lorenzo F., Noise and vibrations on board cruise ship: are new standards effective?, 2nd International Conference on Marine Research and Transportation, 28-30 June, Ischia, Italy, 2007
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Six_degrees_of_freedom
- [21] Griffin M.J., Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. *Occup Environ Med*, 61(5), pp 387-397, 2004
- [23] South T., *Managing Noise and Vibration at Work. A practical guide to assessment, measurement and control*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, 2004
- [31] EUROPEAN COMMISSION, Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)
- [32] EUROPEAN COMMISSION, Non-binding guide to good practice with a view to implementation of Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations), Part I - Guide to good practice on Hand-Arm Vibration, and Part II - Guide to good practice on Hand-Arm Vibration on whole-body vibration, 2008
- [33] EUROPEAN COMMISSION, Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)
- [34] EUROPEAN COMMISSION, Non-binding guide to good practice for the application of Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum safety and health requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (Noise), 2007
- [35] EUROPEAN COMMISSION, 2006/87/EC Directive of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 laying down technical requirements for inland waterway vessels
- [36] International Standard Organization, ISO 2631-1:1997 – Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements
- [37] International Standard Organization, ISO 2631-2:2003 – Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)
- [38] International Standard Organization, ISO 2631-4:2001 – Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems
- [39] International Standard Organization, ISO 2631-5:2018 – Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks
- [40] International Standard Organization, ISO 5349-1:2001, Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements
- [41] International Standard Organization, ISO 6954:2000, Mechanical vibration - Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships
- [42] International Standard Organization, ISO 7962:1987, Mechanical vibration and shock — Mechanical transmissibility of the human body in the z direction
- [43] International Standard Organization, ISO 10056:2001 – Mechanical vibration -- Measurement and analysis of whole-body vibration to which passengers and crew are exposed in railway vehicles

- [44] International Standard Organization, ISO 10816-1:1995 – Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Part 1: General guidelines
- [45] International Standard Organization, ISO 20283-5:2016, Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 5: Guidelines for measurement, evaluation and reporting of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships
- [46] International Standard Organization, ISO 21984:2018, Ships and marine technology — Guidelines for measurement, evaluation and reporting of vibration with regard to habitability on specific ships
- [47] Asociația de Standardizare din România, SR CR 1030-1:2000 – Vibrații mână-braț. Indicații pentru reducerea riscului la vibrații. Partea 1: Metode tehnice pentru proiectarea mașinilor
- [48] Asociația de Standardizare din România, SR CR 1030-2:2016 – Vibrații mână-braț. Indicații pentru reducerea riscului la vibrații. Partea 2: Măsuri de prevenire la locul de muncă
- [49] Asociația de Standardizare din România, SR EN ISO 5349-1:2003, Vibrații mecanice. Măsurarea și evaluarea expunerii umane la vibrații transmise prin mână. Partea 1: Cerințe generale
- [50] Asociația de Standardizare din România, SR EN ISO 5349-2:2003, Vibrații mecanice. Măsurarea și evaluarea expunerii umane la vibrații transmise prin mână. Partea 2: Indicații practice pentru măsurarea la locul de muncă
- [51] Asociația de Standardizare din România, SR EN ISO 8041:2005 – Răspunsul uman la vibrații. Aparatură de măsurare
- [52] Asociația de Standardizare din România, SR EN ISO 20643:2005 – Vibrații mecanice. Mașini ținute în mână și ghidate cu mâna. Principii pentru evaluarea emisie de vibrații
- [53] Asociația de Standardizare din România, SR ISO 5982:1997 – Vibrații și șocuri. Impedanța mecanică în punctul de intrare a corpului uman
- [54] Asociația de Standardizare din România, SR ISO 4866:2018 - Vibrații mecanice și șocuri. Vibrații ale structurilor rigide. Linii directe pentru măsurarea vibrațiilor și evaluarea efectelor acestora asupra structurilor
- [55] Asociația de Standardizare din România, STAS 9997-90 - Acustică. Măsurarea nivelului de zgomot la bordul navelor. Metoda de măsurare
- [57] Guvernul României, H.G. nr. 1.876/2005 privind cerințele minime de securitate și sănătate referitoare la expunerea lucrătorilor la riscurile generate de vibrații
- [58] Dupuis H., Zerlett G., *Whole body vibration and disorders of the spine*, International Archives of Occupational and Environmental Health, Springer-Verlag. 59(4), 323–336, 1997
- [61] Lings S., Leboeuf-Yde C., *Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992–1999*, International Archives of Occupational and Environmental Health, June 2000, Volume 73, Issue 5, pp 290–297
- [62] Griffin M.J., Bovenzi M., *The diagnosis of disorders caused by hand-transmitted vibration*, Southampton Workshop 2000, International Archives of Occupational and Environmental Health, January 2002, Volume 75, Issue 1–2, pp 1–5
- [63] Seidel H., *Selected health risks caused by Long-Term, Whole-Body Vibration*, American Journal of Industrial Medicine, 23, pp. 589–604, 2003
- [64] Hulshof C., van Zanten, B.V., *Whole-body vibration and low-back pain*, International Archives of Occupational and Environmental Health, March 1987, Volume 59, Issue 3, pp 205–220
- [65] Rasmussen G., 1983, *Human body vibration exposure and its measurement*, Journal of the Acoustical Society of America 73(6), 2229
- [68] Kim J.H., Lee J.H., Cho J.-H., *Implementation of integrated circuit and design of SAR ADC for fully implantable hearing aids*, 5th International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB2016), 2016, Hangzhou, China
- [69] Atmaca E., Peker I. și Altın A., *Industrial Noise and Its Effects on Humans*, Polish Journal of Environmental Studies, 14(6), 721-726, 2005

-
- [70] Bell L.H., Bell D.H., *Industrial Noise Control: Fundamentals and Applications*, 2nd Edition, Marcel Dekker Inc., ISBN-13:978-0824790288, ISBN-10:0824790286, 1993
- [71] DeGagne D.C., Lapka S.D., *Incorporating Low Frequency Noise Legislation for Energy Industry in Alberta, Canada*, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, vol. 27, iss. 2, pp 105-120, 2008
- [72] Istvan L.V., Beranek L.L., *Noise and Vibration Control Engineering. Principles and Applications*, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., ISBN-13:978-0-471-44942-3, ISBN-10:0-471-44942-3, 2006
- [73] Knauer H., Pedersen S., Reheman C.N., Rochat J.L., Thalheimer E.S., Lau M.C., Fleming G.G., Ferroni M., Corbisier C., *FHWA Highway Construction Noise Handbook*, Publisher: Volpe National Transportation Systems Center, Washington, D.C., 2006.
- [74] Yoon J.-H., Roh J., Kim C.-N., Won J.-U., *The Risk of Occupational Injury Increased According to Severity of Noise Exposure After Controlling for Occupational Environment Status in Korea*, *Noise Health*, 2016, 18(85), pp 355–361
- [75] Ranga R.K., Yadav S., Yadav A., Yadav N., Ranga S.B., *Prevalence of occupational noise induced hearing loss in industrial workers*, *Indian Journal of Otology*, 2014, 20(3), pp 115-118
- [76] Waye K.P., Bengtsson J., Kjellberg A., Benton S., *Low frequency noise "pollution" interferes with performance*, *Noise & Health*, 2001, Vol. 4 Issue 13, pp 33-49
- [77] Gloag D., *Noise and health: Ppblic and private responsibility*, *British Medical Journal*, 1980, 281(6252), pp 1404–1406
- [78] Stan A., Negrea A. - *Acustica mediului înconjurător - sunet, zgomot, vibrații, mediu*, Editura Printech, București, 2002
- [79] Picu M., Năstac, S., *Some Aspects Regarding Noise Exposure Dose Monitoring for Working Personnel*, *Journal of Science and Arts*, Vol. 12, No. 1, pp. 299-304, 2010
- [80] Cooper C.L., Cartwright S., *An intervention strategy for workplace stress*, *Journal of Psychosomatic Research*, Vol. 43, No. 1, 1997, pp 7-16
- [83] Vicher J.C., *The effects of the physical environment on job performance: Towards a theoretical model of workspace stress*, *Stress and Health*, 2007, Vol. 23, Issue 3, pp. 175-184
- [84] Sparks K., Cooper C.L., *Occupational differences in work-strain relationship: Towards the use of situation –specific models*, *Journal of Occupational and Organisational Psychology*, 1999, Vol. 72, Issue 2, pp. 219-229
- [85] van den Berg M., *Influence of Low Frequency Noise on Health and Well-being*, Informal document No. GRB-41-8, 22-24 February 2005
- [86] Badino A., Borelli D., Gaggero T., Rizzuto E., Schenone C., *Normative framework for ship noise:: Present and situation and future trends*, *Noise Control Engineering Journal*, Vol. 60, No. 6, 2012, pp. 740-762
- [87] Duijts S.F.A., Kant I., Swaen G.M.H, van den Brandt P.A., Zeegers, M.P.A., *A meta-analysis of observational studies identifies predictors of sickness absence*, *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol. 60, No. 11, 2007, pp. 1105-1115
- [88] Borelli D., Gaggero T., Rizzuto E., Schenone C., *Holistic control of ship noise emissions*, *Noise Mapping*, 2016, 1(3), pp 107-119
- [89] Bluysen P.M., Aries M., van Dommelen P., *Comfort of workers in office buildings: The European HOPE project*, *Building and Environment*, 2011, Vol. 46, No. 1, pp 280-288
- [90] Karmann C., *Thermal comfort and acoustic quality in buildings using radiant systems*, Doctor of Philosophy Dissertation, Dept. of Architecture, University of California, Berkeley, 2017, <https://escholarship.org/uc/item/0sd5n4wh>
- [91] Evans G.W., Hygge S., Bullinger M., *Chronic Noise and Psychological Stress*, *Psychological Science*, 1995, 6(6), pp 333-338
-

- [92] Milton, D.K., Glencross, P.M., Walter, M.D., *Risk of sick leave associated with outdoor air supply rate, humidification and occupant complaints*, Indoor Air, 2000, Vol. 10, pp 212-221
- [97] Smith, A., *A review of the non auditory effects of noise on health*, Work & Stress, 1991, 5(1), pp 49-62
- [98] Sundstrom E., Town J.P., Rice R.W., Osborn D.P., Brill M., *Office noise, satisfaction, and performance*, Environment and Behaviour, 1994, 26(2), pp 195-222
- [99] Stansfeld S.A., Matheson M.P., Noise pollution: non-auditory effects on health, British Medical Bulletin, 2003, 68(1), pp 243-257
- [102] Bronzaft A.L., Hagler L., Noise: The Invisible Pollutant that Cannot Be Ignored, Emerging Environmental Technologies, 2010, Volume II, pp 75-96, Springer, Dordrecht
- [103] Paakkonen R., Lehtomaki K., Protection efficiency of hearing protectors against military noise from handheld weapons and vehicles, Noise and Health, 2005, 7(26), pp 11-20
- [104] Clark C., Stansfeld S.A., The Effect of Transportation Noise on Health and Cognitive Development: A Review of Recent Evidence, International Journal of Comparative Psychology, 2007, 20(2), pp 145-158
- [105] Cohen S., *Aftereffects of stress on human performance and social behavior: A review of the research and theory*, Psychological Bulletin, 1980, 88(1), pp 82-108
- [106] Passchier-Vermeer W., Passchier W.F., *Noise Exposure and public health*, Environmental Health Perspectives, 2000, 108(1), pp 123-131
- [108] McCoy J.M., Evans G.W., *Physical work environment*, Chapter 9, in J. Barling, E.K. Kelloway and M.R. Frone, Handbook of Work Stress, Sage, London, 2005, pp. 219-246
- [110] Sundstrom E., Sundstrom M.G., *Workplaces: They psychology of the physical environment in offices and factories*, Cambridge University Press., New York, 1986
- [115] International Standard Organization, ISO 354:1985 – Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room
- [116] International Standard Organization, ISO 389-6:2007, Acoustics - Reference zero for the calibration of audiometric equipment - Part 6: Reference threshold of hearing for test signals of short duration
- [117] International Standard Organization, ISO 1999:1990, „Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment
- [118] International Standard Organization, ISO 2923:1996-12, "Acoustics - Measurement of noise on board vessels"
- [119] International Standard Organization, ISO/DIS Standard 10534:1994 - Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance or admittance by the impedance tube method
- [120] International Standard Organization, ISO 11690-1/1996, Acoustics - Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery - Part 1: Noise control strategies
- [121] International Standard Organization, ISO 14509-2:2006, Small craft - Airborne sound emitted by powered recreational craft - Part 2: Sound assessment using reference craft, SILENV D 1.2 (12/04/2010), Harbour noise nuisance
- [122] Germanischer Lloyd AG, Rules for Classification and Construction, I Ship Technology, 1 Seagoing Ships, 16 Harmony Class – Rules on Rating Noise and Vibration for Comfort, Cruise Ships ($v \leq 25$ kn), 2013
- [123] Lloyd's Register, 2006, Ship Vibration and Noise Guidance Notes, Revision 2.1
- [124] Lloyd's Register, Guidance Notes, General Overview of Ship Structural Vibration Problems, 2015
- [125] ABS, Guide for Crew Habitability on Ships, 2016, American Bureau of Shipping, ABS-102
- [126] ASTM E 1050:1990 – Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphones and a digital frequency analysis system, ASTM Philadelphia, USA
- [127] Order 536/1997 as amended and supplemented OMS 1028/2004, Order approving the hygiene norms and recommendations concerning the living environment as amended and supplemented by OMS 1028/2004
- [128] NATO (1987): Defence Reference Group: Panel on Defence Applications of Human and Biomedical Sciences: Effects of Impulse Noise. Document AC/243/Panel 8/RSC.6D/9. NATO, Brussels

-
- [129] MIL-STD-1474D (1997), Noise Limits. Department of Defense Design Criteria Standard. AMSC A7245. AREA HFAC, Washington, USA
- [130] IEC Publication 804, and amendment no. 1, 1989, "Integrating/averaging sound level meters"
- [131] EUROPEAN COMMISSION, Directive 2002/49/EC, relating to the assessment and management of environmental noise, 2002
- [132] EUROPEAN COMMISSION, Directive 2016/1629/EC, laying down technical requirements for inland waterway vessels, amending Directive 2009/100/EC and repealing Directive 2006/87/EC, L189/12-25, 2016
- [133] IMO, Resolution A.343 (IX): 1975-11, "Recommendation on Methods of Measuring Noise Levels at Listening Posts"
- [134] IMO, Resolution A.468 (XII): "Code on noise levels on board ship", 1982
- [135] IMO, Document MEPC 57/INF.4 Shipping noise and Marine Mammals, 2007
- [136] IMO, Document DE 53/10, Proposals for the development of amendments to SOLAS regulation II-1/36 and a revision of the Code on noise levels on board ships, 2009
- [137] IMO, Document MEPC 59/19 și Document MEPC 60/18, Noise From Commercial Shipping and its Adverse Impacts on Marine Life, 2009
- [138] IMO, Document MEPC 61/19, Noise From Commercial Shipping and its Adverse Impacts on Marine Life, 2010
- [139] IMO's binding Code on noise levels, Resolution MSC.337(91) on protection against noise on board ships, 2012
- [140] STAS 1957/2-87 – Acustică psihofiziologică. Terminologie
- [141] STAS 7150-1977, Acustica în industrie. Metode de măsurare a nivelului de zgomot în industrie
- [142] STAS 9779-82 – Acustică psihofiziologică. Evaluarea efectelor zgomotului asupra omului
- [143] SR ISO 1996-2:2008/C91:2009 – Acustică. Descrierea, măsurarea și evaluarea zgomotului din mediul ambiant. Partea 2: Determinarea nivelurilor de zgomot din mediul ambiant
- [144] SR ISO 1999:1996 – Acustică. Determinarea expunerii la zgomot profesional și estimarea deteriorării auzului
- [145] STAS 10009-88 – Acustica în construcții. Acustică urbană. Limite admisibile ale nivelului de zgomot
- [146] Parlamentul României, Legea nr. 319 din 2006 privind securitatea și sănătatea în muncă
- [147] Guvernul României, HG nr. 493/2006 privind cerințele minime de securitate și sănătate în muncă referitoare la expunerea lucrătorilor la riscurile generate de zgomot
- [148] Ordinul nr. 753/2006 privind protecția tinerilor în munca, Emitent: Ministerul Muncii, Solidarității Sociale și Familiei, publicat în Monitorul Oficial nr. 925 din 15.11.2006
- [149] Ordinul nr. 1472/2018 pentru aprobarea cerințelor tehnice pentru navele de navigație interioară, București, 24 septembrie 2018, Nr. 1.472. Ministerul Transporturilor - 07/10/2018, Publicat în M.Of. I nr. 844/2018
- [150] Referat de aprobare al Ordinului ministrului transporturilor pentru aprobarea cerințelor tehnice pentru navele de navigație interioară, Direcția Transport Naval - Nr. 27894/1389 din 17.07.2018
- [151] Hristev A., Mecanică și acustică, Ed. Didactică și pedagogică, București, 1982
- [155] Dima V., Acustica, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1985
- [172] Gracey & Associates, Acoustic Glossary, <http://www.acoustic-glossary.co.uk/>
- [173] Pennig S., Schady A., Railway noise annoyance: Exposure-response relationships and testing a theoretical model by structural equation analysis, Noise and Health, 2014, 16(73), pp 388-399
- [177] Ueng S.K., Lin D., Liu C.H., A Ship Motion Simulation System, Virtual Reality, 2008, Vol. 12, pp 65-76
- [179] Pérez F.R., Calleja A.H., Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, International Labour Organization, Ed. On-line, Part VI – General Hazards, Chapter 46 – Lighting, Conditions required for visual comfort, http://www.ilocis.org/documents/chpt46e.htm#JD_Ch46_2
-

- [180] Sunness J.S., ș.a., Low Luminance Visual Dysfunction as a Predictor of Subsequent Visual Acuity Loss from Geographic Atrophy in Age-Related Macular Degeneration, *Ophthalmology*, 2008, 115(9), pp 1480-1488
- [181] Kenney W.L., *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, International Labour Organization, Ed. On-line, Part VI – General Hazards, Chapter 42 - Heat and Cold, Physiological Responses to the Thermal Environment, http://www.ilocis.org/documents/chpt42e.htm#JD_Ch42_1
- [184] Rief S., Jurecic M., Air humidity in the office workplace. Study on the significance of air humidity in the office, Fraunhofer Institute For Industrial Engineering (IAO), Stuttgart 2014
- [185] Clausen G., Carrick L., Fanger P.O., Kim S.W., Poulsen T., Rindel J.H., A Comparative Study of Discomfort Caused by Indoor Air Pollution, Thermal Load And Noise, *Indoor Air*, 1993, 3(4), pp 255-262
- [186] Hugentobler W., Human and Building Evolution – is mankind designed for desert climate?, Condair Sales Conference, June 2016, Vienna
- [187] Sirois D.A., Natelson B., Clinicopathological findings consistent with primary Sjögren's syndrome in a subset of patients diagnosed with chronic fatigue syndrome: preliminary observations, *The Journal of Rheumatology*, 2001, 28(1), pp 126-131
- [188] Suni E., Stages of Sleep, Slep Foundation, updated August 14, 2020, <https://www.sleepfoundation.org/articles/stages-of-sleep>
- [190] Bandura A., Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change, *Psychological Review*, 1977, 84(2), pp 191-215
- [191] **Picu L.**, Picu M., *A Parallel Between the Six Methods of Measuring Vibrations Transmitted to the Whole Body*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, 2018, 25(2), ISSN 1224-5615, pp 15-24, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.01>
- [197] Acoustic Glossary, <http://www.acoustic-glossary.co.uk/>
- [202] **Picu M.**, **Picu L.**, *A Parallel Between the Seven Measurement Methods of Vibration Transmitted to the Hand-Arm System*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, 2018, 25(2), ISSN 1224-5615, pp 5-14, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.06>
- [203] **Picu L.**, *Noise Analysis in the Engine Room of a River Ship on the Danube by Eight Methods*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, 2018, 25(2), ISSN 1224-5615, pp 25-34, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.02>
- [204] Tontechnik-Rechner - sengpielaudio, <http://www.sengpielaudio.com/calculator-spl.htm>
- [210] Health and Safety Executive, <https://www.hse.gov.uk/>
- [215] Health și Safety Authority, Publications and Forms, Guide to the Safety, Health și Welfare at Work (General Application) Regulations 2007, Chapter 1 of Part 5: Control of Noise at Work, December 2007, https://www.hsa.ie/eng/Publications_și_Forms/Publications/Retail/Gen_Apps_Control_of_Noise.pdf
- [217] **Picu L.**, Rusu E.V.C., *Effects of low-frequency noise on crews of river vessels on the Danube*, Mechanical Testing and Diagnosis, ISSN-L 2247-9635; ISSN 2247-9635, 2019, Vol. 9, Issue 3, pp. 11-17, DOI: <https://doi.org/10.35219/mtd.2019.3.02>
- [228] **Picu L.**, Rusu E.V.C., *An Evaluation of the Main Characteristics of the Vibrations Transmitted to the Navigating Personnel from a River Vessel on the Danube*, The 8th Scientific Conference of Doctoral Schools "Dunarea de Jos" University of Galati (SCDS-UDJG 2020), Galați, România, (A 8-a Conferință Științifică a Școlilor Doctorale, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați), Galați, România, 18-19 iunie 2020, poster, Book of Abstracts <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts-20201>, P.P. 1.2.
- [229] Health and Safety Executive, Whole body vibration calculator, <https://www.hse.gov.uk/vibration/wbv/calculator.htm>
- [238] **Picu L.**, Rusu E.V.C., *Quantifying the Effect of the Ship Vibration on Crew for the Inland Navigation – Case Study a Cargo Navigating in the Lower Danube Sector*, The 4th International Conference on Traffic and Transport Engineering (ICTTE 2018), Belgrade, Serbia, 27-28 September 2018, Conference Proceedings, ISBN 978-86-916153-4-5, pp 169-174, http://ijtte.com/uploads/news_files/ICTTE%20Belgrade%202018_Proceedings.pdf

- [240] **Picu L.**, *A Study of the Vibrations Transmitted to the Staff by the Structures of the River Ships on the Romanian Danube Segment*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 1, Issue XXIX, 2017, ISSN 1224-5615, pp 11-16, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2017.1.02>
- [244] Harrington N., The Frustration Discomfort Scale: development and psychometric properties, *Clinical Psychology and Psychotherapy*, 2005, 12(5), pp 374-387
- [246] Health and Safety Executive, Hand-arm vibration exposure calculator, <https://www.hse.gov.uk/vibration/hav/vibrationcalc.htm>
- [249] Karakasis K., Skarlatos D., Zakinthinos T., *A factorial analysis for the determination of an optimal train speed with a desired ride comfort*, *Applied Acoustics*, 2005, 66(10), pp 1121-1134
- [250] **Picu L.**, Rusu E.V.C., *Studies of vibrations induced and their effect on the river ship crew fatigue*, The Fourth International Conference "New Trends in Environmental and Materials Engineering" (TEME 2017), Galați, oct. 2017, Book of abstract, p 50, <http://www.teme.ugal.ro/Book-of-abstracts.pdf>
- [255] **Picu L.**, Rusu E.V.C., Picu M., *An analysis of the noise in the engine room – case study a merchant ship navigating on Danube*, The 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2019), 30 June - 6 July 2019, Albena, Bulgaria, Conference Proceedings Vol. 19, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-85-0, ISSN: 1314-2704, pp 69-76, DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.009, <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6061>,
- [256] Ministerul Transporturilor, Ordinul nr. 543/2014 pentru publicarea acceptării Codului privind nivelurile de zgomot la bordul navelor, adoptat de Organizația Maritimă Internațională prin Rezoluția MSC.337(91) a Comitetului de siguranță maritimă din 30 noiembrie 2012
- [257] **Picu L.**, Picu M., Rusu E.V.C., *Noise analysis on the navigation bridge for a boat traveling on the Danube River*, The 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2019), 30 June - 6 July 2019, Albena, Bulgaria, Conference Proceedings Vol. 19, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-85-0, ISSN: 1314-2704, pp 571-578, <https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=6123>, DOI: 10.5593/sgem2019/5.2/S20.071
- [260] Health and Safety Executive, noise calculator, <https://www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm>
- [261] Kurt R.E., Khalid H., Turan O., Houben M., Bos J., Helvacioğlu I.H., Towards human-oriented norms: Considering the effects of noise exposure on board ships, *Ocean Engineering*, 2016, vol. 120, pp 101-107
- [268] **Picu L.**, Picu M., Rusu E.V.C., *Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration - Verification Method of Stevens's Power Law*, The 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2018), Albena, Bulgaria, July 2018, Conference Proceedings Vol. 18, Issue: 5.2, ISBN: 978-619-7408-47-8, ISSN: 1314-2704, pp 413-420, DOI: <http://doi.org/10.5593/sgem2018/5.2/S20.055>
- [282] **Picu L.**, *Two Methods of Assessing the Discomfort Created by Vibration on a River Ship*, Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle XIV-Mechanical Engineering, Vol. 25, Issue 2, 2018, ISSN 1224-5615, pp 35-42, DOI: <https://doi.org/10.35219/im.2018.2.03>
- [288] **Picu L.**, Rusu E.V.C., *Non-linear characteristics of transmissibility in the dynamic responses of standing subjects exposed to vertical whole-body vibration*, The 7th Scientific Conference of Doctoral Schools "Dunarea de Jos" University of Galati (SCDS-UDJG 2019), Galați, România, (A 7-a Conferință Științifică a Școlilor Doctorale, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați), Galați, România, 13-14 iunie 2019, poster, <http://www.cssd-udjg.ugal.ro/index.php/abstracts-2019>, publicată în Annals of Dunarea de Jos University, Fascicle II-Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, ISSN 2067 – 2071, Vol. 42(2) 2019, pp 143-152, DOI: <https://doi.org/10.35219/ann-ugal-math-phys-mec.2019.2.04>
- [290] **Picu L.**, Rusu E.V.C., Picu M., *An Analysis of How Physical and Social Factors Influence the Efficiency of Crew Members of a Ship Running on the Danube*, The 15th International Conference „Acoustics & Vibration of Mechanical Structures”, AVMS 2019, May 30-31, 2019, Timișoara, Romania, <https://ocs.springer.com/prom/conference/viewpapers/AVMS2019>
- [309] Yildirim P., Gunduz O.H., What is the role of Semmes-Weinstein monofilament testing in the diagnosis of electrophysiologically graded carpal tunnel syndrome?, *Journal of Physical Therapy Science*, 2015, 27(12), pp 3749-3753

- [313] **Picu L.**, Picu M., Rusu E.V.C., *An Investigation into the Health Risks Associated with the Noise and Vibrations on Board of a Boat – A Case Study on the Danube River*, Journal of Marine Science and Engineering (JMSE), 2019, 7(8), Paper ID 258, pp 1-15, eISSN 2077-1312, DOI: <https://doi.org/10.3390/jmse7080258>, WOS: 000482991100012
- [314] DeCoursey P.J., Dunlap J.C., Loros J.J., Chronobiology: Biological Timekeeping Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc., 2003
- [315] Refinetti R., *Circadian physiology*, Third Edition, 2016, CRC press, ISBN 9781466514973
- [316] Carex, Circadian rhythm: what it is, why it's important, and how to fix & maintain yours, <https://carex.com/blogs/resources/circadian-rhythm>
- [322] Salem Health, What is normal sleep?, <https://www.salemhealth.org/services/sleep/what-is-normal-sleep->
- [327] **Picu L.**, Rusu E.V.C., *An Analysis of the Effect of the Body Vibrations on the Human Performances, Mechanical Testing and Diagnosis*, ISSN 2247-9635, 2020(X), Vol. 4, pp. 5-11, https://www.mtd.ugal.ro/download/2020-4/1_MTD_Volume%204_PICU+Rusu_v2.pdf
- [328] Rauscher F.H., Shaw G.L., Ky C.N., Music and spatial task performance, Nature, 1993, 365(6447), pp 611-611
- [345] Embriaco N., Papazian L., Kentish-Barnes N., Pochard F., Azoulay E., Burnout syndrome among critical care healthcare workers, Current Opinion in Critical Care, 2007, 13(5), pp 482-488
- [347] **Picu L.**, Rusu E.V.C., Picu M., *Quantification of vibration and noise transmitted to navigation personnel on a cargo ship on the Danube in a meta-analysis*, The 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2020), 16-25 August 2020, Albena