

# Vibratsioonist tingitud riskide hindamine Eesti Rahva Muuseumis

Mari Allik  
Kristiina Piirisild

## Sissejuhatus

Eesti muuseumides ei ole seni toimunud põhjalikke uuringuid, mis käsitleksid vibratsioonist tingitud riskide hindamist muuseumis säilitatavatele kogudele. Samuti ei ole siinsetes muuseumides piisavalt teadvustatud sündmustega kaasneva vibratsiooni mõju museaalidele ega tegeldud aktiivselt võimalike probleemide ennetamisega. Puuduvad ka riskide ennetamiseks ja maandamiseks vajalikud teadmised. Käesolev artikkel püüab seda lünka täita.

Muuseumidel on pidev surve võidelda külastajate arvu pärast, mis on viinud mitmed muuseumid otsima põhitegevuse kõrvale täiendavaid programme või sündmusi, mis aitaks külastajate hulka kasvatada. Suurenenud muuseumikülastuste hulk kinnitab omakorda muuseumide vajalikkust ning toetab asutuste majanduslikku toimetulekut. Poola näitel on tõdetud, et kultuurisündmused (sh kontserdid) suudavad külastajate hulka kõige paremini kasvatada ning nendest on juba saanud osa muuseumides pakutavatest teenustest. (Jaremen 2018: 25–28)

Eestis oli statistikaameti andmetel 2023. aastal 170 muuseumi kokku 227 külastuskohaga, mis panustavad meie mälu talletamisse, mõtestamisse ja vahendamisse.<sup>1</sup> Konkurents toetuste

<sup>1</sup> Muuseumid Eestis. – Kultuuriministeeriumi veebileht, 23. aprill 2024. <https://kul.ee/kultuurivaartused-ja-digitaalne-kultuuriparand/muuseumid/muuseumid-eestis> (viimati külastatud 6. mail 2024).

saamiseks (eriti arvesse võttes siinset elanikkonda ja muuseumide suurt hulka) on erakordselt suur, nagu ka meelelahutust pakkuvate asutuste vahel. Inimeste vaba aja sisustamise nimel konkureerivad mitte ainult muuseumid omavahel, vaid konkurents käib kõigi meelelahutust pakkuvate võimaluste vahel sotsiaalmeediast spordisaalini. Seega ei ole muuseumide konkurendiks tingimata teine muuseum, vaid kõik meelelahutusasutused (Runnel 2018). Ka riiklik rahastamine on kogu maailmas vähenemas, kuid muuseumidelt oodatakse kestlikkuse tagamiseks organisatsioonilisi muudatusi ja uuendusi (Janes 2019: 229).

Kui muuseumid keskenduvad rahale, tarbimisele ja turuideoogiale, pisendab see muuseumi kui sotsiaalse institutsiooni ja olulise ühiskondliku ressursi rolli (Janes 2019: 220). Muuseumidele pandud surve olla üheaegselt nii säilitav kui ka majanduslikku kasu teeniv asutus tekitab paratamatult konflikte muuseumieetika või pärandi säilitamisega üldisemalt, mille tulemusena pannakse sageli teadmatuses ohtu ajaloolised hooned ja museaalid nende sees.

### **Kontekst**

Kui Eesti Rahva Muuseum 2016. aastal vast valminud hoonesse kolis, ei osatud ette näha pidevalt kasvava sündmuskorraldusega kaasnevaid ohte muuseumi kogudele. Uue muuseumihoone ruumiplaneering ja sagedased meelelahutuslikud sündmused (kõige värskemate andmete järgi käis ERMis 2024. aastal 182 892 külastajat, sh toimus 341 rendisündmust 67 537 külalisega), tingisid vajaduse hinnata museaalide turvalisust teise nurga alt. Seda ennekõike külastajatest, võimendatud helist ja muudest inimtekkelistest tegevustest tingitud vibratsiooni kontekstis.

Viimase aastakümne jooksul on muuseumide teadlikkus terveid kollektsioone mõjutava vibratsiooni kohta oluliselt paranenud. Kui varasemalt oli fookus seatud esemete turvalisusele transpordi ajal, siis täna räägime üha enam muuseumihoone sees või selle vahetus läheduses toimuvate sündmuste mõjust museaalidele.

Vibratsiooni mõju esemele on keeruline hinnata, kuna tekkinud kahju ei ole sageli kohe märgatav ning paljudel muuseumidel ei ole kogemust ega võimalusi mõõta vibratsiooni kogudes või näitusesaalides. Seda olulisem on osata märgata vibratsioonist tingitud võimalikke riske ja võtta kasutusele ennetavaid meetmeid.

Vibratsiooni puhul räägime tahketes ainetes ja tarindites esinevast võnkumisest, mida iseloomustab laineline liikumine ja

mida väljendatakse mõõtühikutes  $\text{mm/s}^2$  (vibrokiirendus  $\alpha$ )<sup>2</sup> või  $\text{mm/s}$  (vibrokiirus  $v$ ). Lainete arvu ühes sekundis nimetatakse sageduseks ja selle ühikuks on herts (Hz) ehk võnge sekundis. (Luik 2009: 6) Vibratsiooni mõju hindamisel museaalidele on oluline teada vibratsiooni kiirust või kiirendust, kuid määrava tähtsusega on ka vibratsiooni sagedus. Vibratsiooni tüüpiline sagedusvahemik on 10–1000 Hz, mida võivad põhjustada tehnilised seadmed, transpordivahendid ja inimeste tavapärase tegevus (Konsa 2007: 87). Esemete kontekstis on kõige olulisem jälgida just madalaid sagedusi, kus vibratsiooni amplituud on kõrgem ja vibratsiooni sagedus võib kattuda eseme omavõnkesagedusega, mis jääb vahemikku 1–50 Hz (Hackney 2020: 183–186) või kuni 100 Hz (Chiriboga Arroyo 2013: 65). Eset mõjutav omavõnkesagedus võib panna selle kontrollimatult vibreerima, mille tulemusena võib see ootamatult puruneda. Vibratsiooni korral, kahe materjali vahelise hõõrdejõu ületamisel, kipuvad esemed oma asukohast ka nihkuma või halvimal juhul „kõndima“, mille tulemusena võib ese näiteks riulilt alla kukkuda. (Hackney 2020: 183–186) Ühe sageli esineva kahjustusena on David Thickett välja toonud ka eseme ning selle kinnitussüsteemi omavahelise hõõrdumise tagajärjel tekkinud pinnakahjustuse (Thickett 1999: 2–10; 2002: 92–95).

Vibratsiooni puhul saame rääkida tsüklilisest koormusest, mis aja jooksul kumuleerub. Võrreldes eseme materjali tugevusega on vibratsiooni tekitatud koormus sageli kordades väiksem, kui seda on vaja nähtavate kahjude ilmnemiseks, kuid mitme miljoni tsükli toimumisel tekivad juba nähtavad kahjud, kus materjal on saavutanud väsimuspiiri<sup>3</sup>. Paralleele saab tõmmata valgusest tingitud kahjustustega, mille mõju esemele on samuti ajas kumulatiivne (Wei 2014). Museaali paiknemist väsimuspiiri suhtes on keeruline hinnata, kuna puudub laiapõhjaline andmebaas levinud museaalimaterjalide vastuvõtlikkusest vibratsioonile. Sageli puudub muuseumidel ka museaali transporti, eksponeerimist ja muid sündmusi kajastav andmete kogum, mis aitaks hinnata, kas objekti materjal hakkab oma mehaanilisi omadusi kaotama. Seniste uurimistööde käigus on sageli huviorbiidist välja jäänud esemed, mis ei oma nii suurt rahalist väärtust (näiteks etnograafilised

2 Sageli kuvatakse vibratsiooni mõõtmistel mitme kiirenduse andmed korraga, väljendades seda esemele mõjuva gravitatsioonina (g) –  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

3 Väsimuspiir – suurim pinge, mida materjal talub, kui koormus muutub pidevalt vähimast suurimaks ja vastupidi (<https://sonaveeb.ee/search/unif/dlall/dsall/v%C3%A4simuspiir/1/est>).

esemed), kuid on olulised kultuuripärandi uurimisel ja säilitamisel (Wei 2020: 19–20), mis omakorda võimendab puudujääke andmetes.

Eestis ei ole ainelist kultuuripärandit mõjutav vibratsioonitase seadusandluses kuidagi reguleeritud ega kehtestatud soovituslikke vibratsiooni piirmäärasid, millest objektide või esemete kaitsmisel lähtuda.

Foto 1.  
Kontsert silla-alal.  
Foto: Arp Karm



### Eesmärk

Esmane vibratsiooni mõõtmine toimus Eesti Rahva Muuseumis 2019. aastal, mis tänaste teadmiste valguses ei olnud piisavalt täpne. Täpsemate mõõtmistulemuste saamiseks alustati 2023. aastal koostööd Tartu Ülikooli observatooriumiga.

Koostöös TÜ observatooriumi kosmosetehnoloogia laboriga selgitati vahemikus 2023–2024 ERMis põhjalikumalt küllastajate ja võimendatud helist tingitud vibratsiooni võimalikku mõju museaalidele. Katsete eesmärgiks oli teada saada, millised helirõhutaseme piirangud tuleb esemete turvalisust silmas pidades seada hoone teatud tsoonidesse, kus suurt ohtu kujutavad esemetele küllastajad ja mil määral mõjutab mõõtmistulemust vitriini materjal või disain. Mõõtmiste käigus uuriti ka majasiseste transpordivahendite tekitatud vibratsiooni mõju museaalidele.

Enne kui töögrupp vibratsiooni mõõtekohad paika pani, koguti ERMi töötajatelt täiendavat teavet museaalidele võimalike ohtlike piirkondade ja alade kohta. Hariduskeskuse juhi hinnangul tegi küllastajate tekitatud vibratsioon kõige enam muret suurte kooligruppide puhul, kuna lapsed on sageli elavamad ja liikuvamad kui teistesse vanusegruppidesse kuuluvad küllastajad. Vitriinides paiknevatele esemetele hinnati ohtlikuks ka näitusele „Õige keha, vale keha?“ projekteeritud vitriinid, mis olid osaliselt ühendatud küllastajatele mõeldud astmelise istumisalaga.



muuseumid hoone lähedal või hoone sees teostatud ehitustööde vältel ning esemete monitoorimisel transpordi ajal või *in situ*.

Vibratsiooni mõõtmisel saadud andmete interpreteerimisel on oluline arvesse võtta lisaks vibratsiooni kiirusele või kiirendusele ka objekti mõjutavat vibratsiooni sageduse taset, mis aitab hinnata eri materjalide käitumist vibratsiooni korral või tuvastada eseme omavõnkesagedust.

Endiselt on ebaselge, kuidas mõjutab esemeid kõrgetel sagedustel (üle 100 Hz) vibratsiooni kiirus või kiirendus, mis ületab esemetele soovituslikke piirmäärasid, nt 5000 mm/s<sup>2</sup>. Seni on enamik artikleid keskendunud just madalamatele sagedustele vahemikus 1–50 Hz, mis on omane esemete omavõnkesagedusele (Hackney 2020: 183–186). Lisaks eseme võimalikule kontrollimatule vibreerimisele on madalatel sagedustel vibratsiooni amplituud kõrgem, mis võib samuti mõjutada eseme seisundit suuremal määral kui kõrgetel sagedustel vibratsioon (Chiriboga Arroyo 2013).

TÜ observatooriumi kosmosetehnoloogia laboris tehakse tavaliselt vibratsioonikatsetusi sagedusvahemikus 5–2000 Hz, mis on tingitud vibratsioonipingi töövahemikust. Selline vahemik võimaldab edukalt simuleerida kanderakettide lendamist ja lennul esinevat vibratsiooni. Kiirendustasemed algavad 0,5 g-st ja esineb kuni 30 g suuruseid kiirendusi.

ERMis tehtud katsetel kasutati vibratsiooni mõõteseadmeteks PCB Piezotronicsi kolmeteljelist kiirendusandurit 356A44 ja Data Translationi analoog-digitaalmuundurit DT9837B. Mõõtmistulemused (vibrokiirendus) salvestati QuickDAQ 3.7.0.49 tarkvaraga. PCB Piezotronics 356A44 kiirendusanduri eeliseks on selle mõõtmised, mis võimaldavad andurit kinnitada väikeste ja keeruliste objektide külge. Katsete käigus mõõdeti vibrokiirendust (mm/s<sup>2</sup>). Andmed mõõdeti võnkuva suuruse maksimaalse hälbe keskväärtusest.

## **Ekspirimendid**

Võimendatud helist, küllastajatest ja majasisestest transpordivahenditest tingitud vibratsiooni kaardistamiseks prooviti eksperimentide käigus luua võimalikult tõetruud olukorrad, mis peegeldaksid sündmuste toimumisega kaasnevaid riske võimalikult täpselt. Mõõtmisi teostati ainult ühes teljes, kus hinnanguliselt on kiirendus kõige suurem (peamiselt x-teljes, vertikaalne liikumine, kui ei olnud märgitud teisiti). Andur kinnitati põrandale ja vitriinidele kahepoolse kleeplindiga, mis on eksperimendis kasutatud anduri kinnitamisel labori tavapärane praktika.

*Külastajatest ja majasisesest  
transpordivahendist tingitud vibratsiooni leviku  
kaardistamine vitriinides*

Vibratsiooni mõõtmisel põrandalt valiti mõõtekohaks piirkond, mis jääb tugisest ja -postidest võimalikult kaugemale. Seda põhjusel, et raudbetoonplaadi keskel on vibratsiooni mõju tugevam kui toetatud piirkonnas plaadi servades. Vitriini seest teostatud mõõtmistel valiti kiirendusanduri asukoht lähtuvalt vitriini avatud ukse asukohast ja kiirendusanduri kinnitamise võimalustest vitriinis paiknevatele riulitele.

Eksperimendis imiteeriti külastaja või külastajate grupi möödumist vitriinist (ühe inimese kõnd, nelja inimese hoogne kõnd, ühe inimese hüppamine vitriini kõrval). Puhastus- ja transpordivahendite liikumise jälgendamiseks sõideti vitriinist mööda kahveltõstukiga (Rokla Basic 2200), mille tühimass oli 63 kg.

Vitriinide valikul jälgiti, et esindatud oleks enamik ERMi püsi- ja ajutiste näituste vitriinide tüüpe nii mõõtmete kui ka materjalide poolest. Valituks osutus viis vitriini, mille materjalid ja mõõtmed on kirjeldatud tabelis 1. Valitud püsinäituse vitriinide puhul on oluline välja tuua, et tegemist on põranda külge ankurdatud vitriinidega, mistõttu on täiendavate vibratsiooni summutavate materjalide nagu *Sorbothane*, *Sylomer* või *Plastazote* kasutamine vitriini all raskendatud.

**Tabel 1. Eksperimendi jaoks välja valitud ERMi vitriinid.**

Nr	Vitriin	Materjal	Mõõtmed
1	Pea ilu (näitus „Õige keha, vale keha?“)	Puitkarkass, vineer, MDF, klaasriiul	Üle 5 m pikkune monoliitne vitriinide stand, ühendatud astmete/istumisalaga
2	Klaaspudelid (püsinäitus „Kohtumised“ „Moodsad ajad“)	Teraskarkass, rullikutel MDF-alus, pleksiklaasist riulid, klaas	Ümarvitriin. Vitriin kinnitatud raudbetoonist põranda külge; läbimõõt 1000 mm, kõrgus 2530 mm
3	Kodune raamatukogu (püsinäitus „Kohtumised“ „Elu raudse eesriide taga“)	Teraskarkass, rullikutel MDF-alus, viimistletud vineerplaat riulid	Pikk vitriin. Vitriin kinnitatud raudbetoonist põranda külge; 5020 × 1020 mm, kõrgus 2530 mm

4	Relvad (püsinäitus „Kohtumised“. „Ristiusu tulek“)	Teraskarkass, rullikutel MDF-alus, pleksiklaasist riulid, klaas	Pikk vitriin. Vitriin kinnitatud raudbetoonist põranda külge; 5020 × 1020 mm, kõrgus 2530 mm
5	Vabadus uskuda (püsinäitus „Kohtumised“. „Vabaduste aeg“)	Teraskarkass, rullikutel MDF-alus, viimistletud EPS-vahtplastist riulid, klaas	Ümarvitriin. Vitriin kinnitatud raudbetoonist põranda külge; läbimõõt 1000 mm, kõrgus 2530 mm

*Võimendatud helist tingitud vibratsiooni leviku kaardistamine hoones*

Võimendatud helist tingitud vibratsiooni leviku kaardistamiseks teostati mõõtmised neljas ERMi kontserdipaigas ja nende vahetus läheduses: silla-alal, vahetuvate näituste saalis, kohvikus Pööriöö ja teatrisaalis. Imiteerimaks eri kontsertide helisagedust, kasutati helikliipina roosat müra. Eksperimendis kasutatud helikliip ja helirõhutase valiti koostöös ERMi helitehniku Taavo Terasega, kelle hinnangul jääb enamik ERMi kontserte vahemikku 90–95 dB(A). Igas ruumis kasutati mõõtmiste käigus täpselt sama helivõimendust, mida kasutatakse reaalse sündmuse või kontserdi ajal. Silla-alal on kasutuses laes 2 × 6 võimendused L-acoustics Kara II ja põrandal ratastel 2 × 4 bassivõimendi L-acoustics SB18 cardioid (suunatud) konfiguratsioonis, seljaga näituste poole.

Teatrisaalis on teatrietenduste ajal kasutusel laes kaks Bose LT 9403 võimendit ja kaks Bose mb24 bassivõimendit; kontsertide ajal on kasutusel kaks Martin audio WS218X bassivõimendit põrandal ning kaks Martin audio V8WDQ võimendit statiivil. Viimased kaks helisüsteemi on transporditavad ning vajadusel kasutatakse neid ka vahetuvate näituste saalis.

Kõikide mõõtmiste korral kasutati täpsete dB-ide määramiseks iSEMconi mõõtemikrofoni EMX-7150 ja kalibraatorit SC-1 Acoustical Calibrator. Mõõtemikrofon asetati mõõtmiste ajal helipuldi kõrvale, imiteerides tavapära situatsiooni, kus rahvamassi keskele ei ole võimalik mõõtemikrofoni paigutada seadme ja küllastajate turvalisust silmas pidades.

Vibratsiooni mõõdeti kiirendusanduriga ruumi igas valitud punktis 10 sekundi vältel. Mõõtmisel kasutati analoog-digitaalmuundurit DT9837B ja PCB Piezotronicsi kolmeteljelist kiirendusandurit 356A44. Mõõtmistulemused (kiirendus) salvestati QuickDAQ 3.7.0.49 tarkvara abil. Mõõtmised teostati ainult ühes



teljes, kus hinnati, et kiirendus on kõige suurem (x-telg, vertikaalne liikumine). Andur kinnitati põrandatele, kergkonstruktsiooniga seintele ja ühel juhul vitriinile kahepoolse kleepplindiga, mis on sellise anduri kinnitamisel labori tavapärase praktika. Mõõtmised teostati kokku 18 punktis.

Puudub teadmine, et ERMis oleks mõni ese võimendatud helist tingitud vibratsiooni tulemusena kahjustada saanud, kuid kontsertite ajal on täheldatud vitriinide vibreerimist, eksponeeritavate esemete „kõndimist“ ja teatud piirkondades ka laevalgustite liikumist.

Foto 2.  
Kiirendusanduri  
kinnitamine  
pleksiklaasist vitriini  
riiulile püsinäituse  
„Kohtumised“  
teemanäitusel  
„Moodsad ajad“.



### Tulemused

*Külastajatest ja majasisesest  
transpordivahendist tingitud vibratsiooni leviku  
kaardistamine vitriinides*

Viie vitriini juures toimus kokku 15 mõõtmist. Lisaks tehti referentsandmete saamise eesmärgil nelja eksperimendi mõõtmised otse betoonpõrandalt. Kõrged vibratsioonitulemused mõõdeti kahes vitriinis, näitusel „Õige keha, vale keha?“ ja püsinäituse „Kohtumised“ relvavitriinis, mille mõõtmistulemused ületasid madalamat piirmäära ( $2000 \text{ mm/s}^2$ ) nelja eksperimendi ajal ning relvavitriinist mõõdetult ületati vibratsiooni kõrgemat piirmäära ( $5000 \text{ mm/s}^2$ ) kahe eksperimendi ajal. Mõlema mõõtmiskoha puhul jäid kõrgeimad vibratsioonitasemed alla  $100 \text{ Hz}$ . Ülejäänud mõõtmistulemused jäid alla  $2000 \text{ mm/s}^2$ .

Näituse „Õige keha, vale keha?“ puhul sai kinnitust esemetele ohtlikuks hinnatud vitriinide kujundus, mis ühendas eksponeerimispinna/osa istumiseks mõeldud trepistikuga. Eksperimendi käigus uuriti trepistikul kõndimise mõju vitriini klaasriiulile, millelt mõõdeti maksimaalne vibratsioonitase  $13\,851,6 \text{ mm/s}^2$ , sagedusel  $69,3 \text{ Hz}$ , mis ületab õrnadele esemetele soovituslikku vibratsiooni piirmäära peaaegu kümnekordselt. Samast vitriinist kahveltõstukiga möödudes mõõdeti vitriini klaasriiulilt vibratsiooni

tugevuseks 4970,1 mm/s<sup>2</sup> sagedusel 70,3 Hz, mis on võrreldes tavapärase külastaja tekitatud mõjuga (701,2 mm/s<sup>2</sup> sagedusel 18,6 Hz) kordades kõrgem.

Üllatavaid tulemusi pakkus suur ja kaalult üsna raske vitriin, mille sees paikneb pleksiklaasist lehtedest riiul-sõrestik. Viimane oli võimalikule häiringule ülimalt tundlik just pleksiklaasi ülemistes osades nii vertikaal- kui horisontaalsuunas liikumisel, nagu näitas ka kahveltõstukiga vitriinist möödumine (horisontaalsuunas 36 056,6 mm/s<sup>2</sup> sagedusel 18,6 Hz). Märkimisväärset häiringut sõrestiku kõrgemates osades võib põhjustada ka külastajate aktiivne tegevus (näiteks hüppamine) vitriini kõrval. Vitriini põhjast, pleksiklaasilt möötes jäi kahveltõstuki ja külastaja möödumisel tekitatud vibratsiooni häiring vitriinis minimaalseks (324,9 mm/s<sup>2</sup> sagedusel 18,6 Hz). Saadud andmed näitavad selgelt, kuidas vibratsiooni tase vitriini kõrgematel tasanditel kasvab.

**Foto 3.**  
Kiirendusanduri kinnitamine püsinäituse relvavitriini pleksiklaasist sõrestikule.



Võrdluseks võib siinkohal välja tuua ka ERMi hoidlaruumide automatiseeritud riiulite liikumisel tekkiva vibratsiooni mõõtmiste käigus saadud andmed, mis on võrreldes külastaja tavapärase mõjuga „Õige keha, vale keha?“ vitriinides paiknevatele esemetele mõnevõrra suurem. Mitme mõõtmise kõrgeimad tulemused jäid vahemikku 59,5–1584,7 mm/s<sup>2</sup>, sagedusel 1–42 Hz. Vibratsioonitase automatiseeritud hoidlariiuulites ei ole kõrge, kuid pika aja vältel ja intensiivse kasutamise tulemusena võib see vibratsioonile tundlikke museaale sellegipoolest mõjutada.

**Foto 4.**  
Majasiseste transpordivahendite imiteerimine tühikaalul kahveltõstukiga.



*Tulemused. Võimendatud helist tingitud  
vibratsiooni leviku kaardistamine hoones*

Võimendatud helist tingitud vibratsiooni mõõtmiste käigus saadud andmed näitavad, et silla-alalt ei kandu vibratsioon olulisel määral edasi näitusesaalidesse, saades 90 dB juures püsinäituse põrandalt, ohvrikivi juurest mõõtes maksimaalseks vibratsiooni kiirenduseks  $358 \text{ mm/s}^2$  sagedusel 48 900 Hz. Näitusesaalide suunas levivat vibratsiooni vähendab ka asjaolu, et silla-alal kasutusel olev helisüsteem on kardiooid-konfiguratsioonis, mis blokeerib teatud helisagedused kõlarite taha jääval alal, kuid see ei välista võimaliku vibratsiooni edasikandumist mööda hoone tarindeid. Tuleb arvestada, et tehtud mõõtmised ei anna infot kontserdi ajal hüppavate või tantsivate inimeste tekitatud vibratsiooni ega selle mõju kohta ekspositsioonipindadele, mistõttu on vaja seda tulevikus täpsemalt uurida.

Kui silla-alalt kandub võimendatud heli korral vibratsioon edasi näitusesaalidesse minimaalselt, siis silla-ala servades paiknevates kergkonstruktsiooniga seintes võimendub vibratsiooni tase oluliselt. Mõõtmiste käigus on silla-ala trepihalli seinalt fikseeritud 95 dB(A) suuruse helirõhutaseme korral maksimaalne vibratsiooni kiirendus  $540 \text{ 937 mm/s}^2$  100 Hz juures, mis ületab õrnadele esemete jaoks soovituslikku piirmäära 279-kordselt. Väiksema helirõhutaseme korral (90 dB(A)) on vibratsioonitase oluliselt väiksem, kuid ületab endiselt ka heas seisukorras museaalide jaoks seatud vibratsiooni piirmäära kolmekordselt. Antud seinapinda kasutatakse sageli väiksemate foto- ja kunstinäituste tarbeks.

Galeriis tehtud mõõtmised näitasid, et teatrisaalist edasi kanduv vibratsioonitase on nii seinalt kui põrandalt mõõdetuna minimaalne, jäädes alla  $50 \text{ mm/s}^2$ . Probleemsemaks osutus teatrisaalist kohvikusse kanduva vibratsiooni tase: teatrisaali kontsertidel kasutatava helitehnikaga mõõdeti kohviku põrandalt maksimaalne kiirendus 95 dB(A) võimsusel  $376 \text{ mm/s}^2$ , sagedusel 48 900 Hz, kuid see võimendus oluliselt ajutisel kergkonstruktsiooniga seinal, saavutades sagedusel 100 Hz kiirenduseks  $36 \text{ 914 mm/s}^2$ . Teatrisaali lakke kinnitatud võimendust kasutades fikseeriti kergkonstruktsiooniga seinalt maksimaalne vibratsioonitase  $46 \text{ 424 mm/s}^2$ , 100 Hz juures, mis ületab õrnadele esemete soovituslikku vibratsiooni piirmäära 23-kordselt.

Ülejäänud mõõtmistulemused jäid oodatust madalamaks. Ka eelduste kohaselt suuremasse riskigruppi kuuluvasse lipusaali vitriini jõudis ajutiste näituste saalist maksimaalne vibratsioonitase  $48 \text{ mm/s}^2$  sagedusel 47 500 Hz.

Mõõtmistel kasutati mõõtemikrofoni, mida sündmuste või kontsertide ajal ERMis tavaliselt ei kasutata. Mõõtemikrofoni ülesseadmine ja testimine võtab aega ning senine kogemus näitab, et seda alati teha ei jõuta. See tähendab, et sündmuste ja kontsertide ajal ei ole seni tavaks olnud helirõhutaset mõõta kalibreeritud seadmega. Sageli kasutatakse mobiiltelefonides spetsiaalseid rakendusi detsibellitaseme mõõtmiseks, kuid nende mõõtetäpsus ja usaldusväärsus võivad olla kaheldavad. Mobiiltelefonid pole mõõteriistad ja nende mõõtemikrofonid ei suuda sama täpselt mõõta detsibelle kui selleks ettenähtud mõõtemikrofonid.

**Tabel 2. Küllastajate tegevusest ja majasisesest transpordivahendist tingitud vibratsiooni mõõtmistulemused. Iga eksperimendi puhul on välja toodud vähemalt kaks kõrgeimat väärtust (mm/s<sup>2</sup>). Kollasega on esile toodud mõõtmistulemused, mis ületavad õrnade esemete jaoks soovituslikku piirmäära 2000 mm/s<sup>2</sup>, roosaga aga mõõtmistulemused, mis ületavad heas seisus esemete jaoks soovituslikku piirmäära 5000 mm/s<sup>2</sup>.**

Jrk nr	Heliallikas	Mõõtekoha kirjeldus	Sagedus / Hz	Kiirendus/mm/s <sup>2</sup>
1	Silla-ala, L-acousticsi helisüsteem (suunaga A-sissepääsu poole)	Silla-ala keskelt, 90 dB	200	957
			48 800	358
2		Silla-ala keskelt, maksimumaalne heli	100	72 256
			48 800	449
3		Silla-ala keskelt, 95 dB	200	3 183
			48 800	451
4		Silla-ala trepihalli seina juurest põrandalt, 90 dB	200	2 016
5		Silla-ala trepihalli seina juurest põrandalt, 95 dB	200	6 038
6		Silla-ala trepihalli seinalt, 90 dB	100	173 747
	3 500		1 691	
7	Silla-ala trepihalli seinalt, 95 dB	100	540 937	
		3 500	4 188	
		5 500	3 987	
8	Püsinäituse põrand. Ohvrikivi juurest, 90 dB	48 900	358	
9	Püsinäituse põrand. Ohvrikivilt, 95 dB	4 900	350	

10	Teatrisaal, Martin Audio helisüsteem	Kohviku põranda keskelt, 90 dB	48 900	393
11		Kohviku põranda keskelt, 95 dB	48 900	376
12		Kohviku ajutiselt kerg-konstruktsiooniga seinalt (B-fuajee vastas), 90 dB	100	12 219
			48 900	316
13		Kohviku ajutiselt kerg-konstruktsiooniga seinalt (B-fuajee vastas), 95 dB	100	36 914
	49 100		543	
14	Teatrisaal, Bose helisüsteem (laes)	Kohviku ajutiselt kerg-konstruktsiooniga seinalt (B-fuajee vastas), teatri-saali heli laest, 95 dB	100	46 424
			500	2 076
			2 100	1 306
15	Teatrisaal, Martin Audio helisüsteem	Galerii põrandalt, 95 dB	47 800	49
16		Galerii seinalt, 95 dB	48 100	48
17	Vahetuvate näituste saal, Martin Audio helisüsteem	Lipusaalis EÜSi lipu vitriinilt, 90 dB	47 400	48
18		Lipusaalis EÜSi lipu vitriinilt, 95 dB	47 500	48

## Piirmäärade rakendamine muuseumis

ERMis teostatud vibratsiooni kaardistamise tulemusena on valminud muuseumisiseseks kasutamiseks juhend, mis annab soovitusi võimendatud helist tingitud vibratsiooni piirmäärade kehtestamiseks hoone eri tsoonides ning juhib tähelepanu võimalikele ohtudele nii esemete käsitsemisel, transportimisel, majasiseste transpordivahendite trajektooride valimisel kui ka vitriinide kujunduses.

Oluline on mõista, et mõjutame museaalimaterjalide mehaanilisi omadusi kaudselt ja otseselt erinevate tegevuste käigus, ning sageli ei pööra me sellele igapäevaselt kuigi palju tähelepanu. Näiteks museaalide majasisene transport mööda ebatasast põrandat, kus riske aitaks maandada vibratsiooni vähendava transpordikäru kasutamine ning museaalide hoiuümbristes vahtplastist pehmenused ja/või spetsiaalsed pesad. Senisest enam võiks näitusesaalides vajaduspõhiselt kasutusele võtta vibratsiooni summutavaid materjale nagu *Sorbothane*, *Sylomer* või *Plastazote*, mida saab kasutada nii riputussüsteemides kui ka eksponeerimisaluse alla paigaldatava matina.

Koostöö vältel TÜ observatooriumiga õnnestus ühe võimendatud heliga sündmuse korral teostada ka täpsemad vibratsiooni mõõtmised, kus lähtuti ERMi juhendis ette antud soovitustest. Muuseumis toimunud kontsert-tegevuskunstiüritus „Volbriöö maailm“ nägi ette ühe elektroonilise muusikapala esitamist galeriis, näitusel „Kellele kuulub öö?“. Üheksaminutilise muusikapala esitamiseks lepitati kokku maksimaalne helirõhutase 85 dB(A) ning põrandaga otsekontaktis oleva võimendi alla asetati täiendav kummimatt. Muusikapala vältel mõõdeti vibratsiooni ühe vitriini pealt, mis paiknes võimendussüsteemi vahetus läheduses. Suureks üllatuseks näitasid mõõtmistulemused, et muusikapala vältel ei avaldanud võimendatud helist tingitud vibratsioon vitriinides oodatud kõrget taset, vaid jäi alla 882 mm/s<sup>2</sup>. Oluliselt kõrgemaks hinnati rohkete külastajate tekitatud ohtu vitriinides paiknevatele museaalidele, kui publik vastu vitriine nõjatus või komistas.

Senine kogemus näitab, et muuseumis toimuvate sündmuste täpseks monitoorimiseks on soovitatav soetada portatiivne vibratsiooni mõõtesead, mis võimaldab monitoorida mööda hoone tarindeid kanduva vibratsiooni mõju vitriinides ja/või hoidlariikulil paiknevatele museaalidele ning teavitussüsteemi olemasolul võimaldab see kokku lepitud piirmäärade ületamisel koheselt ka olukorrale reageerida. Käesolevas eksperimendis kasutatud mõõtesead ei ole juhtmevaba, mis raskendab selle kasutamist vitriinisiseste mõõtmiste teostamisel ajal, mil muuseum on külastajatele avatud. Mobiiltelefonide rakendusi

detsibellitaseme või kiirenduse mõõtmiseks ei ole keelatud kasutada, kuid arvestama peab, et saadud mõõtetäpsus ja usaldusväarsus võib olla kaheldav.

*Riskide maandamise võimalused näitustel ja hoidlates*

- Projekteeritavad vitriinid ja hoiupinnad ei tohi olla ühenduses istumiseks ja/või astumiseks mõeldud kergkonstruktsioonist ala või platvormiga.
- Mida raskem ja stabiilsem on vitriin või riiul, seda väiksem on vibratsioonioht.
- Kergete esemete hoiustamisel/eksponeerimisel pikkadel riiulipindadel on vibratsiooni vähendamiseks mõistlik lisada riiulile kaalu mõne raskema eseme näol.
- Esemed kinnitada turvaliselt spetsiaalsete kinnitus- ja/või riputussüsteemide abil. Vältida vibratsiooni korral materjalide omavahelist hõõrdumist.
- Valmistada esemele eksponeerimiseks ja/või hoiustamiseks sobiv pesaga alus.
- Kasutada täiendavaid piirdeid, takistamaks eseme riiulilt maha- või pikalikukkumist.
- Kasutada esemete kinnitamiseks eksponeerimise ajal muuseuminätsu või -geeli, takistamaks vibratsiooni korral esemete „kõndimist“ või ümber kukkumist.
- Suurte õõnsate esemete eksponeerimisel paigutada eseme sisse täiendav raskus, mis viib eseme raskuskeskme allapoole.
- Esemete riputamisel (nt maalid) kasutada vibratsiooni vähendavaid süsteeme, nt elastse polümeeriga riputuskonks või vahelüli.
- Esemete majasisesel transportimisel kasutada suurema läbimõõduga täiskummist ratastel riiul- või platvormkärusid, mis vähendavad ebatasase põranda korral vibratsiooni ja põrutust.
- Esemete majasisesel transportimisel asetada esemed pehmenusega karpi või fikseerida sobivate abivahenditega.
- Esemete majasisesel transportimisel riiul- ja platvormkäruga aeglustada ebatasasest põrandast ja betoonplaatide vuugivahedest ülesõitmisel.
- Pidev kommunikatsioon osapoolte vahel.
- Hinnata sündmuse/kontserdi mõju selle lähedal paiknevale eksponeerimisalale ning võtta vajadusel täiendavad meetmed, nt viia kontserdi või sündmuse toimumine teise asukohta või eemaldada sündmuse/kontserdi toimumise ajaks teatud eksponaadid.

- Tagada hea kommunikatsioon sündmuste ja kontsertide helitehnikute ning DJ-dega kokkulepitud helirõhutasemest kinnipidamisel.
- Kasutada täpse helirõhutaseme määramiseks mõõtemikrofoni.
- Piirata vajadusel kontsertide ja sündmuste helirõhutaset 75 dB (C); 85 dB (C); 90 dB (C).
- Viia helivõimendite kontakt põrandaga miinimumini.
- Kasutada vastavalt objektile (vitriin, helivõimendi) vibratsiooni vähendavaid süsteeme.
- Esemeid kahjustava või ohtu seadva vibratsiooni korral tuleb sündmus ja/või kontsert koheselt katkestada.

### Kokkuvõte

Võimendatud helist, küllastajatest ja majasisestest transpordivahenditest tingitud vibratsiooni kaardistamine aitab muuseumil teha paremaid otsuseid kontserdipaikade valikul ja eksponeerimisalade planeerimisel, vähendamaks hooldlates ja eksponeerimisaladel paiknevatele museaalidele täiendavaid riske. Sarnast meetodit on võimalik kasutada ka ehitustöödest või liiklussõlmest edasi kanduva vibratsiooni mõju kaardistamiseks muuseumis.

Kuna kultuuripärandi objektid on väga erineva suuruse, materjali ja vananemisastmega, ei ole võimalik anda kõikidele objektidele ühest soovituslikku vibratsiooni piirmäära, vaid igale esemele tuleb läheneda individuaalselt, võttes arvesse ka varasemaid parandus- ja konserveerimistöid esemel. Siiski on võimalik aluseks võtta teatud parameetrid, millest lähtuti ka ERMi mõõtmistulemuste analüüsimisel: vastavalt Thicketti ja Saundersi soovitudele tuleks heas seisus esemete jaoks seada vibratsiooni piirmääraks 5000 mm/s<sup>2</sup> ja kahjustunud või nõrga struktuuriga esemete jaoks 2000 mm/s<sup>2</sup>.

ERMi mõõtmistulemused näitasid ilmekalt, kuidas vibratsioon võib teatud tüüpi vitriinides ootamatult võimenduda, mistõttu ei pruugi vitriini kõrvalt teostatud mõõtmised anda alati head ülevaadet vitriini mõjutava vibratsioonitaseme kohta. Vibratsiooni kaardistamisel on mõistlik keskenduda vitriinidelt ja hoidlariulitelt teostatud mõõtmistele. Samuti on soovitatav teostada mõõtmised vitriini või riulipinna eri tasanditelt. Vibratsiooni mõju üldjuhul võimendub vitriini ülemistes osades.

ERMis tehtud mõõtmiste tulemusena võib öelda, et suured küllastajate grupid ei ohusta ERMi vitriine hüppamise või jooksmise tõttu, küll aga siis, kui nõjatutakse või komistatakse vitriinide otsa. Senisest rohkem tähelepanu tuleb pöörata vitriinide



ja eksponeerimisaluste disainile ja konstruktsioonile. Soovitav on vältida monoliitseid vitriine, mis on ühendatud istumiseks ja/või astumiseks mõeldud kergkonstruktsioonkarkassil platvormiga.

Üllatuslikult kõrget vibratsioonitaset põhjustasid majasisesed transpordivahendid, mille puhul tuleb liikumistrajektoore edaspidi teadlikumalt valida. Võimalusel tuleb välja vahetada ka ebastabiilsed pleksiklaasist vitriinisisud või leida mõni muu lahendus vibratsiooni summutamiseks. Väga kindlat seost vitriinimaterjali ja vibratsiooni vahel ei saa toimunud eksperimentide näitel tuua, kuna tulemusi mõjutavad märkimisväärselt vitriini kaal, selles paiknevate esemete kaal, vitriini konstruktsioon ning asukoht ruumis seinte ja tugipostide suhtes. Täpsemate seoste tuvastamiseks on vaja läbi viia täiendavaid mõõtmisi. Veelgi täpsemaks vibratsiooni mõjuanalüüsiks tuleb teha täiendavaid mõõtmisi ka raamatukogus ning hoidlate korrusel, sh automatiseeritud hoidlariiuulitel.

Võimendatud heliga kontsertide ja muude sündmuste ajal on kõrgendatud riskitase muuseumi silla-alal ja B-osa kohvikus paiknevatele museaalidele, sõltuvalt heliallika asukohast. Seda juhul, kui antud pinnad on kasutusel ajutise ekspositsioonipinnana. Eraldi tähelepanu tuleb pöörata kontserdipaiga lähedal paiknevatele kergkonstruktsioonseintele, millel võimendub vibratsioonitase märkimisväärselt. Neil pindadel eksponeeritavate esemete puhul tuleb tõsiselt kaaluda, kas näitusega samaaegselt on võimalik korraldada võimendatud heliga sündmust. Helirõhutaseme soovituslik piirmäär võiks sellisel juhul olla 75 dB(C). Kui plaanitav sündmus või kontsert seab ohtu eksponeeritavad esemed, on soovitatav esemed ekspositsioonist eemaldada või sündmus/kontsert katkestada. ERMi kontserdipaikade maksimaalne eelistatud helirõhutaseme võiks olla 90 dB(C). Maksimaalne lubatud helirõhutaseme tuleb osapoolte vahel eelnevalt kokku leppida ja sellest kinni pidada kogu sündmuse vältel (A- või C-korrektioonifiltri järgi). Sündmuste planeerimise käigus on oluline hoida kõigi osapoolte head kommunikatsiooni ning vajadusel selgitada vibratsiooniallikatest tulenevaid ohte museaalidele.

Näituste aladel on soovituslik loobuda võimendatud heliga kontsertide ja sündmuste korraldamisest ning äärmisel vajadusel lubada akustilisi (nt kammermuusika stiilis) sündmusi. Nagu näitas ka ERMis toimunud volbriöö kontsert, siis lisaks võimendatud helist tingitud vibratsioonile võib täiendavat ohtu vitriinidele kujutada rohke küllastajate hulk väikeses ruumis, seega aitab helirõhutaseme piirmäärast kinni pidamine maandada ainult ühte riskitegurit mitmest.

Tuleb arvestada, et vibratsioonist tekkivad kahjustused on ajas kumuleeruvad ning eseme materjal võib jõuda väsimuspiirini ootamatult ja oluliselt väiksema vibratsiooni korral või eseme

käsitsemisel. Seetõttu on oluline tagada, et muuseumides korraldatavad sündmused ei seaks ohtu museaale hoidlates ega ekspositsioonialadel ning et vitriinid oleksid projekteeritud eesmärgipäraselt. Senisest enam tähelepanu tuleb pöörata ka igapäevastele tegevustele seoses museaalide käsitsemise ja transpordiga hoones sees, mis võib teatud juhtudel põhjustada museaalidele suuremat kahju kui läbimõeldud ja nõuetele vastav transport muuseumist välja.

ERMis tegid mõõtmised Tartu Ülikooli Tartu Observatooriumi (TO) kosmosetehnoloogia osakonna insenerid Mari Allik, Silver Põlgaste ja Karl Hendrik Kolina. ERMist osalesid mõõtmistel konserveerimisosakonna juhataja Kristiina Piirisild, helimeistrid Taavo Teras ja Marcus Ellervee.

**MARI ALLIK (MSc)** on Tartu Ülikooli Tartu observatooriumi insener, kellel on üle 8-aastane kogemus kosmosetehnoloogia katsetustega observatooriumi kosmosetehnoloogia laboris. Ta on omandanud magistrikraadi arvutitehnikas (Tartu Ülikool, 2016).

**KRISTIINA PIIRISILD (MA)** on Eesti Rahva Muuseumi konserveerimisosakonna juhataja. Väljaõppelt mööbli konservator-restauraator. Täna selleks töötanud muuseumide valdkonnas üle kümne aasta. Viimaste aastate peamiseks uurimisteenaks on ennetav konserveerimine ja selle uute suundade rakendamine muuseumis.

## Kirjandus

- Chiriboga Arroyo, Patricio Gabriel. 2013. Finite Element Modeling of Vibrations in Canvas Paintings. Doktoritöö. Technische Universiteit Delft, Aerospace Engineering, Structural Integrity department. Delft. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Aa30b358e-d0de-4a81-92f3-e9f255443043> (viimati külastatud 7. oktoobril 2023).
- Hackney, Stephen. 2020. *On Canvas. Preserving the Structure of Paintings*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Janes, Robert R; Sandell, Richard. 2019. Järelmaailm on kohal: muuseumi-aktivismi tekkimisest ja vajalikkusest. – *Muuseumid tänapäeval: väljakutsed ja võimalused. Eesti Rahva Muuseumi aastaraamat 62*. Peatoim P. Runnel. Tartu: Eesti Rahva Muuseum, 219–249.
- Jaremen, Daria E.; Andrzej Rapacz. 2018. Cultural events as a method for creating a new future for museums. – *Sciend Tourism 28* (1): 25–33. [https://www.researchgate.net/publication/326481794\\_Cultural\\_Events\\_as\\_a\\_Method\\_for\\_Creating\\_a\\_New\\_Future\\_for\\_Museums](https://www.researchgate.net/publication/326481794_Cultural_Events_as_a_Method_for_Creating_a_New_Future_for_Museums) (viimati külastatud 26. novembril 2023).

- Konsa, Kurmo. 2007. *Artefaktide säilitamine*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Luik, Kadri-Piibe; Timo Markula, Marko Ründva, Tapio Lahti. 2009. Õhutõrje ja suurtükiväe (merele orienteeritud) laskmisvõimaluste ning mereväe väljaõppe läbiviimiseks võimalike asukohtade selgitamine. Keskkonnamõju strateegiline hindamine: Mürauring. Tellija: Kaitseministeerium. Tallinn: Akukon Oy Eesti filiaal. [https://www.kaitseministeerium.ee/sites/default/files/sisulehed/harjutusvaljad/osmaap/vibratsiooni\\_aruanne.pdf](https://www.kaitseministeerium.ee/sites/default/files/sisulehed/harjutusvaljad/osmaap/vibratsiooni_aruanne.pdf) (viimati külastatud 7. märtsil 2024).
- Muuseumid Eestis. – Kultuuriministeeriumi veebileht 23. IV 2024. <https://kul.ee/kultuurivaarused-ja-digitaalne-kultuuriparand/muuseumid/muuseumid-eestis> (viimati külastatud 6. mail 2024).
- Runnel, Pille. 2018. Muuseumid terviseoasideks. – Eesti Rahva Muuseumi ajaveeb, 13. september 2018. <https://blog.erm.ee/?p=11774> (viimati külastatud 16. novembril 2023).
- Thickett, David 2002. Vibration Damage Levels for Museum Objects. – *ICOM Committee for Conservation 13th Triennial Meeting Rio de Janeiro* 1: 90–95. <https://www.icom-cc-publications-online.org/2198/Vibration-damage-levels-for-museum-objects> (viimati külastatud 18. novembril 2023).
- Thickett, David. Assessment of Vibration Damage Levels. – Conservation Research Group, The
- British Museum, Department of Conservation, report no. 1999/6, väljatruki koopia autori valduses.
- Watts, Siobhan; Janet Berry, Amy de Joia, Fiona Philpott. 2002. In Control or Simply Monitoring? The Protection of Museum Collections from Dust and Vibration During Building Works. – *ICOM Committee for Conservation 13th Triennial Meeting Rio de Janeiro 2002*, 1: 108–115. <https://www.icom-cc-publications-online.org/2192/> In-control-or-simply-monitoring-The-protection-of-museum-collections-from-dust-and-vibration-during-building-works (viimati külastatud 24. augustil 2023).
- Wei, William (Bill); Esther Dondorp. 2020. Testing to Determine Allowable Vibration Limits at a Natural-History Museum in the Netherlands. – *APT Bulletin Journal of Preservation Technology* 51 (4): 19–25. <https://www.jstor.org/stable/26970189> (viimati külastatud 18. augustil 2023).
- Wei, William (Bill); Leila Sauvage, Jenny Wölk. 2014. Baseline Limits for Allowable Vibrations for Objects. – *ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, Melbourne, 15–19 September 2014*, 1516. Toim J. Bridgland. Paris: International Council of Museums, 1–7, <https://www.icom-cc-publications-online.org/1325/Baseline-limits-for-allowable-vibrations-for-objects> (viimati külastatud 20. augustil 2023).

## Näitused

- Jääts, Liisi; Terje Anepaio, Anu Järs, Reet Piiri, Kristel Rattus, Ellen Värv. 2016–... „Kohtumised. Moodsad ajad“. Eesti Rahva Muuseum.
- Jürjo, Inna; Kristiina Ross, Arvi Haak, Piret Õunapuu, Viljar Pohhomov. 2016–... „Kohtumised“. „Ristiusu tulek“. Eesti Rahva Muuseum koostöös Tallinna Ülikooli, Eesti Keele Instituudi ja Tartu Linnamuuseumiga.
- Leivategija, Karin; Inna Jürjo, Aet Kuusik, Anu Kannike, Meeri Ott, Riho Paramonov, Oskar Poll, Rebeka Pöldsam, Lauri Suurmaa, Katrin Tiidenberg. 2024–2025. „Kellele kuulub öö?“ Eesti Rahva Muuseum.
- Rattus, Kristel; Anu Järs, Anu Kannike, Ellen Värv, Karin Leivategija, Katrin Alekand, Maido Selgmäe, Reet Piiri, Tenno Teidearu, Terje Anepaio, Ingrid Ruudi, Inna Jürjo, Liis Ehrmingar, Marge Konsa, Oskar Poll, Toomas
- Gross. 2023–2024. „Õige keha, vale keha?“ Eesti Rahva Muuseum koostöös Eesti Kunstiakadeemia, Tallinna Ülikooli, Eesti Punase Risti, Tartu Ülikooli ja Helsingi Ülikooliga.
- Runnel, Pille; Agnes Aljas, Ehti Järv, Karin Leivategija, Marleen Metslaid, Taavi Tatsi, Rein Ahas, Marko Uibu. 2016 – ... „Kohtumised“. „Vabaduste aeg“. Eesti Rahva Muuseum koostöös Tartu Ülikooliga.
- Värv, Ellen; Terje Anepaio, Anu Järs, Reet Mark, Reet Piiri, Riina Reinvelt, Marko Raat, Reet Ruusmann. 2016 – ... „Kohtumised“. „Elu raudse eesriide taga“. Eesti Rahva Muuseum koostöös Tartu Ülikooliga.

**Summary:**

# Assessing Vibration Risk at the Estonian National Museum

Mari Allik  
Kristiina Piirisild

Museums are under constant pressure to compete for visitor numbers, both in the context of exhibitions and in the case of additional activities. Often, a museum's competitor is not another museum, but entertainment, from social media to the gym. In order to increase visitor numbers and meet expectations, museums are increasingly organising concerts and other entertainment events in a variety of genres.

Unfortunately, the increasing number of entertainment events in museums and buildings under heritage protection creates conflicts with museum ethics and heritage preservation more generally. Memory institutions are often not aware of the effects of vibration on objects and do not have sufficient knowledge to reduce potential risks. The measurements of vibrations caused by amplified sound and by visitors themselves at the Estonian National Museum (ENM) could serve as a good example for conducting similar measurements in other museums.

The measurement results at the ENM clearly showed how vibration can unexpectedly amplify in certain types of display cases, which is why measurements taken next to the

display case may not always give a good overview of the vibration level affecting the display case. When mapping vibration, it is wise to focus on measurements from display cases and storage shelves. It is also advisable to take measurements from different levels of the display case or shelf surface. The effect of vibration is generally amplified in the upper parts of the display case.

More attention needs to be paid to the design and construction of display cases and display stands. It is recommended to avoid monolithic display cases that are connected to a platform with a lightweight structural frame and intended for sitting or stepping.

Little attention has been paid to the impact of internal museum transport vehicles (forklifts, cleaning machines) on museum objects in display cases or storage rooms. The measurements at the ENM showed surprisingly high vibration levels in the display cases caused by vibrations from internal transport vehicles.

When organising concerts with amplified sound, attention must be paid to lightweight walls located near the concert venue, which significantly

amplify the vibration level. In the case of objects exhibited on these surfaces, it must be seriously considered whether it is possible to organise an event with amplified sound at the same time as the exhibition. The maximum permissible sound pressure level must be agreed upon in advance between the parties and adhered to throughout the event (according to an A- or C-correction filter). When planning events, it is important to maintain good communication between all parties and, if necessary, explain the dangers of vibration sources to museum objects.

In exhibition areas, it is recommended to refrain from organising concerts and events with amplified sound and, if at all necessary, allow only acoustic (e.g. chamber music style) events. As the May Day concert at the ENM showed, in addition to the vibrations caused by amplified sound, a large number of visitors in a small space can pose an additional risk to display cases, so adhering to the sound pressure level limit helps with mitigating only one of several risk factors.

It should be noted that damage from vibration is cumulative over time and the material of an object can reach its fatigue limit unexpectedly and at significantly lower vibration levels or through impact, handling or transportation of the object. It is therefore important to ensure that events organised in museums do not endanger museum objects in storage and exhibition areas and that display cases are designed for their intended purpose. More attention must also be paid to the daily activities related to the handling and transport of museum objects within the building, which may in certain cases cause greater damage to museum objects than the well-thought-out and compliant transport of a museum object out of the museum.

# Оценка рисков вибрации в Эстонском национальном музее

Мари Аллик  
Кристийна Пийрисильд

Современные музеи вынуждены постоянно бороться за внимание публики – как на выставках, так и на других мероприятиях, проводимых в их стенах. При этом конкуренция идёт не столько между самими музеями, сколько с индустрией развлечений в целом – от социальных сетей до фитнес-клубов. В стремлении привлечь посетителей и оправдать их ожидания музеи всё чаще организуют концерты и прочие развлекательные мероприятия. Однако возрастающее число подобных событий в музеях и зданиях, являющихся объектами культурного наследия, может вступать в противоречие с музейной этикой и задачами по сохранению наследия. Часто сотрудники музеев и организаций, занимающихся сохранением наследия, не осведомлены о воздействии вибраций на экспонаты и не обладают достаточными знаниями для минимизации связанных рисков. Примером для подобных исследований могут служить измерения усиленного звука и вибраций, вызванных посетителями, проведённые в Эстонском национальном музее (ЭНМ). Эти измерения показали, что в некоторых типах витрин вибрации могут неожиданно усиливаться.

Следовательно, измерения, проводимые только рядом с витриной, не всегда отражают реальный уровень воздействия. При картографировании вибраций следует уделять особое внимание самим витринам и полкам в хранилищах, а также проводить замеры на разных уровнях, поскольку вибрации, как правило, усиливаются в верхней части витрины. Дополнительное внимание должно уделяться конструкции и дизайну витрин и стендов. Не рекомендуется использовать монолитные витрины, жёстко соединённые с платформами для сидения или ходьбы, особенно если они опираются на лёгкие каркасы.

Воздействие внутримузейных транспортных средств (например, погрузчиков и уборочных машин) на экспонаты в витринах или хранилищах до сих пор практически не изучалось. Между тем измерения, проведённые в ЭНМ, показали неожиданно высокий уровень вибрации от такого оборудования.

При организации мероприятий со звукоусилением особое внимание следует уделить лёгким конструкциям стен, находящихся рядом с концертной площадкой: на них вибрации усиливаются

особенно сильно. Если на таких поверхностях размещены экспонаты, необходимо серьёзно задуматься о целесообразности проведения мероприятия параллельно с выставкой. Уровень звукового давления должен быть заранее согласован между организаторами и соблюдаться на протяжении всего мероприятия (в соответствии с корректирующим фильтром А или С).

Важно наладить чёткую коммуникацию между всеми вовлечёнными сторонами и при необходимости разъяснить возможные риски для музейных предметов, связанные с вибрацией. В залах с экспонатами рекомендуется воздерживаться от мероприятий со звукоусилением; допустимым компромиссом могут быть акустические концерты, например, камерной музыки.

Опыт проведения концерта в Вальпургиеву ночь в ЭНМ показал, что помимо вибрации от усиленного звука, дополнительную угрозу может представлять большое количество посетителей в ограниченном пространстве. В таких случаях даже соблюдение допустимого уровня звукового давления устраняет лишь один из множества факторов риска.

Следует помнить, что повреждения от вибраций накапливаются со временем, и предел усталости материала может быть достигнут неожиданно – даже при относительно низком уровне вибраций или во время удара, использования или транспортировки экспоната. Поэтому крайне важно,

чтобы музейные мероприятия не подвергали риску сохранность коллекций, а витрины были спроектированы и установлены с учётом возможных воздействий.

Дополнительное внимание должно уделяться повседневному обращению с экспонатами и их перемещению внутри здания: в ряде случаев небрежное обращение внутри музея может нанести больший вред, чем хорошо организованная и контролируемая транспортировка за его пределы.