

# **Gustav Adolfi Gümnaasiumi**

## **Uurimistöö**

Gustav Adolfi Gümnaasiumi 11.d õpilased puutuvad valitud  
aine- ja vahetundides kokku tervist kahjustava helitasemega

Johann-Gustav Lend  
12.d  
Juhendaja: Helina Reino

**Tallinn 2010**

## Sisukord:

<b>1.0 SISSEJUHATUS.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 HELI MÜRANA.....</b>	<b>5</b>
1.1.1 Helist üldiselt.....	5
1.1.2 Psühhofüüsikalised näitajad.....	5
1.1.3 Ekvivalentne helitase.....	6
<b>1.2 HELI OLEMUS JA SEDA ISELOOMUSTAVAD</b>	
<b>    FÜÜSIKALISED SUURUSED.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 HELI MÕJUDEST ÕPILASTELE JA ÕPETAJATELE.....</b>	<b>7</b>
1.3.1 Müra Füsioloogilised mõjud.....	7
<b>1.4 AJUTINE KUULMISE HALVENEMINE HELI TÕTTU.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 ALALINE KUULMISE HALVENEMINE HELI TÕTTU.....</b>	<b>9</b>
<b>1.6 HELI JA MÜRA OLEMUS GUSTAV ADOLFI GÜMNAASIUMIS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 MÜRA MÕJU PSÜHHOLOOGIALE.....</b>	<b>13</b>
1.7.1 Müra ja heli agressiivsus.....	14
<b>1.8 MÜRA MÕJU TÖÖLE.....</b>	<b>15</b>
<b>1.9 KÕRV JA MÜRA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.0 MÜRA MÕÕTMISE MEETODID JA VAHENDID.....</b>	<b>16</b>
2.0.1 Mõõtmiste asukohad.....	15
<b>2.1 MATEMAATIKA TUND.....</b>	<b>19</b>
2.1.1 Ruumi akustilised omadused.....	19
2.1.2 Tunni helianalüüs.....	20
2.1.3 Klassi akustilised probleemid.....	20
<b>2.2 INIMESEÕPETUSE TUND.....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Akustika.....	21
<b>2.3 KEEMIA TUND.....</b>	<b>22</b>
2.3.1 Helianalüüs.....	22
<b>2.4 FÜÜSIKA TUND.....</b>	<b>23</b>
2.4.1 Ruumi akustilised omadused.....	23
2.4.2 Tunni helianalüüs.....	23
<b>2.5 ESIMESE RÜHMA INGLISE KEELE TUND.....</b>	<b>24</b>
2.5.1 Ruumi akustilised omadused.....	24
2.5.2 Tunni helianalüüs.....	24
<b>2.6 SÖÖGIVAHETUND.....</b>	<b>25</b>
2.6.1 Müra analüüs.....	25
2.6.2 Ruumi akustika.....	25
<b>2.7VAHETUND.....</b>	<b>26</b>
2.7.1 Müra analüüs.....	26
2.7.2 Akustika.....	26
2.7.3 Tunnikell.....	27
<b>2.8 KÕIKIDE VAADELDUD TUNDIDE KOGUKESKMINE.....</b>	<b>28</b>
2.8.1 Helitaseme analüüs.....	28
<b>2.9 KONTRASTID TUNDIDE HELITASEMES.....</b>	<b>29</b>
<b>3.0 LIIKLUSMÜRA MÕJU TUNDIDE MÜRATASEMELE.....</b>	<b>30</b>
3.0.1 Mõõtmiste metoodika, tulemused ja kokuvõte.....	30

<b>3.1 KÜSITLUS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.1 Küsitluse metoodika.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.2 Küsitluse analüüs.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3 Järeldused.....</b>	<b>34</b>
<b>4.0 JURIIDIKA.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 ÕPETAJATE HINNANGUD.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Metoodika.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Õpetajate vastused.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Õpetajate arvamuse üldistus.....</b>	<b>40</b>
<b>5.0 TEHNILISTE VAHENDITE POOLT TEHTAV MÜRA.....</b>	<b>41</b>
<b>6.0 VÕIMALUSED HELITASEME MADALDAMISEKS.....</b>	<b>42</b>
<b>7.0 KOKKUVÕTE.....</b>	<b>44</b>
<b>8.0 KASUTATUD KIRJANDUS.....</b>	<b>44</b>
<b>9.0 LISAD.....</b>	<b>45</b>

## 1.0 SISSEJUHATUS

Õpilastena veedavad koolis enamik lapsi 12 õppeaastat, mis moodustab suure osa meie arenemis- ning kasvamisperioodist. Sellises vanuses inimesed on väga tundlikud keskkonnale ning sel perioodil saadud kahjustused võivad jääda elu lõpuni. Olles ise pidevalt selles mürakeskkonnas, usun, et 11.D klassi õpilased puutuvad kokku tervist kahjustava helitasemega koolis.

Uurimistöö eesmärgiks oli teada saada, kui suure helitasemega 11.D klassi õpilased õppe- ja vahetundides kokku puutuvad. Mõõtmisi sooritasin ainetundides, mis omavad kõige suuremat osakaalu tunniplaanis ning tundides, milles uurimistöö koostaja tajus tavalisest kõrgemat helitaset. Vaatlusaluseid ainetunde oli viis: inglise keel, matemaatika, füüsika, keemia ja inimeseõpetus. Vahetundidest uurisin kolmandat vahetundi, mis kestab 10.35-10.45 ning söögivahetundi, mis kestab 12.25-12.55. Vahetunnil tekkivat helitaset mõõtsin kolmanda korruse trepikoja juures ning söögivahetunni mõõtmised teostas inimeseõpetuse ainetunde õpetaja. Uurimustulemuste objektiivsuse saavutamiseks teostati vähemalt kolm mõõtmist igas vaatlusaluses olevas objektis. Lisaks mõõtetulemustele, palusin klassikaaslastel täita küsimustiku, mis puudutas matemaatika tunnis mürataseme ja eesmärgil, et hinnata selle tugevust ja mõjusid. Samuti palusin õpetajatel anda omapoolsed kommentaarid tundide mürataseme ja selle tunnetatavale mõjule.

Uurimistöö tegemisel oli mulle abiks paljud klassikaaslased ja õpetajad, kes lubasid mul nende tunde lindistada ja analüüsida. Eraldi sooviksin tänada Kristian Hunti, kes aitas mul mõõta müra pärast tunde tühjas koolis, Kristin Uusnat, kes aitas klassis läbi viia küsitlust ning Taavi Martin Ennot, kes abistas vahenditega ning huvitavate materjalidega mürast. Eriti sooviksin tänada minu juhendajat Helina Reinot, kes aitas mul vormistada antud tööd.

## **1.1 HELI MÜRANA**

Kuna uurisin õpilaste kokkupuudet müraga, siis alustaks sellest, mis on müra. Täpne definitsioon ütleb, et müra on kõrvalisest allikast tulenev soovimatu heli. Kuna mürana võib võtta kõiki helisid, siis uurisin helitugevust tundides, lähtudes sellest, et inimese kuulumist kahjustab pikaajaline kokkupuude helidega alates 85dB. Kuna täpselt on praktiliselt võimatu ning ebaotstarbekas selgeks teha, mis on antud olukorras soovitud ning soovimatu heli, siis lähtusin üldise helitaseme mõõtmisest ja analüüsist.(Keskkonna ministeerium, 2009, välisõhukaitse, lk 1 )

### **1.1.1 Helist üldiselt**

Füsioloogiliselt on heli mehaaniliste võnkumiste poolt kõrvas esilekutsutud aisting, mida iseloomustavad heli kõrgus, kõla, valjus, toimimise aeg. Füüsikaliselt on aga heli on elastses keskkonnas leviv energialaine, mida iseloomustavad võnkesagedus, lainepikkus, võnkeamplituud, helirõhk ning kiirus. Neist tähtsamad on võnkesagedus ja võnkeamplituud. Võnkesagedus määrab heli kõrguse ning seda mõõdetakse ühikuga Herz(Hz). Inimese kuuldepiirkonnaks määratletakse üldiselt(16-) 20-20 000 Hz Amplituud on maksimaalne hälve tasakaalupunktist, mida inimene tajub helitugevusena. Tänapäevaseks on hetkemüra mõõtmiseks enim kasutatud dB mõõtühik.

### **1.1.2 Psühhofüüsikalised näitajad**

Selleks, et mõista täpselt heli ja müra olemust, tuleb vaadelda neid mitmest aspektist. Esiteks tuleb teada, et suur helitugevus, mida üldkasutuses tuntakse valjudusena, on subjektiivne ning psühholoogiline suurus, mis on seotud nii heli intensiivsuse kui ka sagedusega. See tähendab, et sama amplituudiga, kuid erineva sagedusega helilained tunduvad inimestele erineva tugevusega.

Erinevates uurimustes on püütud avastada skaalasid või indikaatoreid, mis baseeruks heli füüsikalistel omadustel, mis omakorda vastaks selle psühholoogilisele mõjule, seega tuli kasutusele termin psühhofüüsikaline. Vanimad ja laiemalt kasutatavate psühhofüüsikaliste karakteristikutena tuleks esile tuua termineid “phon” ja “sone”. Metoodika, mida kasutatakse nende terminite defineerimiseks on sarnane teiste helitaseme indikaatoritega ja sisaldab subjekte, mis sobivad helide võrdlemiseks soovitusliku tasemega subjektiivse valjuse tingimustes. (R.Källo, 2007, Tallinna tehnikaülikooli töö müra, lk 2)

### 1.1.3 Ekvivalentne heli tase

Heli intensiivsus varieerub ajast sõltuvalt. See tähendab, et olukordi, kus teatud ajavahemiku (näiteks mõne minuti) vältel kestab täpselt sama intensiivsusega heli tavaelus enamikel juhtudel ei eksisteeri. Tööstusrevolutsioonist alguse saanud masinmüra mõjus selles keskkonnas viibivatele töölistele kõige enam. Sellest tulenevalt hakkati otsima neile mõjuva müra mõõtmiseks selgeid iseloomustavaid suurusid. Tööstuse Kaitse Agentuur (1974) jõudis otsusele, et nii palju kui kumuleeruvasse müraefekti puutub, siis pika aja keskmine helitase on tähtsaim parameeter mõõtmaks tööstusmüra. Seda pika perioodi keskmist nimetatakse ekvivalentseks müra tasemeks ( $L_{eq}$ ) ja see on võrdne heli tugevusega (tavaliselt mõõdetud detsibellides), mis on konstantne teatud aja jooksul, mis annab vastuvõtjale sama suure hulga akustilist energiat nagu tegelik ajas muutuv heli.

$L_{eq}$  sõltub aja intervallist (ajavahemikust) ja akustilistest sündmustest, mis selle aja jooksul toimuvad. Näiteks kui 100 dBA müra mõjub tund aega, on  $L_{eq}$  selle tunni jaoks 100 dBA. Kui oletada, et järgnevad neli tundi valitseb vaikus, saame 5 tunni  $L_{eq}$  vähem kui 100 dBA, täpsemalt 94 dBA. See tähendab seda, et 5 h 94 dBA müra on akustiline energia, mis vallandub 1 tunni 100 dBA müra ja 4 tunni vaikuse jooksul. (R.Källo, 2007, Tallinna tehnikaülikooli töö müra, lk 3)

## 1.2 HELI OLEMUS JA SEDA ISELOOMUSTAVAD FÜÜSIKALISED SUURUSED

Kuuldava heli sagedusdiapasoon on (16-)20-20000 Hz.

Heliintensiivsus on energiahulk, mis läbib 1 m<sup>2</sup> suuruse pinna risti helilainetega.

$p$  [Pa] - helirõhk

$I$  [W/ m<sup>2</sup>] – heliintensiivsus.

$F$  [Hz]- Sagedus ehk helikõrgus.

Helitugevuse füsioloogilisteks piirväärtusteks on kuulde- ja valulävi. Kuuldelävest nõrgemaid helisid inimene ei kuule. Valulävest tugevamad heldi tekitavad valutunde kõrvades. Kuulde- ja valuläve väärtus olenevad helisagedusest, inimese vanusest ja individuaalsetest iseärasustest.

$F = 1000$  Hz juures kokkuleppeliselt nimetatakse kuuldeläveks ehk nulltasemeks

järgnevat suurust:  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Pa  $I_0 = 10^{-12}$  W/ m<sup>2</sup>

Valulävi aga järgnevat:  $p_0 = 2 \times 10^2$  Pa  $I = 10^2$  W/m<sup>2</sup>

Kõrv ei taju helitugevuste absoluutset juurdekasvu, vaid kontrollib helitugevust kuuldeläve suhtes, mis tähendab, et juurdekasv on suhteline.

Selle mõõtmiseks kasutatakse logaritmilist skaalat (Weber- Fechneri seadus):

$L = \lg I/I_0 = 2 \times \lg p/ p_0$  [dB]

$L$  väljendab helitugevust 0-nivoo suhtes ja seda nimetatakse helitugevuse

nivooks. Mõõtühikuks on detsibell (dB), kuna inimese kõrv ei ole võimeline eristama

1 ja 2 belli. (J.Olt, 2008, Tallinna Majanduskool, 2008, Müraohutus töö, lk 2)

### **1.3 HELI MÕJUDEST ÕPILASTELE JA ÕPETAJATELE**

Müra on alates 18. sajandist olnud üha kasvav probleem sellest ajast, kui tööstusrevolutsioon tõi tehased ja hiljem autotööstuse ning koduelektroonika. Juba siis märgati, et vabrikutöölistel tekkisid kuulmiskahjustused. Peagi saabusid uued mürarikkad olmetooted ka meie eludesse. Arvukad olmeseadmed tõid endaga igapäevaellu kaasa nähtamatu, lõhnatu, maitsetu, käegakatsutamatu müra, millest on tekkinud tänapäevase elu painaja. Erinevate teadete kohaselt on mürareostus praegu tuhat korda suurem kui ajal enne ühiskonna motoriseerimist. (Maailma Terviseorganisatsioon, 2009, keskkonnamüra juhend, lk 23)

#### **1.3.1 Müra Füsioloogilised mõjud**

Nagu eelpool mainitud, on nimese poolt kuuldava heli sagedus on üldiselt piiritletud (16-)20-20 000 Hz vahele. Seda just seetõttu, et inimese kuulumisvõimekus on erinev ning muutuv sõltuvalt ajast. Kõne puhul peetakse keskmisteks sagedusteks 500-2000 Hz ning muusikal 400-800 Hz. Paratamatu kuulmise nõrgenemine algab 20-aastaselt ning jätkub kogu elu jooksul. Nõrgenemine algab samuti 10-aastase töötamise järel pideva müra tingimustes üle 85 dB (A). (J.Olt, 2008, Tallinna majanduskool, töö müra ohust, lk 1)

Üks müra võimalikest ning ka lihtsamini tuvastatav tervisekahjustus on kuulmise halvemine või hoopiski kaotamine. Kuulmise halvenemisel on kaks primaarset tüüpi: närvikurtus ja juhtimiskurtus. Kuulmise kaotus närvikurtusena on tüüpiliselt hüppeline, olles suurem kõrgetel sagedustel kui madalatel. Kuulmise halvenemine vanaduse tõttu on tavaliselt närvi tüüpi.

Kõrge mürakeskkond võib põhjustada kuulmise halvenemist, hüpertooniat, stressi, vaimse võimekuse langust, ärritustunnet ning isegi unehäireid. Lisaks sellele võib müra tekitada kahjustusi närvisüsteemile, põhjustades peavalusid, pindmisi vereringehäireid, nägemise halvenemist, samuti avaldab müra mõju südamele, seedeorganitele ja tekitab väsimust, mis omakorda põhjustab usinuse ja tähelepanu langust. Kui taustmüra ületab kõne valjuse 10 dB võrra, muutub vestlus võimatuks. 85 dB puhul on tavaline kõne võimatu. (J.Olt, 2008 Tallinna majanduskool, töö müra ohust, lk1)

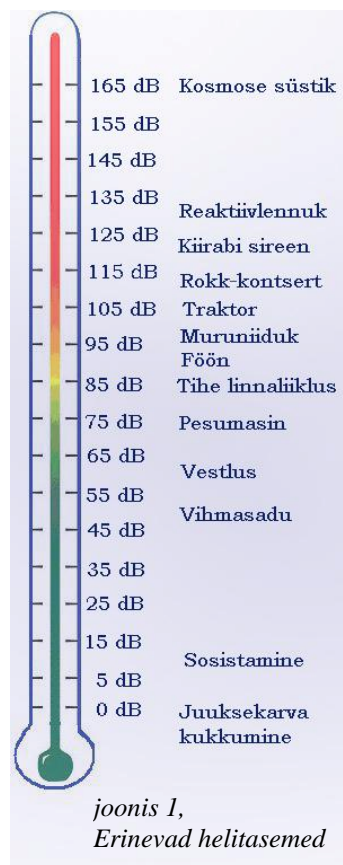
Müraga kokkupuute põhjustab mitmeid prognoositavaid lühiajalisi füsioloogilisi häireid. Kokkupuute müraga põhjustab suurenenud südame löögisagedust ja vererõhu langust, perifeerse vasokonstriksiooni ja seega suurenenud perifeerse vaskulaarse resistentsust. (Stephen A Stansfeld ja Mark P Matheson, 1997 ,Oxford British Medical Science Building)

Juhtimiskurtus on põhjustatud välis- või keskkõrva kahjustusest või probleemist, mis kahjustab helilainete edasikandmist sisekõrva. Juhtimiskurtus võib olla põhjustatud erinevatest tingimustest nagu kleepunud mass keskkõrvas, mis takistab vibratsiooni, haigus keskkõrvas, vaik või mingi teine substants väliskõrvas, või katkise trummikile arm. Juhtimiskurtus on ühtlasem läbi sageduste ja ei põhjusta täielikku kuulmise kaotust. See põhjustab ainult osalist kuulmise kaotust, kuna kõrvas sündinud lained põrkuvad vastu koljut ja kantakse edasi sisekõrva juhitud läbi koljuluu. Seda tüüpi kurtuse tekkimist saab osadel juhtudel peatada või koguni ravida. Kuulmisabivahendid on pigem mõeldud abiks närvikahjustusest tuleneva kurtuse juhul.

Tervisele otseselt kahjulikuks peetakse kestvat müra tugevusega üle 85 dB, mis kahjuks on väga lähedal söögivahetunnil esinevale müratasemele. Siiski ei saa öelda, et müra, mille sees õpilased peavad lõunatama on ohtlik, kuna üldjuhul ei söö õpilased kauem kui 15 minutit. Märksa ohtlikumaks võib pidada diskodel ning populaarmuusika kontsertidel käimist, sest seal ollakse üldiselt kauem kui 90 minutit ning helitugevused võivad olla seal kuni 115 dB

(Hendrikson&Ko, 2007, Juurdeveo tn 19 kinnistu ja lühiümbruse müraekspertiis, lk7)

Kõigepealt kahjustub helisageduste piirkond 4000 Hz, mis ei jää kõne sageduste piirkonda, kuid aja möödudes siiski hakkab kahjustuma ka kõne piirkond. Esmaselt tekkivad raskused *s*- ja *h*-häälikuid sisaldavate sõnade kuulmisel.



Müra, mis on 8-tunnise tööpäeva jooksul üle 80 dB(A), võib kahjustada kuulmist. Samasugune mõju inimese kuulmisele on 89 dB(A) müral 1 tunni jooksul mõjudes. Ekspositsioonaja kahekordistamine nõuab mürataseme alandamist 3 dB(A) võrra. Soovitav on, et masinad ja seadmed disainitaks nii, et müratase oleks alla 80 dB (A).

Kuulmiselundi ühekordse kahjustuse riskipiiriks peetakse 130-140 dB tugevusega müra. Kõige suurem helitugevus, mis õnnestus mõõta oli 98dB ning seegi kestis vähem kui mõned sekundid. Mürafooni suurenemine 3 dB võrra tekitab helitugevuse kahekordistumise. (Illustreeritud faktivaramu, 2002, Dorling Kindersley, lk 232)

Lubatud müra piirnorm on 85 dB(A). Kuigi müra tuleb vähendada nii palju kui võimalik, ei ole soovitatav lasta seda madalamale kui 30 dB(A), vastasel korral muutuvad võimalikud müradiferentsid liiga ärritavaks. Kõige efektiivsemaks müra vähendamise meetodiks on müra vähendamine müraallikas. Nürikuulmus kui



kutsehaigus on Eestis esinemissageduselt kutsehaigustest kolmas, mis teeb oma helikeskkonna jälgimise mürareostuse suhtes väga oluliseks. (Keskkonna ministerium, 2009, välisõhukaitse)

#### **1.4 AJUTINE KUULMISE HALVENEMINE HELI TÕTTU**

Ajutist kuulmise kaotamist on kogenud ilmselt kõik noored, kes on käinud kontsertidel või pidudel, kus muusika mängib väga valjult. Selle sümptomiteks on vilisemine kõrvas ning tuhmim kuulmine. Tuhmim kuulmine on tingitud sellest, et kõrv ei tunne enam kõiki sagedusi sama vajult kui varem. Sageli võrreldakse kuulmist pärast pikaajalist müras olemist kui lukus kõrvadega.

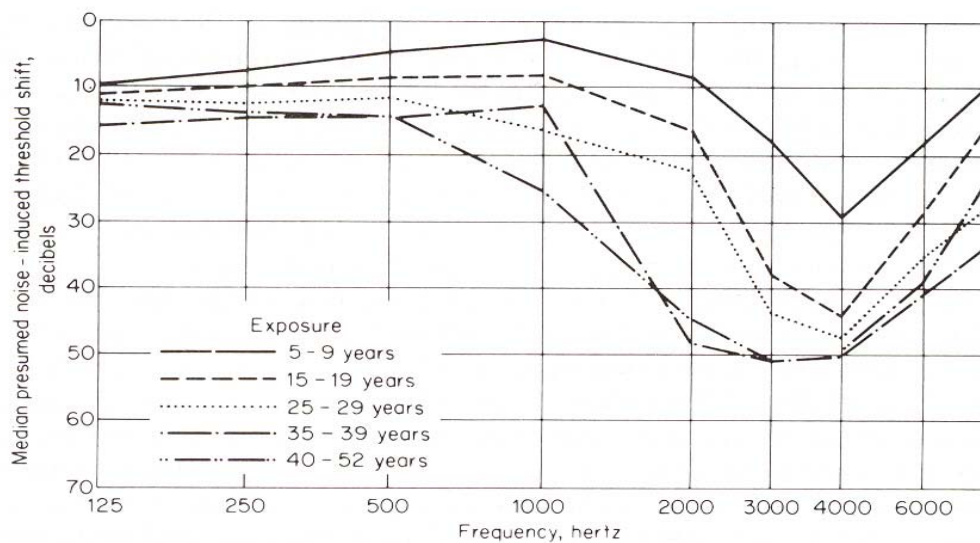
Siiski taastub kuulmine pärast teatud aja möödumist. Tegelik taastumise aeg sõltub ajast, mis oldi ohtlikus helikeskkonnas. Üldiselt toimub täielik taastumine umbes 16 tundi, kuid kui mürakeskkonnas on liiga kaua olnud, võib tekkida alaline kuulmise kadumine. (Maailma Terviseorganisatsioon, 2009, Keskkonnamüra juhend)

#### **1.5 ALALINE KUULMISE HALVENEMINE HELI TÕTTU**

Pidevalt mürale alistumise korral tekib alaline kuulmiskahjustus. Tavaliselt ilmneb see kõigepealt 4000 Hz juures. Seejärel edasise kahjustamise korral kuulmine väheneb 3000 – 6000 Hz juures. Edasi jätkub kuulmise kaotus 4000 Hz juures ning levib üle laia sagedusriba. 4000 Hz on sagedusala, milles inimekõrv on kõige tundlikum. See on näidatud joonisel 4, mis esitab kuulmise kaotuse kõveraid sõltuvalt müra mõjumise ajast ja sagedusest.

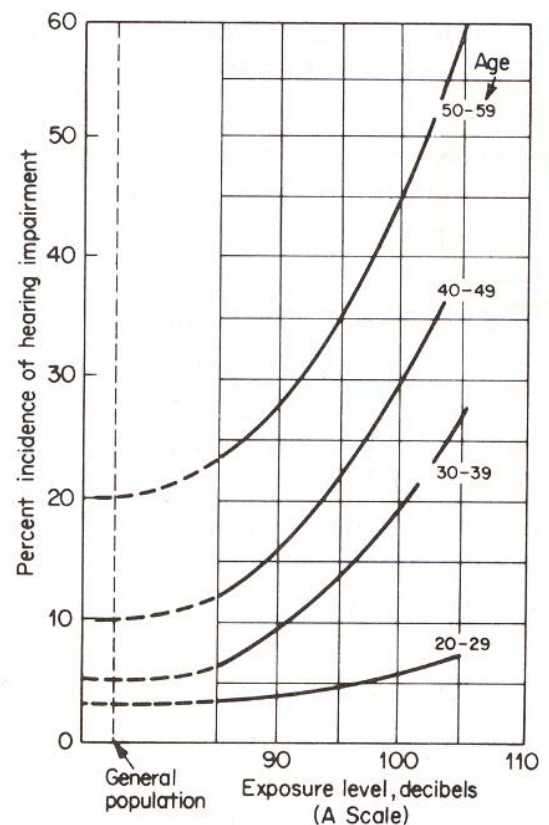
Joonisel 2 on kujutatud kuulmise vähenemine vastavalt helisagedusele. Nagu näha, tekib suurem kahjustus 1000-7000 Hz vahel. Nendel puhkudel nihkub kuuldela kuni 50dB võrra, mis tähendab, et inimene kuuleb neid sagedusi 50dB vaiksemalt. Kahjuks sellesse piirkonda jääb ka inimekõne, mille tagajärjel muutub suhtlemine väga keeruliseks.

Ameerika Tööstusliku Hügieeni Assotsiatsioon on ühendanud paljudest allikatest andmeid, mis iseloomustavad kuulmise nõrgenemist ja ühendanud need figuuriks erinevate vanusegruppide jaoks, keda müra mõjutab tööl. See kokkuvõte on toodud joonisel 3. See joonis näitab iga vanusegrupi jaoks kuulmiskahjustuste tekkimise tõenäosuse. (Maailma Terviseorganisatsioon, 2009, Keskkonnamüra juhend)



Joonis 2, kuulmise vähenemine sõltuvalt müra mõjumise ajast ja helisagedusest. (Mark.S.Sanders ja Ernest J. McCormick "Human Factors in Engineering and Design" Seventh Edition, lk 598)

Jooniselt 3 on näha, et kuulmiskahjustuste saamine on tõenäolisem vanematel inimestel. Antud graafik näitab, et 110dB helitugevuse korral oleks noorematel inimestel kuulmiskahjustuse tekkimise tõenäosus natuke üle 10%. Joonis näitab, et mida vanem on isik, seda raskemalt mõjub talle vali müra. Seetõttu on koolis liigse müra korral kannataja osas eelkõige õpetajad.



Joonis 3, kuulmiskahjustuse tõenäosus erinevatel vanusegruppidel. (Mark.S.Sanders ja Ernest J. McCormick "Human Factors in Engineering and Design" Seventh Edition, lk 598)

**TABEL 1 KUULMISELUNDIT KAHJUSTAVAKS PEETAV AEG  
HELITASEMES**

<b>Helitugevus</b>	<b>Aeg müras, mis kahjustab kuulmist</b>
85 dB	8 tundi
88 dB	4 tundi
91 dB	2 tundi
94 dB	1 tund
97 dB	30 minutit
100 dB	15 minutit
103 dB	7.5 minutit
106 dB	3.75 minutit
109 dB	1.875 minutit
112 dB	1 minut
115 dB	30 sekundit

Kõige enam on levinud antud tabel, kus 3 dB suurenemisel vähendatakse lubatud aega kahe korra. Tasub mainida, et igasuguses suuremas müras olemine ei ole ohutu ning tabelis antud ajad annavad vaid teadusliku hinnangu, kui pikalt olemine teatud helitaseme sfääris kahjustab otseselt kuulmiselundeid.

## 1.6 HELI JA MÜRA OLEMUS GUSTAV ADOLFI GÜMNAASIUMIS

Kui vaadelda GAGi ruume, siis näeme, et laed on suhteliselt kõrged ning seinad on tugevast kivist. Lagede kõrguseks on täpsemalt 4 m. Lagede kõrgus muudab koridorid kõlakodadeks, soodustades helilainete peegeldumist nii seintelt kui ka laelt. Ilmekalt tuli kivist seinte mõju välja koridoris sooritatud mõõtmistega, kus heli levib sumbumata läbi mitme korruse, kuna trepikoda ja koridorid on kiviseinte ning-põrandatega mis mõjuvad koos kõlatoruna. Klasside on situatsioon suhteliselt sarnane: ruumid on suured, kõrgete lagedega ning seal ei ole kuigi palju esemeid, mis neelaksid ning summutaksid heli. Ilmselt on klassides kõige paremateks heliisolaatoriteks õpilased ise ning klassi sisustus. Lahendusi helitaseme langetamiseks oleks mitmeid. Võimalus oleks kasutada seinade katteks pehmema materjale, mis summutaksid heli või kasutada vastavat põrandakattematerjali, mis töötaks heliisolaatorina. Füüsika klassis on helitaseme madaldamiseks kasutatud väga primitiivset kuid efektiivset võtet: õpetaja on seinääre täitnud raamaturiilitega, mis oma heli sumutamise ülesannet edukalt täidavad.

Huvitav aspekt heli levimise vaatenurgast on ventilatsioonišahtide osatähtsus helireostuses. Nii õpilased kui ka õpetajad on tihti täheldanud, et läbi ventilatsioonitorude levib heli klassidevaheliselt. Sellise probleemi lahendamiseks oleks ventilatsioonitorude isoleerimine mõne heliisolaatoriga.

## 1.7 MÜRA MÕJU PSÜHHOLOOGIALE

Valdav osa elanikest tunneb igapäevases elukeskkonnas segava faktorina pidevat mürataset alates 55-60 dB. Sellise tugevusega müra organismi otseselt ei kahjusta, kuid võib põhjustada meeleolu langust. Kestev müratase 60 dB, mis enamiku koolipäevast on ületatud, võib häirida elulisi toiminguid nagu mõtlemine ja keskendumine. 70 dB taustamüra raskendab kõnelemist ja kõnest arusaamist, mille tagajärjel kulutavad õpilased rohkem energiat õpetaja kõnest arusaamisele, mis päeva lõpuks võib tekitada peavalu, väsimuse ja õppeedukuse languse. Pideva viibimise korral üle 75 dB tugevusega müratsoonis sagenevad kaebused ja võimalikud tervisehäired.

Teada on, et introverdid, kinnise iseloomuga inimesed, ei suuda taluda nii valjusid helitasemeid, kui seda teevad ekstraverdid, praktilise iseloomuga inimesed, ning suudavad kuulda paremini vaiksaid helisid. Psühhoanalüüsides tulemusena järeldati, et kõrge ja häiriva müra tekitatud ebamugavustunnet võib võrdsustada samaväärse häiritusega, kui seda põhjustab vaimne terror, kehaline piinamine ja füüsiline peksmine. Briti teadlased uurisid, kas müra võib tekitada vaimseid haigusi ja psühholoogilisi kõrvalekaldeid. Tulemused saadi viies läbi üldisi rahvaküsitlusi Heathrow lennujaama läheduses asuvates vaimse tervise raviasutustes. Saadud informatsioon oli järgmine: küsitletutest kahel kolmandikul olid raske vaimse häirituse sümptomid ja ühel kolmandikul kerged sümptomid, mis ei kvalifitseeru vaimse haiguse alla.

Üldiselt ei olnud raske vaimse häiritusega inimeste haigused seotud müraga, kuid nad kõik olid häiritud liigsest mürast, mis neid ümbritses. Samuti olid häiritud hea ja suurepärase vaimse tervisega inimesed. Vaimse haiguse põdejate haigus süvenes märksa kiiremini mürarikas keskkonnas võrrelduna vaiksuses kohas asuvate raviasutuste patsientidega. Uuringu lõppjäreldus oli, et nii normaalsed kui vaimse haigusega inimesed on häiritud liigsest mürast ja et pikka aega kõrge müratasemega kohtades viibinud inimesed muutuvad närviliseks nii vaikeses kohtades kui kõrge müraga kohas viibides ning samuti äärmiselt tundlikuks helitasemete muutustele. Uuring jättis ebaselgeks, kas närvilisus ja tundlikkus heli suhtes võivad põhjustada edasisi psüühilisi häireid käitumises. (Daphne Gloag, British Medical Journal, november 1980, lk 1326-1327)

Sellest uurimusest võime järeldada, et kõikide 11.D klassi õpilaste psüühikat mõjutab müra ja võib põhjustada närvilisust ning tundlikkust heli suhtes. Lisaks tuli antud uurimuses välja, et müra võib tekitada lisaks ka stressi ning keskendumisvõime vähenemist. Siiski polnud nende kahe viimase tunnuse mõjutamise määr nii kõrge kui seda oli närvilisuse ja tundlikkuse heli suhtes.

### 1.7.1 MÜRA JA HELI AGRESSIIVSUS

Kõigile on ilmselt selge, et müra on tüütu ja agressiivne. Samas tuleb teha vahet agressiivsusel ja valjudusel, mis ei ole samad. Valjud helid on tavaliselt tüütumad kui vaiksed helid, kuid siin on erandeid. Näiteks aeglane, rütmiline vee tilkumine võrreldes ookeani mühinaga.

Müra agressiivsust mõjutavad tohutul hulgal faktoreid, milles mõned neist on toodud allpool tabelis. Sellest saab järeldada, et mida kõlavama ja ilusama tämbriga on õpetaja hää, seda rohkem on õpilane võimeline keskenduma jutu sisule.

**Tabel 2, Mõned faktorid, mis mõjutavad müra agressiivsust**

Akustilised faktorid	Hääle tase
	Sagedus
	Kestus
	Spektri keerukus
	Kõikumine hääle tasemes
	Kõikumine sageduses
Mitteakustilised faktorid	Müra tugevnemisaeg
	Varasem kogemus müraga
	Kuulaja aktiivsus
	Müra etteennustamine
	Müra paratamatus
	Kuulaja personaalsus
	Suhtumine müra allikasse
	Aastaaeg
	Kellaaeg
	Koht

## 1.8 MÜRA MÕJU TÖÖLE

Müra ei mõjuta töötamist otseselt. Müra mõju töötamisele saab kokku võtta järgmiselt:

- Tööd, mis nõuavad lühiajalise mälu kasutamist võivad olla häiriud helitasemest üle 95db(A)
- Lihtsate, rutiinsete tööde tegemisele ei avalda müra mõju, tihti isegi soodustab töö tegemist kaasa aidates töörütmi tekkimisele.
- Müra kahjulik mõju ilmneb tavaliselt jätkuva ilma vaheaegadeta töö puhul, mis asetab kõrgeid nõudmisi tajudele ja/või info edastamise võimele.
- Otseloomulikult on oluline faktor müra ärritav toime, mis võib osadele töödele kahjulikult mõjuda.

Kauplustes, büroohonetes ja mujal kasutatakse isegi müramasinaid, et varjata liigne vaikus, mis pidevalt vaheldub ebameeldivate helidega. Samas aitab vähene mürataust inimesel ka ennast paremini ja vabamana tunda.

Kujutage ette olukorda, kui peaksite minema kaubanduskeskusesse, kus puudub taustamuusika ning on väga vaikne. Esimese asjana häiriks teid ilmselt müra, mida tekitab teiste küllastajate vestlused ning liikumine. Sellist laadi müra peab ilmselt agressiivseks ning häirivaks paljud teist. Samuti võib teid segada asjaolu, et teie omavahelised vestlused tuttavate või klienditeenindajaga on selgesti teistele kuuldavad. Kindlasti paneks see teid rohkem mõtlema, mida te ütlete, ja kuidas te ennast tunnete. Just seetõttu ongi avalikes kohtades sageli muusika, mis peidab agressiivse ning häiriva müra meeldivamaga, tekitades meis vabama ja parema enesetunde.

Seega ühtselt ei saagi väita, et mida vaiksem helikeskkond, seda vähesem on otsene mõju tööle. Samas ei tasu unustada, et otsese mõju alla ei loeta inimese pshühholoogilisi iseärasusi. (R.Källo, 2007 Tallinna tehnikaülikooli töö müra, lk 9)

## 1.9 KÕRV JA MÜRA

Kuigi kõrv on looduslikult filigraanselt ning mõistlikult ehitatud, põhjustab müra siiski probleeme. Müra skaala on tavainimese jaoks segadusseajav, kuna müra taseme kahekordistamine annab vaid 3 dB kasvu.

Mürakontrolli põhieesmärk madalamatel tasemetel (55 – 80 dBA) on elimineerida müra häirivus, üle 90 dBA aga juba kuulmise kaitsmine. Tavatingimustel ei mõjuta müra töö produktiivsust.

Müra vähendamine on suhteliselt odav kui ette planeerida; see nõuab vaid natuke leidlikkust ja kulusid, et kujundada müra allikas, see nõuab tingimuste arvestamist ja väikseid kulutusi, et kujundada helilaine. Personaalsete kuulumiskaitsete kasutamine nõuab igapäevast hankimist, motivatsiooni ja juhtimist. (R.Källo, 2007, Tallinna tehnikaülikooli töö müra, lk 16)

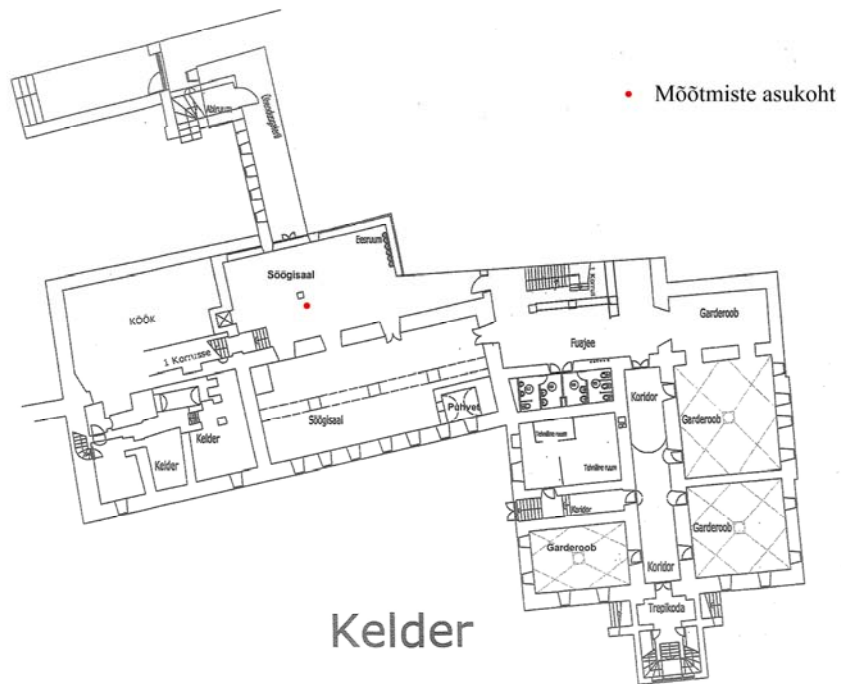
## 2.0. MÜRA MÕÕTMISE MEETODID JA VAHENDID

Kõik mõõtmised sooritati SL-5826 müramõõturiga, mis oli ühendatud arvutiga läbi 3.5mm *audio jack* kaabli. Saadud info salvestati arvutiga WAV-formaadis, mis võimaldas hiljem analüüsida järgnevaid komponente: Helitugevust sõltuvalt ajast, helitugevuse keskmist teatud ajaperioodil ning kuulata helisalvestust, et teada saada, mis mingil ajaperioodil toimus. Lindistamiseks ja analüüsimiseks kasutasin Audacity tarkvara 1.3.9 versiooni.

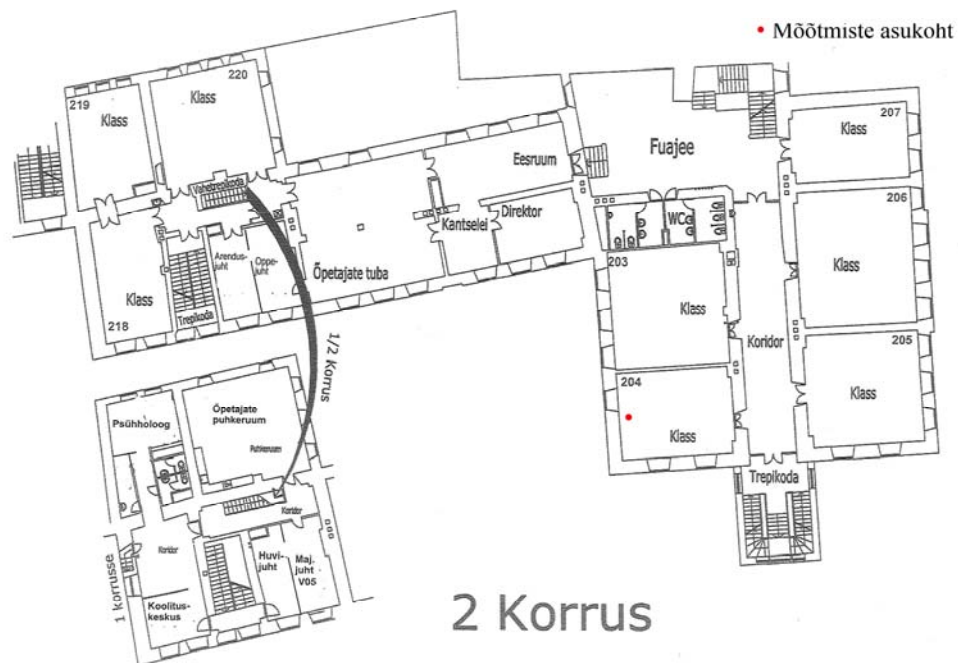
Võimalikult täpsete mõõtetulemuste saamiseks, toimusid mõõtmised igas ainetunnis samas kohas.



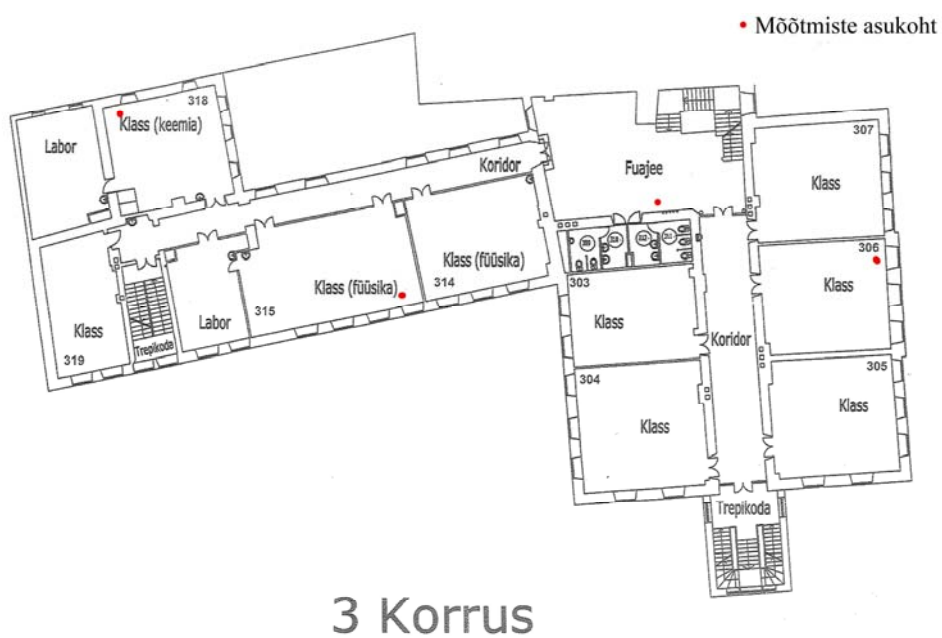
## 2.0.1 Mõõtmiste asukohad



Pilt 1, peamaja keldrikorruse majaplaan

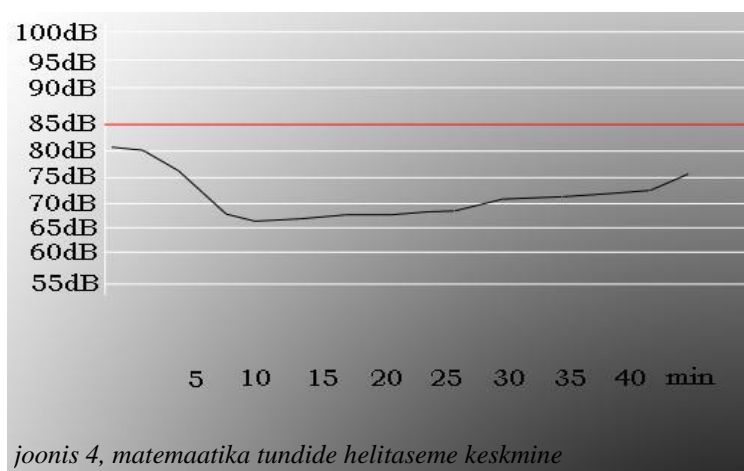


Pilt 2, peamaja teise korruse majaplaan



Pilt 3, peamaja kolmanda korruse majaplaa

## 2.1 MATEMAATIKA TUND



Matemaatikat on 11.D tunniplaanis nädalas 5 tundi, mis moodustab 14,3% tundide arvust. Aastalõikes on kokku 160 akadeemilist tundi füüsilist, mis teeb ajaliselt 120h. Matemaatika osakaalu tunniplaanist saab võrrelda vaid inglise keelega, mida on samuti 120h. Just tänu matemaatika tundide

kvantiteedile ning faktile, et tunnid toimuvad terve klassiga, otsust, on matemaatika üks olulisemaid tunde selles uuringus. Keskmine helitase tunnis ei ületa kordagi lubatud normi, milleks on 85dB. Siiski on tunni alguses klassis olev keskmine helitase suhteliselt kõrge, ligikaudu 80dB, mida ei ületata mõõtmise käigus enam kordagi.

### 2.1.1 Ruumi akustilised omadused

Matemaatika klass on Gustav Adolphi Gümnaasiumi standardite järgi keskmise suurusega. Ruum on geomeetriliselt korrapärane tal on kiviseinad ning tal on 3 akent.

Klassi suhteliselt suured mõõtmed ning tugevad ja siledad seinad soodustavad kaja teket, mis pärsib tagumistes ridades istujateni jõudva teksti arusaadavust. Klass on sisustatud kappide, laudade, toolidega. Klassi suhteliselt kõrge möbleeritus aitab summutada heli. Tõenäoliselt on parim helisummutus antud klassis õpilased ise, sest helilained murduvad ning kaotavad oma korrapärasuse õpilaste vahel kergemini. Lisaks selle sumbub heli õpilastes palju kiiremini.

### **2.1.2 Tunni helialalüüs**

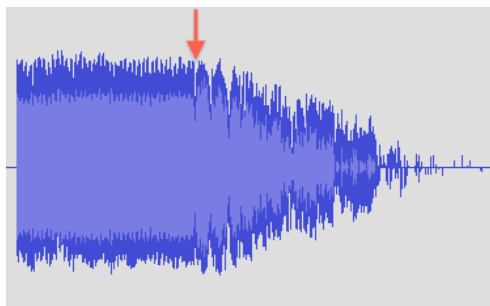
Tunni alguses on helitase palju kõrgem, kui tunni vältel. Seda põhjustab tunni alustamisega seotud sagimine ning vahetunnist tundi sisseelamine. Matemaatika tunnid toimuvad üldiselt järgmise malli järgi: koduste ülesannete kontrollimine, mis pälvib palju vastukaja ning seega ka kõrgem helitase, seejärel uue osa seletamine, kus õpetaja räägib tahvli ees, ning viimasena uue osa juurutamine iseseisvate ülesannete abil. Kui tunni lõpus jääb aega, siis võib aset leida ka ülesannete kontrollimine. Huvitavaks nähtuseks võib pidada keskmise helitaseme pidevat kasvu alates kümnendast minutist, mis 35 minuti vältel kasvab ligikaudu 10dB võrra, mida inimene tajub helitaseme kahekordistumisena. Ilmselt tingib üldist helitaseme kasvu õpilastes suurenev väsimus. Viimasel minutil toimuv järsk kasv on kõige tõenäolisemalt seotud asjade varajase kokkupakkimisega ning sooviga minna vahetunnile. Samuti on faktoriks töö lõppemine ning omavaheline vestlus.

### **2.1.3 Klassi akustilised probleemid**

Kuna klassi peamine akustiline probleem on kaja, siis otsustasin matemaatika klassis mõõta kaja. Joonisel 2 on kujutatud helilainete graafik, kus punase noolega on märgitud hetk, millele järeval perioodil oli ainsaks märkimisväärseks heliks kaja.

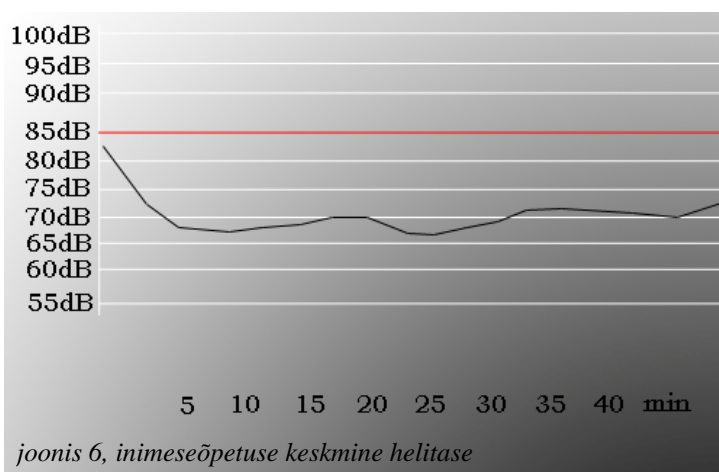
Katsel panin arvutikõlaritest mängima 440 Hz sagedusega ning 65dB tugevuse heli,

mille järsult katkestades sain kaja salvestada helilainete graafikuna. Tulemused olid üllatavad. Kõigest 65dB olev heli suutis kajana esineda veel 0.5 sekundit hiljem 45dB tugevusega ning 1.5 sekundit hiljem 30 dB. Arvestades, et õpetajate räägivad keskmiselt helitugevusega 70-80 dB, siis õpetajast kaugemal paiknevatel õpilastele võib kõnest arusaamine osutuda raskeks ning väsitavaks.



Joonis 5, Matemaatika klassi kajaefekt

## 2.2 INIMESEÕPETUSE TUND



joonis 6, inimeseõpetuse keskmine helitase

Inimeseõpetuse tunnid toimuvad meil üks kord nädalas reedeti kolmanda tunni ajal, mis kestab 10.45-11.30 klassis 318. Samas klassis toimub samuti keemia tund, mis annab hea võrdlemisaluse. Kuna inimeseõpetuse tundi on vaid üks kord nädalas, omab see vaadeldavatest tundidest kõige väiksemat mõju, moodustades nädalasest tunniplaanist vaid 2,9%.

Jälle on selgelt eristunud tunni alguses tekitatud oluliselt suurem mürahulk. Kuna antud ainetundi ei alustata tavaliselt enne tundi püsti seismisega siis on kõrgendatud müratase tunni alguses loogiline, sest kulub rohkem aega töörežiimile üle minemiseks. Kuna tunnid toimuvad loenguna püsib helitugevus terve tunni vältel 70dB läheduses. Lisaks arutatakse õpetajaga tunnis õpitaval teemal ja õpilased seletavad uue teema ainetel ka omavahel. Kuigi enamiku helist klassis on tekitatud õpetaja poolt, on klassis samuti õpilaste omavahelisest vestlemisest tekitatud baasmüra, mis jääb ligikaudselt 60dB piiresse. Ruum on suur, kõrge laega, kõvast

materjalist seintega ja on korrapärase kujuga. Õpetajal on olnud raskusi taga istuvate poiste küsimuste mõistmisega, kuna klassi kumiseb ja see on ka vastupidi: tagumistes pinkides õppivad õpilased peavad rohkem pingutama, et aru saada, mida õpetaja ütleb. Müratase on ainetunni vältel 83dB ja 68dB vahepeal. Tasub aga mainida, et pärast 5. minutit ei läinud maksimumid üle 80 dB. Viimasel minutil toimuv järsk helitaseme kasv on tõenäoliselt seotud asjade varajase kokkupakkimisega.

### 2.2.1 Akustika

Klassiruum on suur, paljate kivist seintega, millel puuduvad elemendid, mis summutaksid heli. Lagi on kõrge ning samuti kõvast materjalist. Suur ja kõrge klassiruum toob aga endaga kaasa kaja pikenemise ja heli kumisemise. Mõlemad õpetajad, kes meile selles klassis tundi annavad on öelnud, et klassis kumiseb, mis raskendab tunni andmist. Seetõttu võib öelda, et antud klassiruumil on probleeme akustikaga.

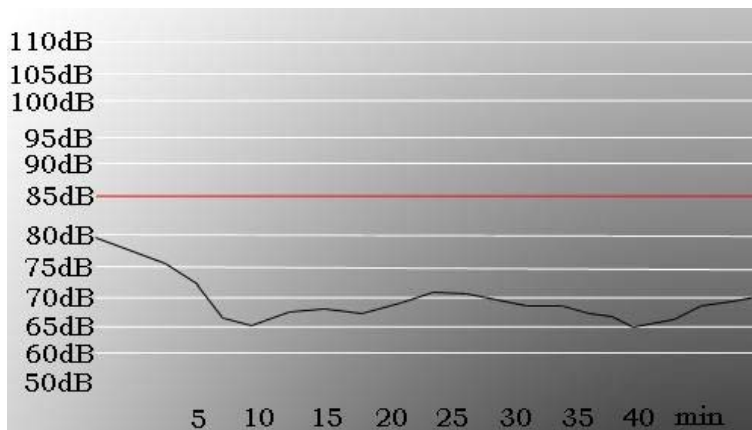
## 2.3 KEEMIA TUND

Keemia tunnid toimuvad 11.D klassil esmaspäeviti ja teisipäeviti viienda ja kuuenda tunni ajal, vastavalt 11:40-12:25 ja 12:55-13:40 klassis 203 ja 318. Segavaks asjaoluks oli see, et tunnid toimuvad kahes klassis. Esmaspäeviti klassis 203 ja teisipäeviti klassis 318. Keemia tunnid võtavad enda alla 5,7% minu tunniplaanist. Mõõtmistulemuste objektiivsust silmas pidades, võtsin vaatluse alla teisipäevase tunni.

### 2.3.1 Helianalüüs

Tunni keskmine müratase kõigub 68dB lähedal. Tunni viimase viie minuti jooksul tõusev helitase on taas seotud õppevahendite kokkupakkumisega millega seoses tekib klassi hulgaliselt lisamüra. Terve tunni vältel ületas keskmine helitugevus vaid kolm korda 70dB piiri.

Kuna inimeseõpetuse ja keemia tunnid toimuvad samas klassiruumis saab võrrelda mürataset kahes täiesti erinevas ainetunnis. Mõlema



joonis 7, keemia tunni keskmine helitase

õppeaine puhul algab tund umbes 80dB tugevuse heli-tasemega, mis ligikaudu 5 minutiga langeb tunni tavalise müratasemeni milleks on keemia tunnis 65 -70 dB ja inimese-õpetuse tunnis 70-80 dB. Tunni keskel on keemia ainetundides tunduvalt vaiksem: keemia tundide keskmine on 28. minutil 68dB samas kui inimese-õpetuse tunnis samal het-keel on 76dB.

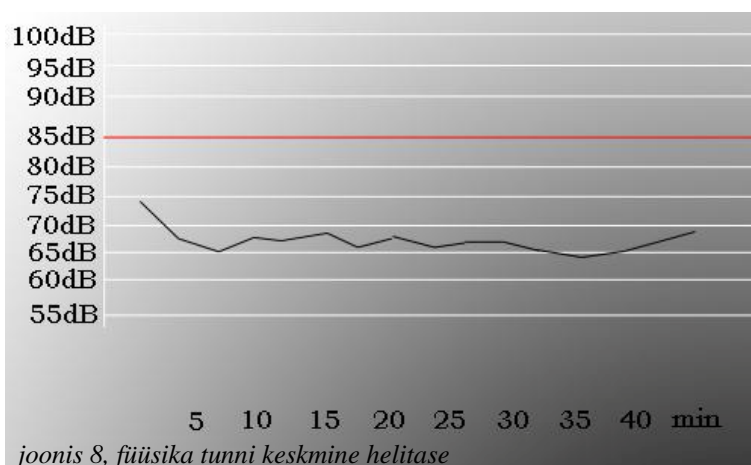
Mõõtmistulemustest selgub, et samas klassis peetavatest tundidest, keemiast ja inimeseõpetusest on just keemia vaiksem. See on tõenäoliselt tingitud asjaolust, et tundides peamiselt konspekteeritakse ja lahendatakse ülesandeid. Tunnis on märksa vähem õpilaste oma-ning õpetajavahelisi arutelusid.

## 2.4 FÜÜSIKA TUND

Füüsikat on 11.D tunniplaanis nädalas 3 tundi, mis moodustab 8,6% tundide arvust. Aastalõikes on kokku 96 akadeemilist tundi füüsikat, mis teeb ajaliselt 72h. Arvestades eelnevat moodustab füüsika 11.D klassi tunniplaanist märkimisväärse osa. Sellest tulenevalt valisin füüsika tunni helianalüüsi jaoks. Kuulmiskahjustuse saamiseks peaksime veetma 45 minutit keskkonnas, kus on helitase 95.5dB. Kui võrrelda koheselt kahjulikku helitaset füüsika tunnis olevaga, leiame, et helitase ei ületa 74dB, seega koheselt märgatava kuulmiskahjustuse saamine on võimatu.

### 2.4.1 Ruumi akustilised omadused

Füüsika klass on Gustav Adolfi Gümnaasiumi klassidest suurim. Ruum on geomeetriliselt korrapärane tal on kiviseinad ning tal on 4 akent. Klassi suured mõõtmed soodustavad kaja teket, mis on ka varem probleemiks osutunud. Klass on sisustatud kappide, laudade, toolide raamturiulite ning katsevahenditega. Klassi suhteliselt kõrge möbleeritus aitab summutada heli. Füüsikaõpetaja on just nimelt kaja ning varasema kõrge helitaseme madaldamiseks täitnud klassi pikema seina raamturiulitega, mis on omakorda täis raamatud ning muud paberist atriikleid. Lisaks aitab tunni ajal heli summutada ka suhteliselt suur õpilaste maksimumarv klassis .



## 2.4.2 Tunni helialalüüs

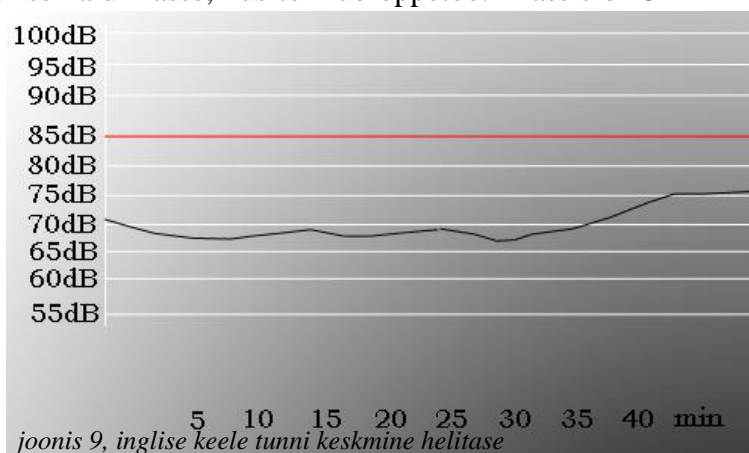
Tund toimub enamasti loenguvormis. Sellest hoolimata ei küündi helitase kuigi kõrgele, sest õpetaja räägib suhteliselt mõõdukal tugevusel 65-70dB ning ka õpilaste omavaheline arutus on suhteliselt madalal helitugevusel. Peale loengute toimub tunnis ka ülesannete lahendamine, mis on periooditi ( alguses ) suhteliselt vaikne, 65dB, kuid aja möödudes, mil õpilased saavad ülesanded järk-järgult valmis tõuseb helitase ning küündib 70dB see on tingitud õpilaste küsimustest ning omavahelistest vestlustest muudel teemadel. Helitase langeb taas kui õpetaja näitab ülesannet tahvlil ette või annab õpilastele uue töö. Kõrgem on helitase on tunni alguses ning tunni lõpus. Tunni alguses esinev kõrgem helitase on tingitud õpilaste jätkuvast vahetunnimelust kuid õpilased suudavad end tavaliselt 5 minutiga õppimisele häälestada. Tunni lõpus esinev sarnane fenomen on põhjustatud töö valmimisest ning vahetunni lähenemisest, antud nähtustele oleks sobilik nimi „vahetunnifenomen“.

## 2.5 ESIMESE RÜHMA INGLISE KEELE TUND

Inglise keelt on 11.D tunniplaanis nädalas 5 tundi, mis moodustab 14,3% tundide arvust. Aastalõikes on kokku 160 akadeemilist tundi füüsikat, mis teeb ajaliselt 120h. Inglise keele osakaalu meie tunniplaanist saab võrrelda vaid matemaatikaga, mida on samuti 120h. Tundide rohkusest ning rühmaprogrammist tulenevalt peame inglise keele tunni helialalüüsi oluliseks. Kuulmiskahjustuse saamiseks peaksime veetma 45 minutit keskkonnas, kus on helitase 95.5dB. Kui võrdleme koheselt kahjulikku helitaset füüsika tunnis olevaga, leiame, et helitase ei ületa 76dB, seega koheselt märgatava kuulmiskahjustuse saamine on võimatu.

### 2.5.1 Ruumi akustilised omadused

Inglise keele klass on kooli üks väiksemaid klasse, kus toimub õppetöö. Klassis on 3 akent ning klassiruum on geomeetriliselt korrapärase kujuga. Kui füüsika klassis oli probleemiks kaja, mis tekkis suurest klassiruumist, siis inglise klassis seda probleemi ei tekkinud. Heli aitab summutada 3 raamaturiulit ning 2 kappi , lisaks neile ka toolid ning lauad ja loomulikult õpilased.



### 2.5.2 Tunni helialalüüs

Suurim erinevus teiste tundidega on madalam helitase 5-10dB tunni alguses, see tuleneb väiksemast rühmasuurusest. Tunnid koosnevad tavalised arutlevatest ülesannetest, kus õpilased võivad rääkida normaalse hääletugevusega, iseseisvast



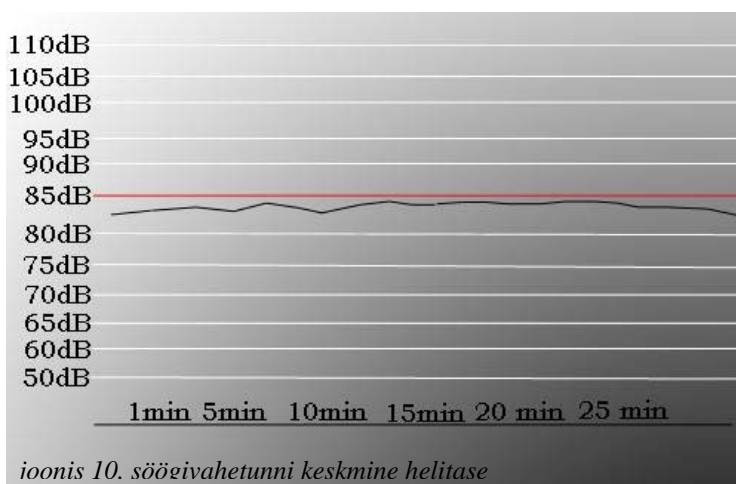
tööst ning kuulamisülesannetest. Kogu eelnevat arvestades võiks eeldada, et tunnis valitseb tavalisest kõrge helitase, kuid reaalsuses jäävad helimarginaalid teiste tundidega enam-vähem samale tasemele. Nimelt palju heli tekitavad ülesanded kompenseerib väiksem õpilaste arv. Õpilastel puudus vajadus valjult rääkida, kuna baasmüra oli teiste tundidega võrreldes märksa väiksem. Huvitaval kombel jäid madalaimad mõõtmistulemused vahemikku 40-50dB, kui toimus iseseisev töö. Kõrgeimad helitasemed seevastu küündisid 75-85dB vahemikku, kus viidi läbi kuulamisülesandeid. Sarnaselt teistele tundidele esines ka inglise keele tunnis nn “vahetunni fenomen” siiski sõltuvalt klassi väiksusest jäid pärast (71dB) ja enne (76dB) vahetundi saavutatud helitasemed tagasihoidlikule tasemele.

## 2.6 SÖÖGIVAHETUND

Söögivahetunnis tekkivat müra mõõdeti viiendal vahetunnil, mis kestis 12.25-12.45. Sellel vahetunnil söövad 11.-12. ja 10.d klassid ning vahetund kestab 30 minutit.

### 2.6.1 Müra analüüs

Juba söögivahetunni alguses oli müratase jõudnud üle 80dB taseme, ilmselt seetõttu, et klassid vabanevad enne söögivahetundi kuni 10 minutit enne tunni lõppu ning kogunevad sööklasse. Keskmine müratase jäi kogu söögivahetunni vältel 80-85 dB vahele, mis teeb sellest kõige lärmakama ja seega ka kahjulikuma koha Gustav Adolfi Gümnaasiumis. Müratase vahetunni vältel ei lange alla 70 dB, kuid sageli tõuseb helitase üle 90dB. See juhtub mööbli ümbertõstmisel, valjul naermisel, söögiriistade mahapillamisel ja muudel taolistel juhtumitel. Üldiselt jäi ka nende maksimumide kestvus mõne sekundi piiresse ning otsest ohtu kuulmisele ei kujutanud.



Erinevalt klassiruumidest, kus valdava osa levivast helist tekitab õpetaja, on söögisaalis pidev seosetu ning sarnane müra, mille tekitab väga paljude õpilaste samaaegne rääkimine. See tekitab õpilaste omavahelises suhtlemises probleeme arusaamisel, mis sunnib omakorda valjemini rääkima, ning tekitab asjatut väsimust. Ka mõõtmise ajal tabas töö autorit peavalu ning ärritustunne, kuid seda eelkõige

sellepärast, et veedeti selles keskkonnas kauem kui tavaliselt. Üldiselt veedavad õpilased 5-10 minutit söögijärjekorras ning söövad samuti 5-10 minuti jooksul, mis teeb kogu müras veedetud ajaks 10-20 minutit. Mõõtmisel aga tegelesime 30 minutit lindistamisega ja mõttetööga, mis oli selgelt keskkonna tõttu häiritud.

## 2.6.2 Ruumi akustika

Söögisaal asub maa-aluses ruumis, mida võiks nimetada keldriks. Söögisaalil puuduvad aknad, seinad on paekivist, mis moodustavad ebatasase pinna. Söögisaali seinad omavad väga häid akustilisi omadusi, mis on kõikidest vaadeltavatest ruumidest seni parimad. Seda tajub kõige paremini madalate helide kumina puudumisega, mis õpperuumides segab õppetööd. See ongi tingitud söögisaali seinade omapärast, mis peegeldavad helilained ebakorrapäraselt, mis omakorda tingib helide kiiret sumbumist. Väga palju aitab kaasa ka ruumi ebakorrapärane kuju. Ruumi koosneb kolmest ruumiosast, mida eraldavad kaartega läbistatud paekiviseinad.

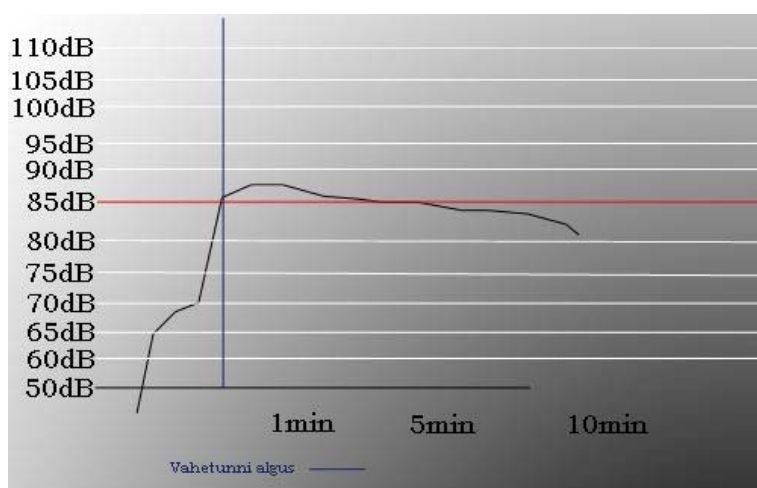
## 2.8 VAHETUND

Vahetunnid on lindistatud peahoone kolmanda korruse koridori otsas asuvas terpikojas, kus kaks koridori kohtuvad. Mõõtmisi tegime kolmandal vahetunnil, mis kestis 10.35-10.45.

### 2.7.1 Müra analüüs

Jooniselt 11 on näha, et tunni ajal on koridoris müra alla 45dB, millest võib järeldada, et klassidest koridori jõudev müra on väga väikene. Seega võib väita, et ühest klassist jõuab teise klassi läbi koridori minimaalsel hulgal müra. Järsult hakkab helitugevus suurenema tunni lõpu lähenedes. See on tingitud klassides suurenenud helitasemest ning asjaolust, et osad klassid vabanevad tunnist enne koolikella helisemist. Juba minut enne tunni lõppu oli koridoris helitase tundides olevaga samal tasemel.

Vahetunni alguses tõuseb helitase kiiresti ületades esimeste sekunditega otseselt ohtlikuks peetava 85dB piiri. Pärast esimest minutit hakkab helitase taas langema jõudes vahetunni lõpuks 80dB juurde. Antud langus tuleneb õpilaste hulga järsust langusest. Üllataval kombel vahetundi lõpetava kella helisedes on helitase veel endiselt kõrge, mis tähendab, et õpilased endiselt viibivad koridorides.



joonis 11, vahetunni keskmine helitase

### 2.7.2 Akustika

Koht, kus mõõtsime oli kõige tundlikum just selle akustiliste omaduste pärast. Kaks koridori kohtuvad seal ning lisaks sellele on seal peatrepikoda. Ruumis on kõik seinad siledast kivist, mis teeb sellest omamoodi kõlakambri. Kajafaktor on seal väga suur ning see avaldub suure kuuldava kuminaga. Kumisemist soodustavad kõrged seinad ning suur avatud ruum, kus mööblit on minimaalselt. Akustilisi omadusi parandab tunduvalt õpilaste olemasolu vahetunni puhul.

Lisaks samal korrusel tekkivale mürale lisandub kolmandale korrusele ka teistelt korrustelt kostev heli, mis kandub vertikaalselt läbi trepikoja. Antud juhul käitub trepikoda kõlatoruna.

### **2.7.3 Tunnikell**

Tunnikell helises 92dB helitugevusega, kuid taas on kokkupuude sellise helitasemega liiga lühike, et tekitada püsiv kahjustus. Tunnikell heliseb kõigest 3 sekundit ning selleks, et mõjutad kahjustavalt, peaks tunnikell helisema vähemalt 2 tundi.

Küll aga peetakse õpilaste seas kella helisemist häirivaks ning ehmatavaks, kui ollakse selle läheduses. Vahetundi alustav kell on kõige probleemaatilisem seetõttu, et tekkivad helitasemete vahed on väga suured. Kui koridoris on kella helisemise eelsel perioodil helitugevus 40-50dB, siis momentaalselt tekkiv 92dB tugevusega heli on probleemne, kuna see tõstab stressi ja kurnatuse taset. Kahjuks on paigutatud tunnikellade alla pingid, sellistel juhtudel mõjutab kellahelin kõige enam just nendel pinkidel istuvaid õpilasi.

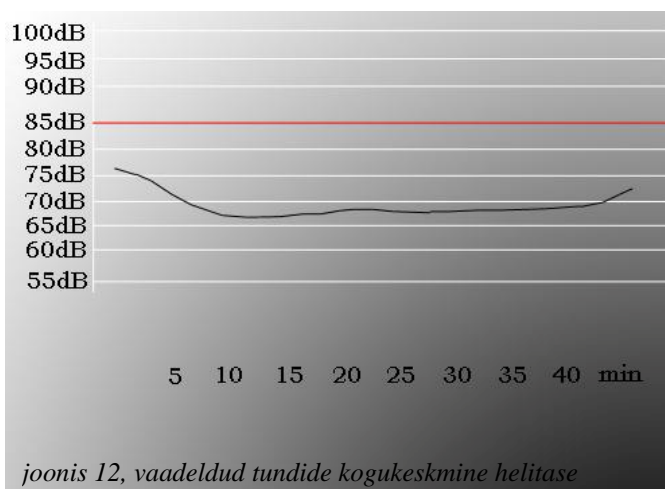
Võimaliku lahendusena on juba paljudes eesti koolides on kasutusele võetud traditsiooniliste koolikellade asemel uuenduslikud tunnikellad, mis põhinevad kõlaritel. Tundi alustatakse ja lõpetatakse mingisuguse meloodiaga, mida vahelduseks muudetakse teatud perioodi järel. Antud juhul me siiski ei leia, et see oleks sobiv lahendus meie kooli probleemile, kuna antud probleem ei ole tõsine.

## 2.8 KÕIKIDE VAADELDUD TUNDIDE KOGUKESKMINE

Selles peatükis on võetud vaatluse alla keemia, füüsika, matemaatika, inimese õpetuse ja inglise keele kogukeskmine, mis moodustab 46% meie, 11.D klassi tunniplaani.

### 2.6.1 Helitaseme analüüs

Joonisel 12 on üldistav mudel tundides oleva helitugevuse kohta. Kõikides ainetundides oli algeselt märgata kõrget helitaset, mis langes viie minuti jooksul miinimumini. Tunni progresseerudes hakkas taas helitugevus vaikselt tõusma 3-4 dB võrra ning mõned minutit enne tunni lõppu tõusis helitase paari minuti jooksul samuti 3-4 dB.



Tunni alguse fenomeni võib kõige paremini seletada sellega, et vahetunnis elavnevad õpilased ning maharahunemiseks kulub taas aega. Üheks parimaks lahenduseks on pedagoogid pidanud tunni alustamist püsti seistes, kuni tekib vaikus. Paraku meie uurimistöös selgus, et sellest siiski ei ole abi. Matemaatika, keemia ja inglise keele tunnis alustatakse tundi nõnda ning füüsikas ning inimeseõpetuses mitte. Nende ainete helitaseme joonistelt on selgelt näha, et peaaegu kõikidel juhtudel järgib helitase sama mudelit. Küll aga võib täheldada, et inimeseõpetuse tunni alguses on helitase enne langema hakkamist kõige kõrgem ning füüsika tunnil kõige madalam, olenemata sellest, et tundi alustatakse sarnaselt püsti seismata. Antud juhul ei arvestanud me

inglise keele tulemusi, kuna õpilaste arv on erinev ning need andmed ei ole võrreldavad.

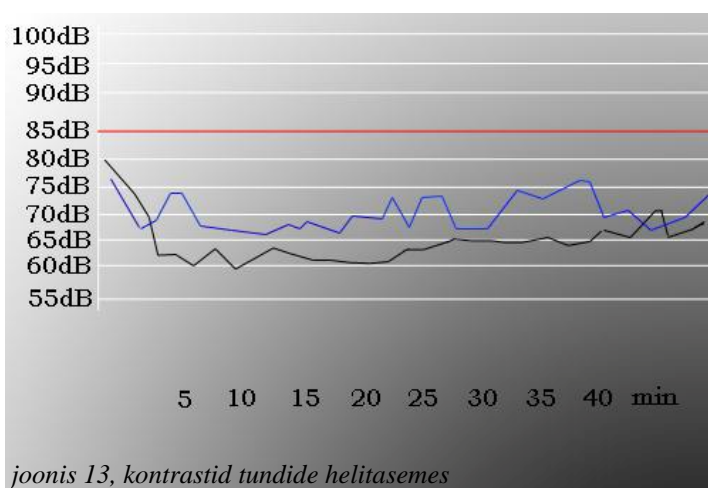
## 2.9 KONTRASTID TUNDIDE HELITASEMES

Uurimistöö käigus tekkis võimalus mõõta helitasemete erinevust kahel järjestikusel tunnil, mille sisu oli sama. Suurimaks erinevuseks nende kahe tunni vahel oli direktori kohalolek. Sellel sügisel saadeti töövarjupäeva raames mitmed õpilased päevaks kedagi varjutama, et tutvuda ametiga lähemalt. Hiljem tegid kõik oma päevast ning õpitust ettekande matemaatika tunnis, mida meil esmaspäeviti on kaks tükki järjest.

Alates esimese tunni viiendast minutist kuni tunni lõpuni kuulas ettekandeid ka direktor ning ettekanded jätkusid samas vormis samuti teisel tunnil. Alltoodud joonisel on musta värviga märgitud helitase esimeses tunnis ning sinise värviga teises tunnis.

Vaadeldud tundides oli ainsaks suuremaks müratekitajaks presenteerijad, kes rääkisid esimese tunni ajal stabiilselt helitasemega 60-65dB. Kaasõpilaste poolt tekitatud müra oli minimaalne. Iga presentatsiooni lõpus esitati ka küsimusi ning ka siis ei kasvanud helitase 65dB suuremaks, kui viimased 5 minutit tunnist välja arvata.

Sellised tunnid oleksid koolis ideaalsed, kuna klass laseb õpetajal, antud juhul siis ettekandjatel, ees kõneleda tunniteemal ning samas on võimalik ka õpilastel õpetajale küsimusi esitada, ilma mürataset kõrgeks ajamata.



joonis 13, kontrastid tundide helitasemes

Võrreldes esimese ja teise tunni mürataset, hakkab kohe silma märksa kõrgem helitase. Klass oli palju rahutum ning omavahelist arutamist oli tunduvamalt rohkem.

Lisaks sellele olid presentatsioonid palju vabamas stiilis esitatud, mistõttu esines ka suuremaid naerupuhanguid, mis pani omakorda presenteerija jällegi valjemini kõnelema, et end kuuldavaks teha ning tähelepanu haarata

Jooniselt on näha, et helitase teises tunnis oli peaaegu kogu aja esimese tunni omast kõrgem. Keskmine erinevus oli ligikaudu 4dB, kuid mõnel ajahetkel oli see lausa 11 dB.

### 3.0 LIIKLUSMÜRA MÕJU TUNDIDE MÜRATASEMELE

Vastavalt sotsiaalministri määrusele “Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid”, on müra piirtase klassides, õppekabinettides, lugemissaalides ja muudes õpperuumides normeeritud.

Liiklusmüra alla kuulub auto-, raudtee-, lennuliikluse ja veesõidukite poolt põhjustatud müra. Piirtasemeks on määratud  $L_{pA,eq,T}$  40 dB, mille ületamisel tuleb rakendada meetmeid müra langetamiseks. Uutel ehitistel on taotuslik müratase  $L_{pA,eq,T}$  35 dB. Piirtaseme ületamisel võib täheldada häirivat müra, kuid rahuldavad akustilised omadused säilivad.

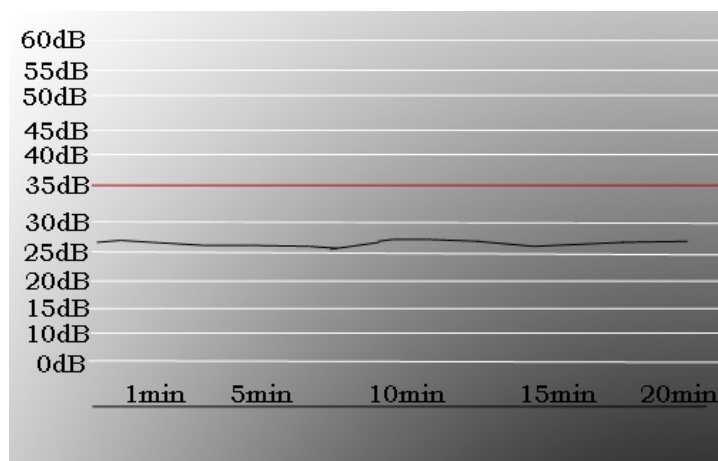
Asudes Tallinna vanalinnas, võis eeldada, et kooli siseneva liiklusmüra hulk on suur, kuna kool asub nii Tallinna lennujaama kui Balti jaama ligiduses. Mainimata ei saa jätta ka vanalinna liiklust, mis munakivitee tõttu tekitab tavapärasest tunduvalt suuremat müra.

#### 3.0.1 Mõõtmiste metoodika, tulemused ja kokkuvõte.

Liiklusmüra mõõtmised toimusid esimesel korrusel klassis 106, mis on liiklusele üks lähedamaid klasse. Kõik mõõtmised tehti kinniste akende ja ustega pärast tunde, et vältida õpilaste poolt tehtava paratamatu müra mõõtetulemuste rikkumist.

Mõõtmised toimusid 20 minutiliste sessioonidega. Kuna klassi jõudev välimüra oli nii väikene, tuli 7 meetri kaugusel olev seinakell välja lülitada, kuna selle tiksumine registreeriti seadmete poolt 32 dB tugevuselt.

Mõõtmiste keskmine jäi alla piirtaseme. Üksikute lindistuste helimaksimum oli 52 dB hetkel, kui munakiviteel sõitev vanalinna turistide autorong möödus koolist. Seegi kestis vähem kui 10 sekundit. Miinimumiks jäi 21 dB, mis on



väga vähe.

Kogukeskmise graafik on väga üksluine ning vaid mõne teravaga tõusuga. Nende põhjustajateks on üksikute lindistuse maksimumide kajastumine keskmises.

#### *Joonis 14. Liiklusmüra kogukeskmise*

Kokkuvõtteks võib öelda, et liiklusmüra hulk, mis siseneb klassiruumi kinniste akendega on väga väikene ning õpetööd segama ei hakka, kui välja arvata mõne suurema sõiduki möödumine. Lahtiste akende korral võib klassiruumi siseneva müra hulk olla ligikaudu 10-20 dB suurem, mis kindlasti hakkaks juba kontrolltööde tegemisel segama. Seega on oluline, et klassiruumid oleksid tuulutatud vahetunni ajal või omaksid head ventilatsioonisüsteemi, et tunni ajal ei oleks vajadust akent lahti hoida

### **3.1 KÜSITLUS**

Lisaks mõõtmistele, viisin matemaatika tunnis läbi ka küsitluse, mille eesmärgiks oli saada õpilaste hinnang müratasemele ning mõista, kui suurel määral see neid segab.

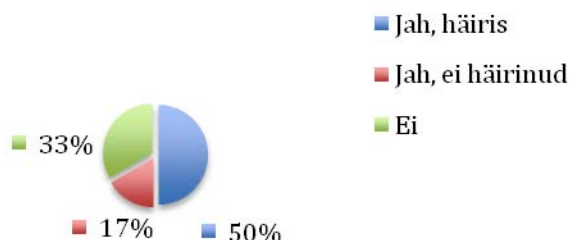
#### **3.1.1 Küsitluse metoodika**

Kuna uurimistöö lähtub eelkõige 11.D klassi kokkupuutest müraga, otsustasin küsitluse läbi viia kirjalikult just 11.D klassi õpilastele. Vastanud on vanuses 17-19. Võimalikult tõeste tulemuste saamiseks korraldasin küsitluse vahetult pärast esmaspäevast matemaatika topelt-tundi, mis võimaldas õpilastel värske kogemuse abil küsimustele paremini vastata. Kuna kõiki õpilasi tol korral ei olnud klassis, viisin läbi ka kordusküsitluse, et saada võimalikult paljude õpilaste hinnang. Küsitlusele vastas kokku 30 õpilast, kellest 13 olid tüdrukud ja 17 poisid. Küsitlusest selgus, et tüdrukud ja poisid tajuvad müra erinevalt.

#### **3.1.2 Küsitluse analüüs**

Küsimusele, kas oled kunagi tajunud klassis kõrget müra taset (joonis 15) vastas 70% tüdrukutest jah ning poistel oli see arv 65%. Tervelt 67% inimesi on tajunud klassis liiga kõrget müra taset, kuid neist pidas seda häirivaks vaid 50%. Küsimusele, et kas see liigne müra häiris, tulid üsna võrdsed tulemused. Ilmselt oleks see protsent poiste ja tüdrukute võrdse arvu puhul suurem, kuna küsitluse tulemusena võib järeldada, et tüdrukud on müra suhtes tundlikumad kui poisid. Tüdrukutest oli mürast häiritud 46% ja poistest 53%. Kokkuvõttes olid häiritud täpselt pooled, 50% vastanutest.

## Kas olete tunnis tajunud liiga kõrget müra taset? Kas see häiris?

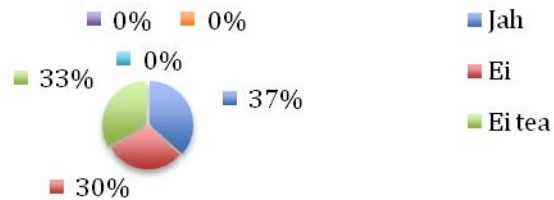


Joonis 15, Küsitlus.

Küsimusele, kas tagumistes pinkides on alati õpetajat kuulda (joonis 15), ei tulnud kindlat enamust välja – kõik vastused jagunesid 30% ümber. 37% vastanutest kuuleb õpetajat hästi. 46% tüdrukuid vastas sellele jah ning poisse vastas jaatavalt 29%. See võib tuleneda sellest, et tüdrukud on rahulikumad ja kuulavad keskenduvad õppetööle enam. Samuti tasub märkida, et enamus tagumistest pinkidest on võetud just poiste poolt. Küsitlusest lähtuvalt 30% õpilasi tagumistes pinkides õpetajat ei kuule. Eitavalt vastas 46% tüdrukuid ja ainult 8% poistest. Sellegi poolest on tagumised pingid väga hinnatud kohad ning tõsisemate akustiliste probleemide korral on kõikidel vaadeldud tundides võimalik esimesse pinki istuda. See tuleneb sellest, et õpilasi on klassis 33, kuid kohti klassides 36. Tühjaks jääb reeglina klassis alati üks esimestest pinkidest. Psühholoogia tunni loengule tuginedes võib öelda, et tegelikult ei pruugi tagumiste pinkide fenomen üldsegi sellega seotud olla, et seal arvatavasti paremini spikerdada saab, vaid sellega, et tagumistesse pinkidesse lähevad need õpilased, kellel on suurem kontrolli- ja ülevaatevajadus. Õpilasi, kes ei tea, kas tagumistes pinkides õpetajat kuuleb oli 33%. Ei tea vastas 8% tüdrukutest ja 53% poistest. Võib eeldada, et need õpilased istuvad siis enamasti esimestes pinkides.

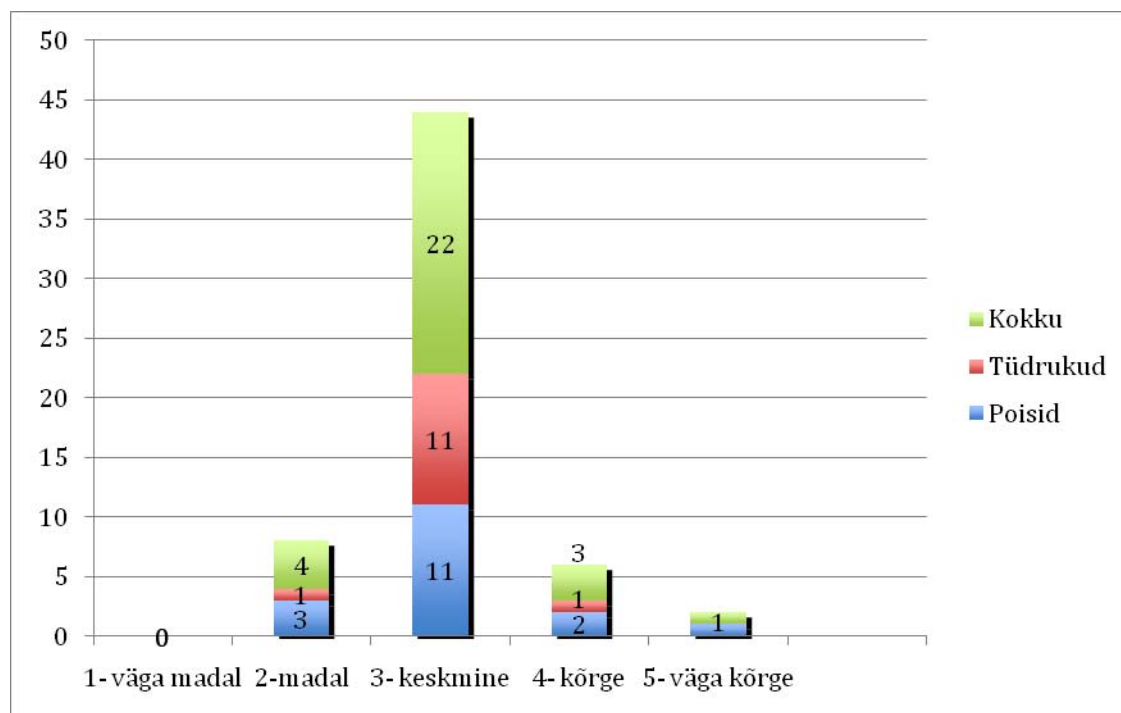


## Kas tagumistes pinkides on alati õpetajat kuulda?



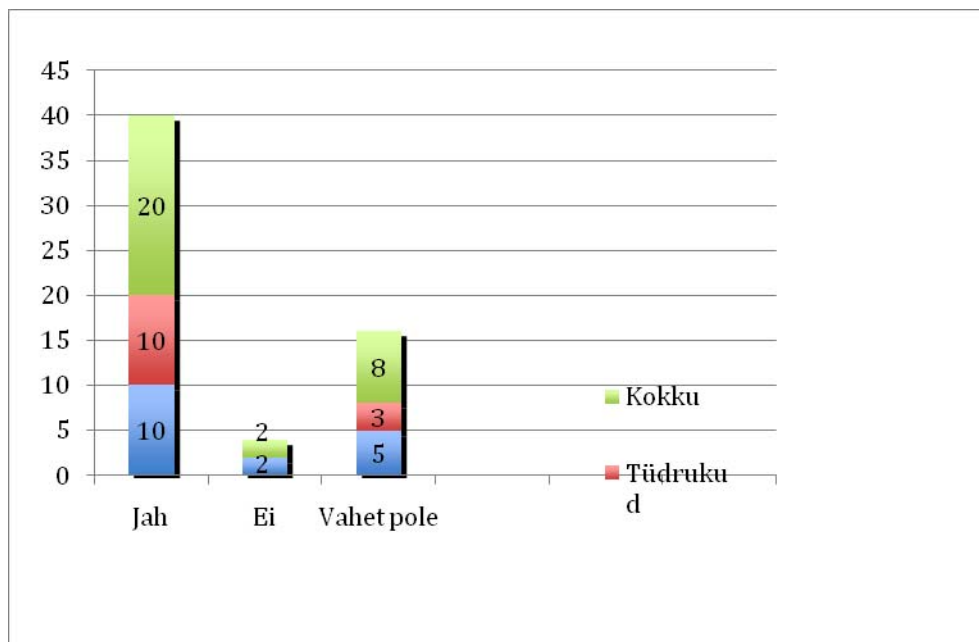
Joonis 16, küsitlus

Palusin vastanutel hinnata matemaatika tunni müra taset 5-palli süsteemis (joonis 17). Nii poiste kui ka tüdrukute keskmiseks tuli 3 palli 5st, mis on täpselt keskmine tulemus. Matemaatika tunni helianalüüs näitab, et enamik tunnist on müra tase 65 ja 75 dB vahel. Kuna 11.D klassi õpilased ütlesid sellise tulemuse kohta keskmine, siis võib järeldada, et söögivahetund ja teised vahetunnid on kõigile liiga mürarikad ja pigem takistavad kahe tunni vahelist puhkamist ning tekitavad suuremat väsimust.



Joonis 17. Õpilaste hinnang matemaatika tunnis olevale mürale

Vaikses klassiruumis eelistavad tööd teha pigem tüdrukud kui poisid. 77% tüdrukutest eelistavad vaikset klassiruumi, poistel on see arv 59%. 12% poistest arvas, et vaikes klassiruumis ei ole parem tööd teha, tüdrukutest ei vastanud keegi sellele küsimusele eitavalt, tõenäoliselt. Ükskõikseks jäi 23% tüdrukuid ja 29% poisse. Üldiselt arvatakse, et vaikus on siiski parem töötada. 67% arvab, et on ja 7% arvab, et ei ole, 26% vastanutest on ükskõiksed. Tulemused võivad oleneda sellest, kes kuidas harjunud on, sest mõned õpilased eelistavadki täielikus vaikusel tööd teha ning mõned suudavad paremini keskenduda siis, kui mingi taustaheli ka juures on.



Joonis 18. Kas vaikes klassiruumis on parem töötada?

### 3.1.3 Järeldused

Kokkuvõtteks võib järeldada, et müra häirib õpilasi, nii tüdrukuid kui ka poisse. Ainsa suurema erinevusena tuli välja, et tüdrukud arvavad, et vaikes klassiruumis on parem tööd teha. See võib tuleneda sellest, et tüdrukud on kõikidele ärritavatele teguritele juba loomu poolest tundlikumad kui poisid. Ülejäänud tulemused olid üsna võrdsed, kuigi tegelikult on klassis poisse rohkem ning seega nende arvamus kajastus uuringus enam.

## 4.0 JURIIDIKA

Kuna kooli tuleks käsitleda nii õppeasutuse kui ka töökohana, rakendub koolidele Vabariigi Valitsuse 12. aprilli 2007. a määrus nr 108 „Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded mürast mõjutatud töökeskkonnale, töökeskkonna müra piirnormid ja müra mõõtmise kord“. Määruses olid mõningad punktid, mida soovisin eriliselt toonitada

ning vajadusel kontrollida Gustav Adolfi Gümnaasiumi vastavust antud punktidega.

Olulisemate punktidenä toon välja järgmised:

2. Kui töötaja müraga kokkupuute tase ületab 80 dB(A) või tipphelirõhk 135 dB(C) (edaspidi *meetmete rakendusväärtus*), tuleb rakendada müra mõju vähendavaid abinõusid.
3. Tööandja on kohustatud töökeskkonna riskianalüüsi käigus välja selgitama olulised müraallikad.
4. Kokkupuutest müraga tulenevad riskid tuleb kõrvaldada nende tekkekohas või vähendada neid võimaliku miinimumini «Töötervishoiu ja tööohutuse seaduse» §-s 12<sup>1</sup> sätestatud ennetuspõhimõtete kohaselt.
5. Kui riskianalüüsi tulemusel selgub, et töökeskkonna müratase on 80 dB(A) või ületab selle, on tööandja kohustatud koostama ja rakendama tehniliste ja töökorralduslike meetmete tegevuskava müraga kokkupuute vältimiseks või vähendamiseks.
6. (3) Tööandja on kohustatud märgistama müraallikad ja ohualad asjakohaste hoiatusmärkidega seal, kus müratase on 80 dB(A) või ületab selle. Juurdepääsu ohualadele tuleb piirata, kui see on tehniliselt teostatav ja kokkupuuteohu tõttu õigustatud. Ohualasse sisenemise koha või müra tekitava seadme juurde tuleb nähtavale kohale paigaldada kohustusmärk «Kanna kuulmiskaitsevahendit», kui müratase on 85 dB(A) või ületab selle.
7. Kui müraga kokkupuute tase ületab 80 dB(A) ja seda ei ole võimalik ühiskaitsemeetmetega vähendada, võimaldab tööandja töötajale individuaalse kuulmiskaitsevahendi kasutamist ning nõuab kuulmiskaitsevahendi kasutamist, kui müraga kokkupuute tase on 85 dB(A) või ületab selle. Kuulmiskaitsevahendid tuleb valida sellised, mis kõrvaldavad kuulmist ohustava müra mõju või vähendavad selle miinimumini.
8. Tööandja tagab, et müraga kokku puutuvad töötajad ja töökeskkonnavolinik saaksid asjakohase juhendamise ja väljaõppe, mis eelkõige peab hõlmama järgmist:

- 1) müra kahjulik mõju tervisele;
  - 2) müraga seotud kuulmiskahjustuste varajane avastamine ja nendest teatamine;
  - 3) töötajate tervisekontrolli vajalikkus ja selle läbiviimise kord;
  - 4) ettevõttes müra mõõtmise tulemused;
  - 5) müra piirnormid ja meetmete rakendusväärtused;
  - 6) töökohas mürast tulenevate terviseriskide vältimiseks või vähendamiseks rakendatavad meetmed;
  - 7) kuulmiskaitsevahendite nõuetekohane kasutamine;
  - 8) töövahendite kasutamine nii, et minimeerida kokkupuudet nende poolt tekitatava müraga (ohutud töövõtted).
9. Tööandja tagab, et kõik müraga kokku puutuvad töötajad läbiksid tervisekontrolli vastavalt «Töötervishoiu ja tööohutuse seaduse» § 13 lõike 1 punkti 7 alusel kehtestatud korrale. Audiomeetrilise uuringu peavad läbima töötajad, kelle kokkupuude müraga riskianalüüsi tulemuste alusel ületab § 3 lõikes 2 sätestatud meetmete rakendusväärtusi.
10. Kui tervisekontrolli käigus avastatakse töötajal müraga kokkupuute tagajärjel tekkinud tervisekahjustus, peavad tervisekontrolli läbima ka teised töötajad, kes töötavad samalaadsetes tingimustes.
11. Kui tervisekontrolli käigus avastatakse töötajal müraga kokkupuute tagajärjel tekkinud tervisekahjustus, tuleb tööandjal töökeskkonna riskianalüüs ja riski vähendamiseks rakendatavad abinõud üle vaadata ning vajadusel paigutada töötaja teisele tööle või töökohale, kus ei ole müraga kokkupuute jätkumise riski, võttes arvesse töötervishoiuarsti soovitusi.
- ( Vabariigi Valitsuse 12. aprilli 2007. a määrus nr 108 Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded mürast mõjutatud töökeskkonnale, töökeskkonna müra piirnormid ja müra mõõtmise kord - <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12819460> )

Lähetudes eelpool toodud määrustest, võib suurimaks murelapseks pidada söögivahetundi, kus helitase vahetunnis on konstantselt 80 dB juures. Siiski ei ületa see seaduses määratud 80dB(A) piirangut, kuna müra on vaid vahetundide ajal. Sellest tulenevalt toob söögivahetunni dB(A) alla periood, millal õpilastel söögivahetundi pole.

Lisamärkusena tuleks välja tuua ka tunni läbiviimiseks kasutatava tehnika osakaalu helitasemes. Sotsiaalministri 4. märtsi 2002. aasta 42. määrus, mis käsitleb müra

normtasemeid elu-ja puhkealadel, elamutes, ning ühiskasutusega hoonetes sätestab koolisestest tehnoseadete maksimaalseks müraühtsuseks 32dB. Lähtudes antud määrusest viisin läbi katsed, millega määrasin klassides (grafo-)projektorite helitasemed.

(Riigiteataja, Sotsiaalministri 4. märtsi 2002. aasta 42. määrus - <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=163756>)

## **4.1 ÕPETAJATE HINNANGUD**

Selleks, et hinnata paremini müra olukorda 11.D klassi tundides, palusin vaadeldud ainetundide õpetajatel vastata küsimustele, mis puudutasid seda teemat.

### **4.1.1 Metoodika**

Õpetajate küsitlus viidi läbi suuliselt ja kirjalikult. Kõikidele õpetajatele esitati neli küsimust:

- 1) *Kuidas hindate müra tase tunnis koos 11.d klassiga?*
- 2) *Kas see takistab tunni andmist?*
- 3) *Kas klassi akustilised omadused segavad õpilastest aru saamist?*
- 4) *Kas pärast tundi olete tajunud peavalu/stressi/ärritust vms?*

#### **4.1.2 Õpetajate vastused**

Matemaatika õpetaja- Riina Timmermann

Müra tase 11.D tunnis on väga võimendunud. Igasugune sosin on väga hästi kuulla, kuid kui jutt käib täishäälega, siis see segab kohutavalt. See takistab tunni andmist ja pean tõstma häält või nõudma vaikust. Kohati segavad klassi akustilised omadused õpilastest aru saamist, see oleneb sellest, mitu õpilast korraga räägib või kui selgelt keegi ennast väljendab.

Õpetaja Marje Liigus- Inglise keele õpetaja

Müra foon ei sega minu tööd, mu pea ei valuta peale tundi, aga klassi akustika ei ole võib-olla kõige parem, sest kui teeme kuulamisülesandeid, siis võib kajaefekt tugevasti mõjutada tulemust. Põhjuseks on siledad seinad, mis ei neela heli.

Aarne Silas – füüsika õpetaja

Hindan müra taset tunnis 11. D klassiga normaalseks. See ei takista tunni andmist. Klassi meeleolu on tõine. Arvan, et klassis segab õpilastest aru saamisel kaja. Pärast tundi olen tajunud väsimust.

Martin Saar- keemia õpetaja

Võrreldes suurema osa põhikooli klassidega ja veel mõne gümnaasiumi klassiga on müra tase tunnis koos 11.d klassiga pigem tagasihoidlik. See oleneb aga töövõtetest. Kohati takistab tunni andmist see, kui arutelu paisub laadaks. Kahjuks takistavad akustilised omadused õpilastest aru saamist. Pärast tundi olen tajunud väsimust

mürast ning mõnikord kõrvades kumiseb.

Eve Tammaru- Inimeseõpetuse õpetaja

Selles ruumis tekib iga väiksema heli tekkides müraefekt. Seega olen tundi andes pidevas kajaefektis sees. Õpilastele võib tunduda, et õpetaja on debiilne ja ei saa aru, mida küsitakse. Tegelikult klassi ees tõepoolest ei kuule küsimusi ja vastuseid. Õpetajani (ja ka õpilaseni) jõuab hajutatud segane kõne.

Kui klassis on täielik vaikus, siis jõuab selge kõne teisteni sellepärast, et kõrvas membraanil tekkivat järelvõnkeid ei sega teiste helide võnked ja kuulaja mõistab õigeid kõneseoseid. Kui tekib terav heli (pastakas kukub maha), siis see nii väga ei sega, sest sellel on algus ja lõpp. Kui on aga pidev müra (ühed sosistavad, teised klõbistavad ja kolmandad sahistvad jalgadega), siis on pidev vaikne taustamüra ja see väsitab.

11.d klassis on väga tore tunde anda, sest saan oma teadmisi intelligentsete inimestega jagada. Vahel on saginet rohkem, aga emotsioonid ongi päeviti erinevad. Mina annan päevas 4-5 tundi, aga mida peavad tegema õpilased, kes peavad mõistma ja vastama samades kajaefekti tingimustes 8-9? See on palju valusam küsimus. Kui olen mõnikord pahur, siis ainult sellepärast, et ei mõista millise ajuehitusega inimene projekteeris koolimajja betoonpõrandad ja -vaheseinad. Enne suurt remonti selliseid kaja probleeme koolis ei olnud.

#### **4.1.3 Õpetajate arvamuse üldistus**

Üldiselt saab kokku võtta arvamuse, et olukord ei ole hea. Suuremates klassides, kus on vähe mööblit, on täheldatud kaja. Kõige enam segab see tundi, mis põhineb suhtlemisel nagu näitkes inimeseõpetus. Reaalainetes, kus enamus tunnist niikuinii tehakse iseseisvat tööd ei ole see niivõrd segav faktor. Küll, aga avaldas Marje Liigus muret riigieksamite kuulamisülesannete üle, mis toimuvad suuremates klassides. Neis olev kaja võib suuresti mõjutada õpilaste edukust ning sellega ka raskendada.



Akustika on Gustav Adolfi Gümnaasiumis probleemiks, mida tuleks lähimal võimalusel adresseerida.

## **5.0 TEHNILISTE VAHENDITE POOLT TEHTAV MÜRA**

Lisaks inimeste poolt tehtavale mürale, esineb klasssis ka tehniliste vahendite poolt tehtav müra nagu näiteks arvutid, projektorid, lambid jms. Kuna kõige suuremaks müraallikaks osutus projektor, otsustasin mõõta nende poolt tehtavat heli vaadeldud tundides, kus seda kasutatakse vähemalt kord nädalas. Nendeks tundideks osutusid Keemia/inimeseõpetus, füüsika ja matemaatika.

Üllatuslikul kombel suutnud ühegi vaadeldud klassi projektor mahtuda seadusega määratud 32 dB piiresse, mis teeb olukorra väga kesiseks. Kuigi tavalise tunni jooksul ei ole projektori müra enamikes klassides kuulda, peab mainima, et füüsika on erand.

Füüsika klassis olev projektori tekitatavaks helitasemeks on 55 dB, mis ületab seaduses määratletud maksimaalset lubatud tehniliste vahendite poolt tehtavat lausa 23 dB võrra. Eriti murettekitavaks on asjaolu, et sageli laseb õpetaja sama projektoriga arvestusliku töö küsimused seinale, mille tagajärjel muutub see kõige suuremaks müraallikaks klassis. Õpetaja on sellistel juhtudel palunud õpilastel kiiresti küsimused maha kirjutada, et seejärel saaks projektori välja lülitada ning lasta õpilastel rahulikult tööd teha.

Antud juhul võib öelda, et füüsika klassis on väga aegunud grafoprojektor, mille kasutamist tuleb piirata või see asendada digitaalse projektoriga.

Kuigi kõikide vaadeldud klassiruumide projektorid ületasid seaduses lubatud mürataseme, ei ole mõistlik suunata vahendeid nende väljavahetamisele, kuna sealt tulenev müra on minimaalne. Projektorite müra aitaks kindlasti vähendada nende korralik puhastamine, mille tagajärjel saaks lampi jahutav ventilaator efektiivsemalt tööd teha.

**Tabel 3, klassi (Grafo-)projektsori poolt tehtav müra**

Klass	(Grafo-)Projektori müra	Üle lubatud määra
Füüsika(Grafoproj.), 315	55 dB	23 dB
Keemia/inimeseõp, 318	36 dB	3 dB
Matemaatika, 305	40 dB	8 dB

## 6.0 VÕIMALUSED HELITASEME MADALDAMISEKS

Kuna uuringu käigus ilmnes, et helitasemed on suhteliselt kõrged, kuid siiski ei ületa lubatud helitasemeid. Sellegipoolest häirib nii õpilasi kui ka õpetajaid normilähedane müra. Seega oleks mõistlik parandada koolisiseste ruumide akustilist poolt.

Oluline aspekt on klasside kõrgus, mis on 4m. Klasside kõrgus, suured mõõtmed ning

klassides valitsev mööblipuudus muudavad klassid kõlakodadeks. Lahendusi antud murele on mitmeid:

1. Kasutada seinade ning lagede värvimisel spetsiaalset heli summutavat lateksvärvi. Värv jääb kuivades poorne ning aitab summutada helilaineid. (<http://www.hytechsales.com/prod150.html> )
2. Kasutada klasside sisustamisel rohkem mööblit ning taimi. Uurimustulemused näitasid, et klassides, kus on rohkem mööblit, jääb helitase madalamatele nivooale. Mööbel, mis on enamasti puidust, aitab helilaineid hajutada ning samas ka neelab neid.
3. Kasutada spetsiaalseid materjale seinade ning lagede katmiseks. Lihtsa alternatiivina kulukale spetsiaalsele kattematerjalile võiks välja tuua võimaluse, et katta klassiseinad korgiga, mis on väga hea helisummutus omadusega. Suurepärane viis oleks katta põrandad vaipadega, aga see oleks kooli keskkonda arvestades ebapraktiline.



*pilt 5, 6, 7. Näited helisummutavatest katteplaatidest*

Piltidel on kahte erinevat tüüpi heli summutavad katteplaadid

4. Katta seinad geo-meetriliselt reljeefsete plaatidega. Taolisi



plaate on pikka aega kasutatud helistuudiotest, kus on oluline, et helilindistusel puuduks kaja. Plaatide tööpõhimõte on kahe-pidine. Esiteks on plaadid valmistatud materjalist, mis summutab heli-laineid. Teise töö-põhimõttega peegeldavad plaadi kontuurid heli-lained erinevates suunda-des laiali, mis hajutab helilaineid ning summutab kaja.

*PiPildil on heli summutav  
plaat*

5. Märkimisväärne oli ka ventilatsioonišahtide roll müra levikul. Mitmetes tundides on võimalik kuulda teistest klassidest läbi ventilatsioonisüsteemi kanduvat heli. Heli levib niivõrd hästi, et on võimalik kuulda ähmaselt teises klassis räägitavat teksti. Heli leviku tõkestamiseks peaks isoleerima ventilatsioonišahtid.

## **7.0 KOKKUVÕTE**

Võib öelda, et uurimustöö tulemusena olen sunnitud tõdema, et Gustav Adolfi Gümnaasiumi koolimaja probleemiks on olmetegevusest ning halvast akustikast tulenev mürareostus. Mõõtmistel ilmnas, et müra jääb enamikel juhtudel normi piiresse, kuid on ka punkte, millega rikutakse seaduses määratletud norme.

Suurt rolli akustiliste probleemide avastamisel ja kajastamisel mängib õpilaste ning õpetajate, kes antud keskkonnas tegutsevad, tundlikkus mürale ning taluvuspiir. Nagu selgus küsitlustest on mürataju inimestel väga erinev, aga üldiselt võib siiski öelda, et enamik inimesi nägi mürast märkimisväärset probleemi.

Üldiselt oleksid kooli müraprobleemide lahendused lihtsad. Näiteks koolimaja täitmine taimede ning mööbliga või spetsiaalsete heliisolaatorite kasutamine pindade katmisel ning klasside isoleerilisel. Paraku on lahendused koolimaja suurusest tingituna komplitseeritud ning kulukad.

Üleüldiselt võiks Gustav Adolfi Gümnaasiumi akustilisi probleeme võtta kõrge prioriteedina, kuna koolipere veedab selles majas väga suure osa oma ajast ning kuulumiskahjustused on tõsine probleem, mis ei pruugi olla ravitav, ja mure pole vaid ainult kuulumiskahjustustes. Nagu küsitluses selgus, kannatavad suure müra all eelkõige õpetajad, kellel võivad mürast hakata tekkima muud füsioloogilised häired.

## **8.0 KASUTATUD KIRJANDUS**

1. Eesti Keskkonnaministeeriumi välisõhukaitse
2. Maailma Terviseorganisatsiooni keskkonnamüra juhend
3. R.Källo, 2007, Tallinna Tehnikaülikooli töö mürast
4. J. Olt, 2008, Tallinna Majanduskooli töö müraohust
5. Riigiteataja
6. Stephen A Stansfeld ja Mark P Matheson, Oxford British Medical Science Building
7. Hendrikson&Ko, Juurdeveo tn 19 kinnistu ja lühiümbruse müraekspertiis
8. Dorling Kindersley, Illustreeritud faktivaramu, 2002
9. Daphne Gloag, British Medical Journal

## **9.0 LISAD**

### **LISA 1, vene keele iseseisva tunni helitaseme graafik**

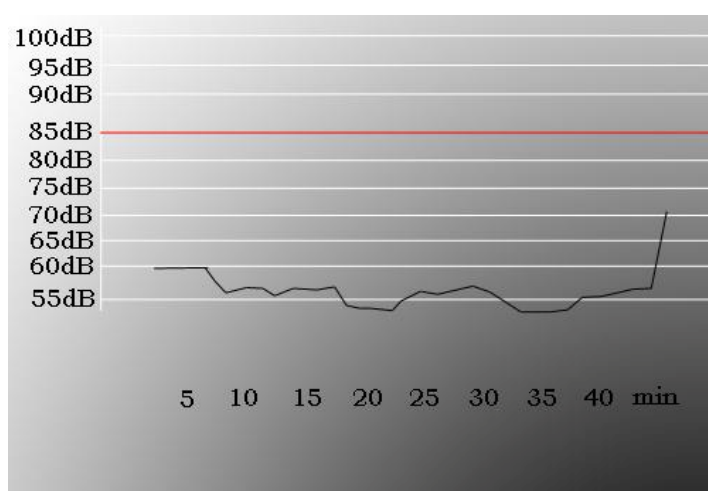
Lisaks eelpool nimetatud tundidest, tegin huvi pärast ka üksikud lindistused teistes

tundides, millest üheks oli vene keele esimese rühma iseseisev tund klassis 106.

Antud tund oli kõige vaiksem lindistatud tund, kus helitase jäi peaaegu terve tunni vältel alla 60 dB tõustes vaid viimastel minutitel taas tavapärasema 70 dB juurde. Tunni sisustas asendusõpetaja poolt antud iseseisva töö leht ning suhtlemist õpilaste ja õpetajate vahel ei olnud.

Kindlasti tasub mainida, et baasmüra tekitas õpetaja, kes samal ajal konsulteeris teise klassi õpilasetega nende kirjandite teemal. Jutuajamiste pauside ajal jäi helitugevus kohati 40 dB lähedale.

Sellest tunnist on võimalik järeldada, et ligidkaudu 15 õpilasega klassiruumis on võimalik saavutada väga vaikset keskkonda, kuid ilmselt on sellisel juhul kahjud suuremad kui kasud, eeldates, et õppetöö toimugi õpetaja ja õpilase vahelisel suhtlemisel.



*joonis 19, vene keele iseseisva tunni keskmine helitase*

## **LISA 2 KOOLI DISKO HELITASE**

21. ja 22. detsembril toimus kooli aulas jõulupidu, millest võtsid osa erinevatel päevadel põhikooli ja gümnaasiumi õpilased. Huvitatult selle ohtlikkusest, tegin

mõõtmisi ka seal.

Helitugevus peol oli püsivalt 100 dB ringis. Vaid lugude vahetamise hetkedeks vähenes see 80-85 dB'i. 100 dB keskkonnas eeldatakse, et kahjustus ei teki alla 15 minutilise viibimise tagajärjel, kuid neljakordselt selle ületamisel võib öelda, et õpilaste kuulmises tekkis kahjustus. Siiski tuleb mainida, et tekkinud kahjustus ei ole kergesti tuvastatav. Kergesti on võimalik tuvastada ajutist kuulmiskadu, mis väljendus kõrvade "vilisemises" ning kuulmise tuhmiduses, kuid 16h jooksul peaks see taastuma.