

Maí 2009

## Hljóðstig frá slitblöðum á snjótönnum

Mælingar & samanburður



## Efnisyfirlit

<b>Inngangur</b>	<b>4</b>
<b>Framkvæmd</b>	<b>5</b>
<b>Uppstilling mælitækja</b>	<b>5</b>
<b>Slitblöð</b>	<b>6</b>
<b>Gummi – Kupper Kombi SX 36</b>	<b>6</b>
<b>Gummi – Kupper Gummi GK5</b>	<b>6</b>
<b>Beilhack Vulkollan scraper blades</b>	<b>6</b>
<b>PNS-TECH Harðmálmsblöð</b>	<b>7</b>
<b>Niðurstöður</b>	<b>7</b>
<b>Bakgrunnshávaði</b>	<b>8</b>
<b>Samanburður – Sérhvert blað</b>	<b>8</b>
Gummi - Kupper Kombi SX-36	9
Gummi – Kupper Gummi GK 5	11
Beilhack - Vulkollan Scraper Blades	12
PNS – Tech harðmálmsblöð	13
Snjómokstursbifreið	14
<b>Samanburður – Sérhvert mælitilfelli</b>	<b>15</b>
50 km/klst – 50 m	15
60 km/klst – 50 m	16
50 km/klst – 100 m	17
60 km/klst – 100 m	18
<b>Samantekt hljóðmælingar og niðurstöður</b>	<b>19</b>

<b>Hávaði – Almenn</b>	<b>20</b>
<b>Hljóðskynjun – áreiti</b>	<b>20</b>
<b>Reglugerðir</b>	<b>22</b>
<b>Samanburður – niðurstöður mælinga &amp; reglugerðarviðmið</b>	<b>23</b>
<b>Ónæði og titringur ökumanna</b>	<b>24</b>
<b>Staðan í Evrópu – Framtíðarhorfur</b>	<b>26</b>
<b>Niðurstöður</b>	<b>27</b>
<b>Lokaorð</b>	<b>28</b>

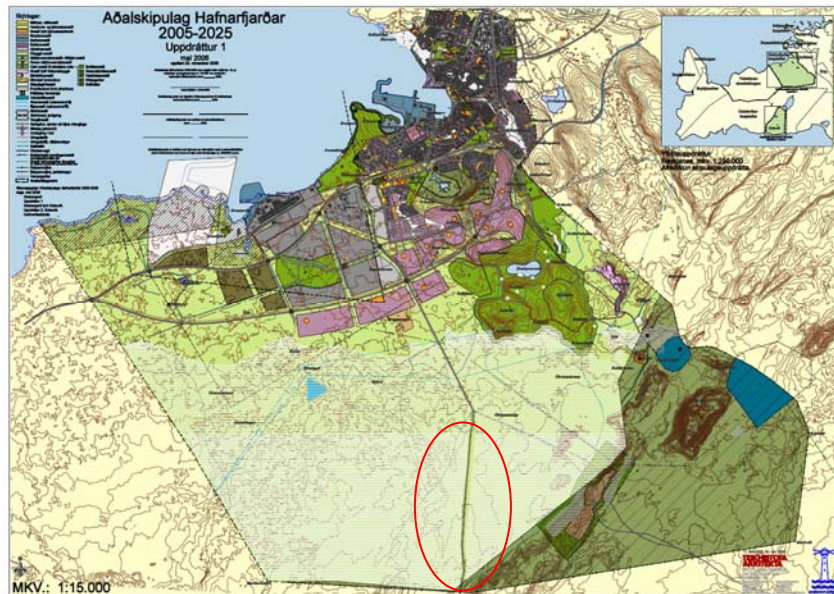
## Inngangur

Að beiðni Vegagerðarinnar voru framkvæmdar hljóðstigsmælingar frá nokkrum mismunandi gerðum slitblaða fyrir snjótennur. Tilgangur mælinganna var að meta muninn á hljóðgjöf og hávaðaútbreiðslu blaðanna. Snjóhreinsun á vegum Vegagerðarinnar fer meðal annars fram á stofnbrautum á höfuðborgarsvæðinu en á síðustu misserum hefur borið á kvörtunum frá íbúum sem búa í nágrenni við stofnbrautir.

Vegagerðin hefur fram til þessa eingöngu notast við stálblöð en eru nú að skoða og bera saman aðra valkosti sem í boði eru. Hljóðgjöf og hávaðaútbreiðsla blaðanna er einn þeirra þátta sem eru í skoðun hjá Vegagerðinni og er það tilgangur þessa verkefnis. Að auki er fallað um reglugerðarviðmið hér heima og í nágrennalöndum, hljóðskynjun, hávaðaáraun, ónæði ökumanna og áhrif titrings á heilsu þeirra.

## Framkvæmd

Mælingarnar fóru fram á Krýsuvíkurvegi, laugardaginn 21. desember 2008 og mánudaginn 9. febrúar 2009. Mælingarnar voru framkvæmdar af Guðrúnu Jónsdóttur og Gígy Gunnlaugsdóttur hljóðverkfræðingum. Almennt má segja að veðurskilyrði hafi verið góð á mælidögum og vindhraði innan við 5 m/s í báðum tilfellum. Skilyrði voru þó betri seinni mælingardaginn, þar sem veður var einstaklega stillt og lítil sem enginn þungaflutningaumferð eða vinna í gangi við nærliggjandi námu. Bakgrunnshávaði fyrri mælingardaginn var þónokkur sem skýra má m.a. með vinnu frá nærliggjandi námu sem og hávaða frá álverinu í Straumsvík. Þetta á þó einkum og sérílagi við á lægri tíðnum. Sá lágtíðni-hávaði hefur þó ekki áhrif á samanburðinn þar sem hann liggur utan við heyrna-næmni manna. Mælinganiðurstöður á bakgrunnshávaða staðfesta þetta, sjá nánar í niðurstöðukafla.



MYND 1: STAÐSETNING HLJÓÐMÆLINGA Á KRÝSUVÍKURVEGI.

## Uppstilling mælitækja

Við framkvæmd mælinga voru eftirfarandi mælitæki notuð:

Nor-121, hljóðmælir frá Norsonic

2 stk ½" hljóðnema, Norsonic 1225

2 stk ½" hljóðnemaformagnari, Norsonic 1201/SLM ásamt búnaði til að festa hljóðnemaformagnara á þrífót

Norsonic 1282

2 stk. Þrífætur fyrir hljóðnema

Stillibúnaður (e. calibrator) Norsonic 1251

Snúrur og hugbúnaður til útreikninga á mæliniðurstöðum (NorReview)

Hljóðnemarnir tveir voru staðsettir í 50 m og 100 m fjarlægð frá vegbrún. Hljóðmælitækið Nor-121 mældi hljóðstig á um 300 m vegkafla. Snjómokstursbifreið var ekið átta sinnum framhá mælistöðunum fyrir hvern mælihluta á ýmist 50 eða 60 km/klst hraða. Sjá nánar uppsetningu á mynd 2.

## Slitblöð

Mælingarnar voru framkvæmdar á eftirfarandi blöðum, mælingadagsetningar eru jafnframt sýndar:

1. Gummi-Kupper Kombi SX 36 – 21.des
2. Gummi-Kupper Gummi GK 5 – 21.des
3. Beilhack Vulkollan scraper blades – 9.feb
4. PNS-TECH harðmálmsblöð – 9.feb
5. Snjómokstursbifreið MB Actros 2660 (tilvísunarmæling) – 9.feb.

### Gummi – Kupper Kombi SX 36

Gummi – Kupper Kombi SX36 eru samkvæmt upplýsingum framleiðanda endingargóð og henta fyrir allar gerðir vega.



### Gummi – Kupper Gummi GK5

Samkvæmt upplýsingum frá framleiðanda er mælt með notkun á þessum gerðum slitblaða innan borga þar sem þau eru hljóðlát vegna samsetningar blaðanna úr gúmmí og harðgerðum málm (corundum). Þau vernda yfirborð vegarins, aðlagast því jafnframt vel en endingartími blaðanna er að auki langur.



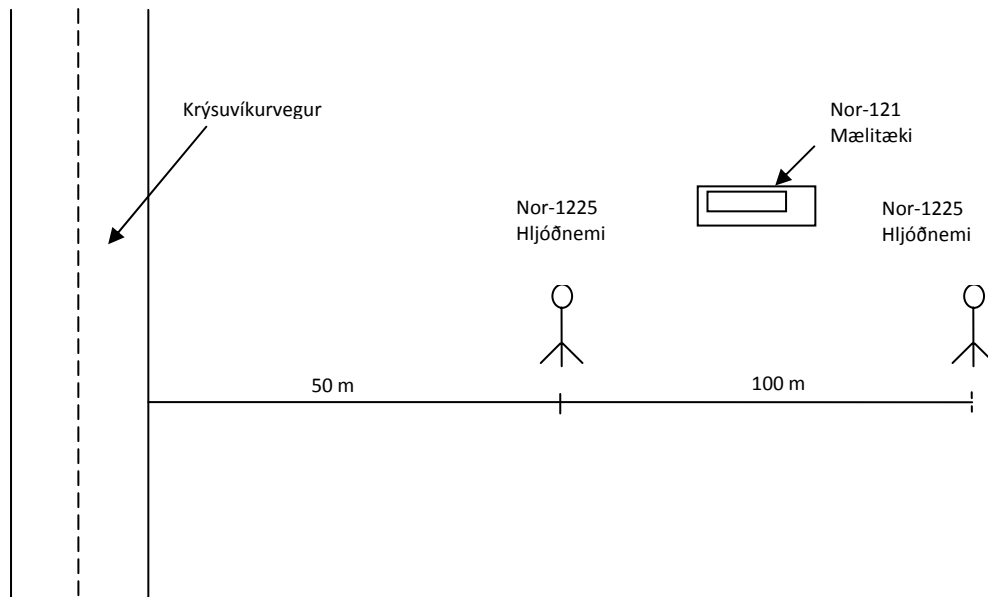
### Beilhack Vulkollan scraper blades

Slitsterk blöð ætluð til snjóplógunar.



## PNS-TECH Harðmálmsblöð

Harðmálmsblöðin eru carbide blöð með stálflötum til hreinsunar. Sérstaklega ætlað fyrir snjóhreinsun og íshreinsitæki.



MYND 2: UPPSETNING MÆLIBÚNAÐAR, AFSTÖÐUMYND.

## Niðurstöður

Við úrvinnslu mæligagna var notaður hugbúnaðurinn *NorReview* frá *Norsonic*. Meðalhljóðstig fyrir átta umferðir er sett fram sem fall af tíðni, í áttundum frá 4 – 16000 Hz.

## Bakgrunnshávaði

Mældur var bakgrunnshávaði við mælingarnar. Á fyrri mælingadegi (laugardaginn 21. desember), var nokkuð hvasst áður en mælingar hófust en lægði eftir því sem leið á daginn. Í nokkur skipti mátti greina hávaða frá nærliggjandi námu. Jafnframt má telja líklegt að hávaði frá álverinu í Straumsvík hafi einhver áhrif á þessa mælingu. Bakgrunnshávaði, 21. desember 2008 mælist tiltölulega hár á lágum tíðnum eða allt að 80-85 dB við 4 Hz en lækkun verður um ~8dB/áttund á tíðnibilnu 4-125 Hz. Þetta mynstur má jafnframt greina í hljóðstigmælingunum, þ.e. fyrir blöð 1 og 2, sjá frekari umfjöllum um mælinganiðurstöðurnar í niðurstöðukafla hér að neðan.

Aðstæður á seinni mælingardegi voru með allra besta móti, þar sem engar truflanir áttu sér stað. Mæliferlar fyrir tilfelli þrjú sem mæld voru seinni daginn eru eðlilegir, þ.e. engin sýnileg áhrif bakgrunnshávaða.

Rétt er þó að taka það fram að allar niðurstöður mælinganna eru nothæfar og sýna vel hljóðstig og hávaðaútbreiðslu blaðanna fjögurra.

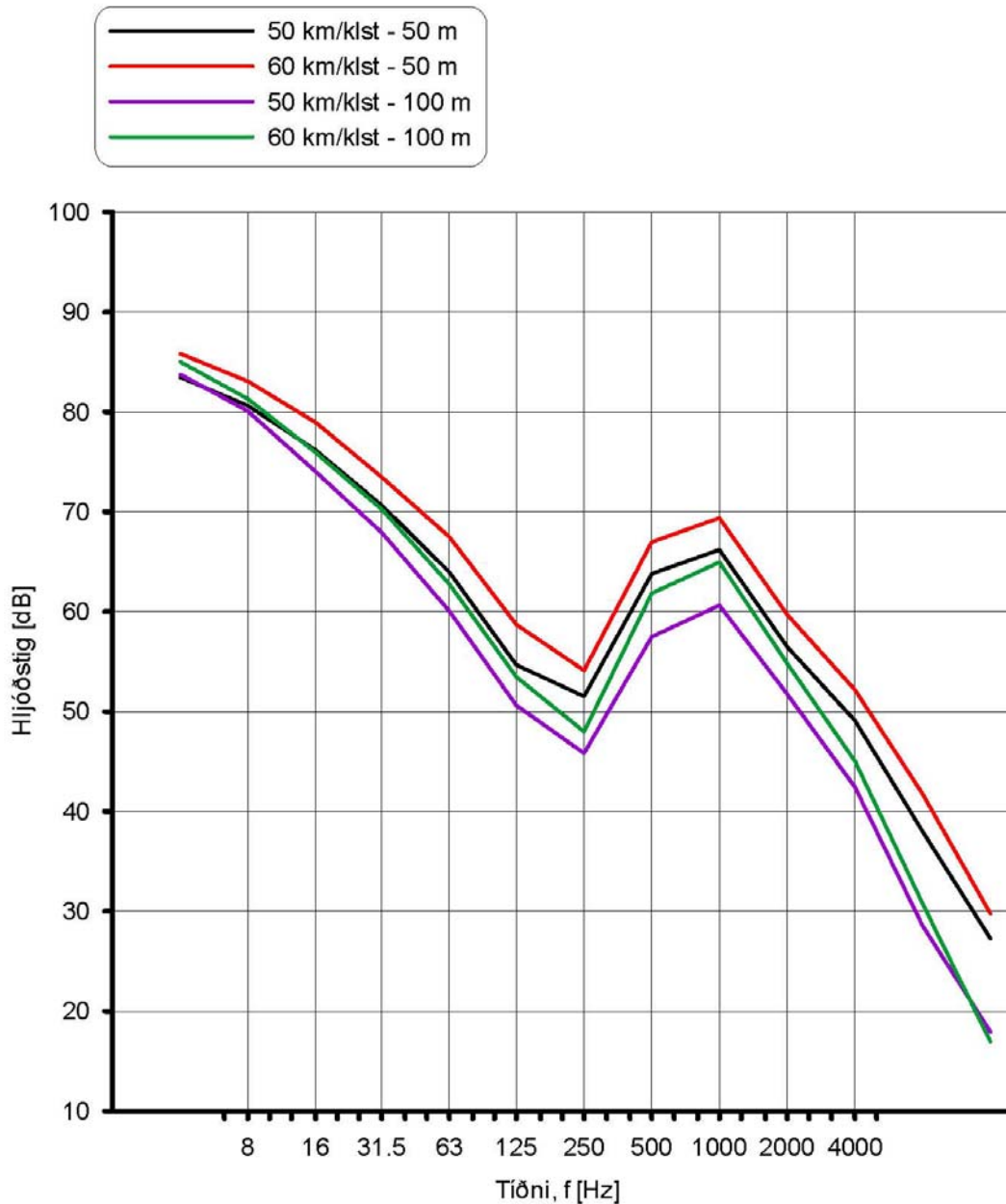
## Samanburður – Sérhvert blað

Í fyrstu eru sýndar niðurstöður fyrir sérhvert blað þar sem metið er hvort áhrif mismunandi hraða ökutækisins og mælingafjarlægðar séu með eðlilegum hætti (sjá myndir 3-7). Samkvæmt fræðunum má gera ráð fyrir að hljóðstig lækki um 3 dB þegar fjarlægð frá línu-hljóðgjafa er tvöfölduð. Við raunverulegar aðstæður þar sem hljóðbylgjurnar ýmist endurkastast eða ísogast í samræmi við yfirborð og umhverfi verður hljóðstiglækkunin heldur meiri.

Niðurstöður fyrir sérhvert blað fyrir sérhvern hraða og mælingafjarlægðir eru sýndar. Hér er tilgangurinn fyrst og fremst að meta áhrif mælingafjarlægðar og hraða á mælt hljóðstig en jafnframt að kanna frekar tíðniháða eiginleika hljóðútbreiðslu blaðanna.



## Gummi - Kupper Kombi SX-36



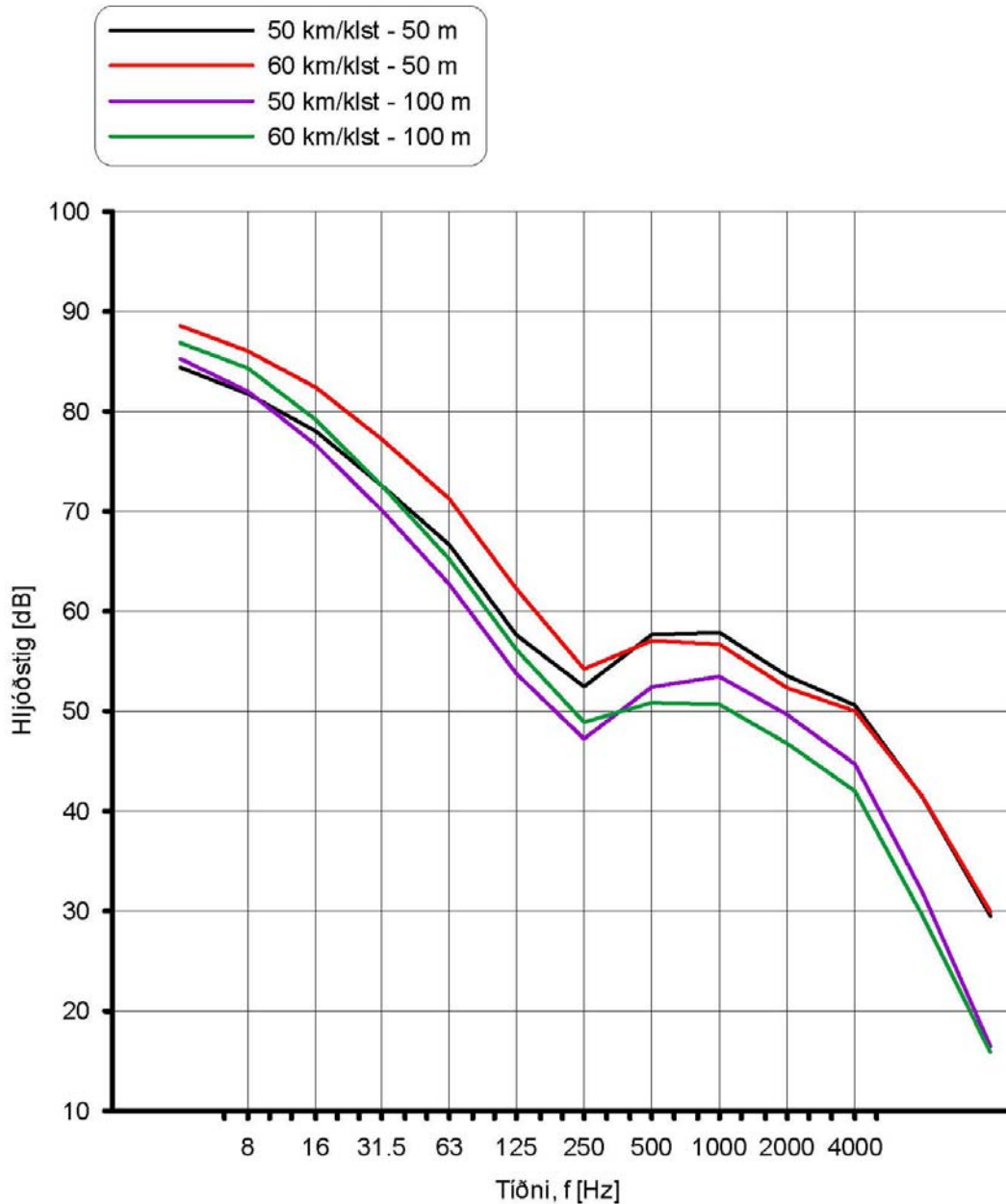
**MYND 3: GUMMI-KUPPER KOMBI SX-36. MÆLT HLJÓÐSTIG Í 50 OG 100 M FJARLÆGÐ FRÁ VEGI FYRIR 50 OG 60 KM/KLST, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA Í HVERJU TILFELLI.**

Á mynd 3 má sjá að við lágar tíðnir mælist hljóðstig hátt, sem fellur svo með hækkandi tíðni um ~ 8 db/áttund. Hér er um bakgrunnshávaða að ræða, samanber umfjöllun að framan. Því má segja að niðurstöður mælinga fyrir fyrri blöðin tvö séu marktækar við tíðnir hærrí en 125 Hz. Það skal tekið fram að fyrir þessar niðurstöður, er áhugaverðast er að skoða samanburð á mældu hljóðstigi blaðanna á tíðnibilinu 125-8000 Hz. Heyrn manna liggur á tíðnibilinu 20-20.000 Hz en hún er næmest í kringum 3000-4000 Hz, sjá frekar mynd 13 hér að framan.

Niðurstaða bakgrunnsmælinga sýnir að aðstæður hafa verið fullnægjandi og hefur hann ekki áhrif á mælingarnar, þar sem markmiðið er að meta hávaðaáraun og ónæði frá blöðunum. Þannig fást marktækar niðurstöður innan viðeigandi tíðnisviðs.

Á mynd 3 má sjá að með auknum hraða hækkar hljóðstig en jafnframt verður hljóðstig lægra með aukinni mælingafjarlægð eins og eðlilegt er. Tíðnieiginleikar mælds hljóðstigs fyrir þetta blað eru ákaflega skýrir, þar sem mæliferlarnir fjórir sýna ákveðið tíðnimynstur fyrir mismunandi fjarlægð frá vegi og hraða ökutækisins. Staðbundið lágmarksgildi verður við 250 Hz (e.local minima) og staðbundið hámarksgildi við 1000 Hz ( e.local maxima). Við tíðnir hærri en 1000 Hz lækkar hljóðstig um 10 dB/áttund. Frávik í hljóðstigi milli sérhvers mælingahluta þ.e. fyrir sérhvern hraða og sérhverja mælingafjarlægð er sambærilegt fyrir hvert mælingartilfalli.

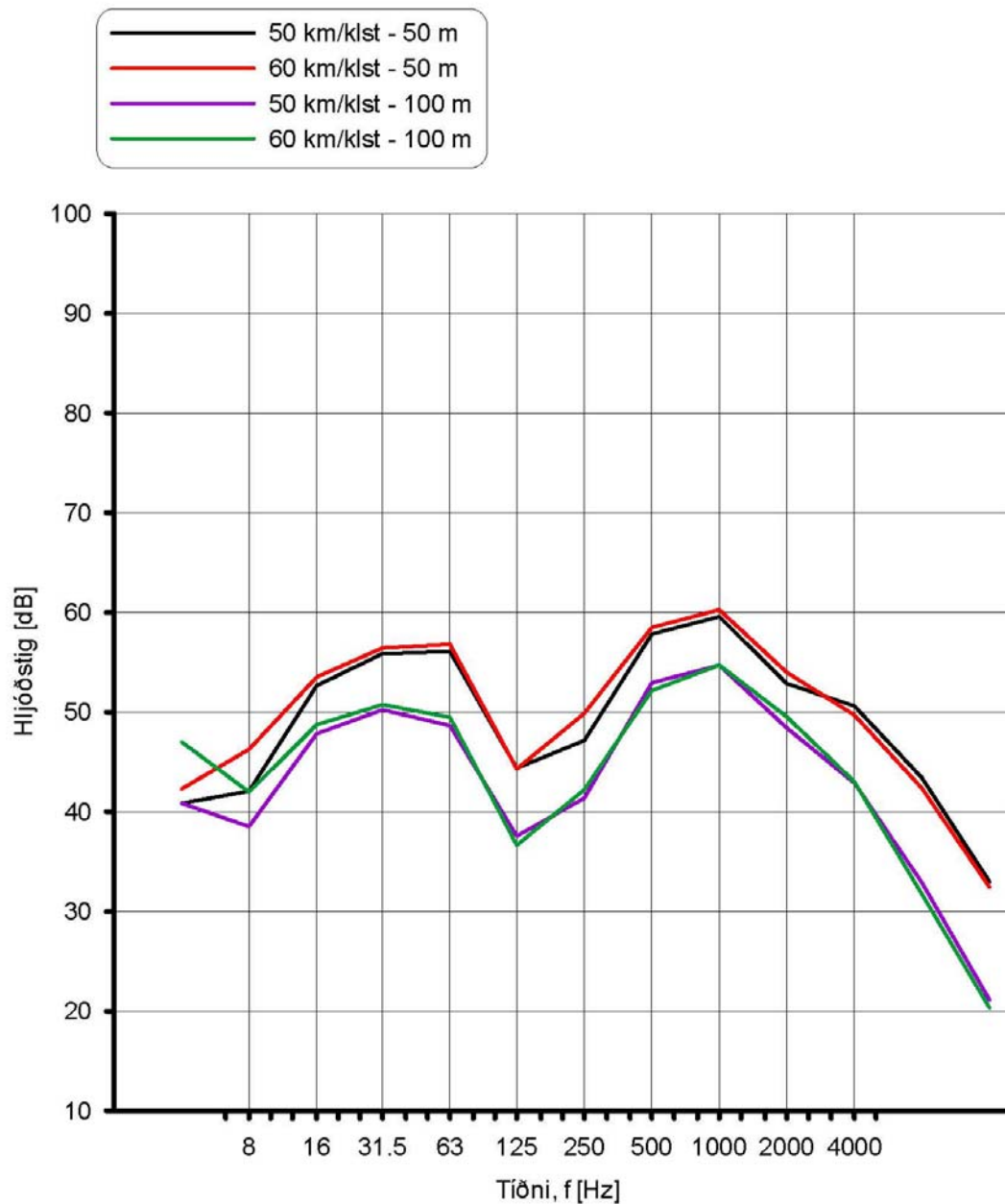
## Gummi – Kupper Gummi GK 5



**MYND 4: GUMMI-KUPPER GUMMI GK 5, MÆLT HLJÓÐSTIG Í 50 OG 100 M FJARLÆGD FRÁ HLJÓÐUPPTÖKUM FYRIR 50 OG 60 KM/KLST, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA Í HVERJU TILFELLI.**

Sambærilegt tíðnimynstur má sjá á mynd 5 líkt og á mynd 3, þ.e. staðbundið lágildi verður við 250 Hz og staðbundið hágildi við 1000 Hz. Hámarkstoppurinn við 1000 Hz er ekki eins greinilegur og áður. Hljóðstigsmunur milli mælingafjarlægða og hraða er ekki jafn skýr og áður. Ef litið er til hljóðstigsmunar fyrir mismunandi hraða, þá er hljóðstig hærra við 60 km/klst samanborið við 50 km/klst á tíðnibilinu 4 ~ 400 Hz. Á tíðnibilinu 400-4000 Hz, verður hljóðstig hærra við minni hraða. Þessa eiginleika má sjá fyrir báðar mælingafjarlægðir þ.e. 50 m og 100 m.

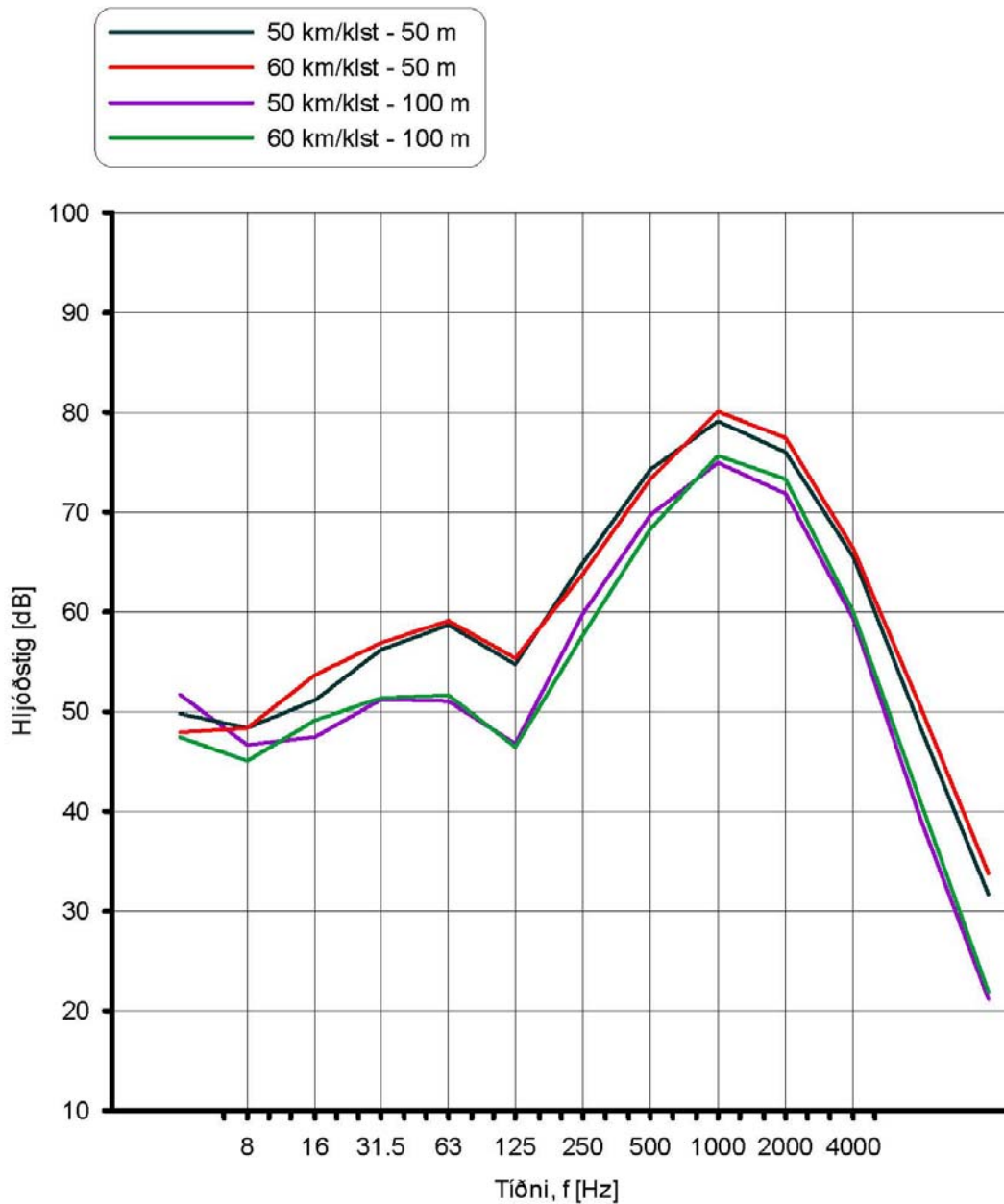
## Beilhack - Vulkollan Scraper Blades



**MYND 5: BEILHACK VULKOLLAN SCRAPER BLADES. MÆLT HLJÓÐSTIG Í 50 OG 100 M FJARLÆGÐ FRÁ HLJÓÐUPPTÖKUM, FYRIR 50 OG 60 KM/KLST MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA Í HVERJU TILFELLI.**

Á mynd 6 má sjá hljóðstig fyrir öll tilfelli fyrir *Beilhack Vulkollan scraper blades*. Hljóðstig fyrir þetta blað mælist talsvert lægra samanborið við fyrri blöðin. Tíðnieiginleikar eru sambærilegir á milli mælinga, þ.e. staðbundin hágildi við 63 Hz og 1000 Hz en staðbundin lággildi við 125 Hz. Lítil hljóðstigsmunur er milli mismunandi hraða. Mælingafjarlægð er hér greinilegur áhrifabáttur, þar sem munurinn verður  $\Delta_{fjarlægð} SPL=4-6$  dB.

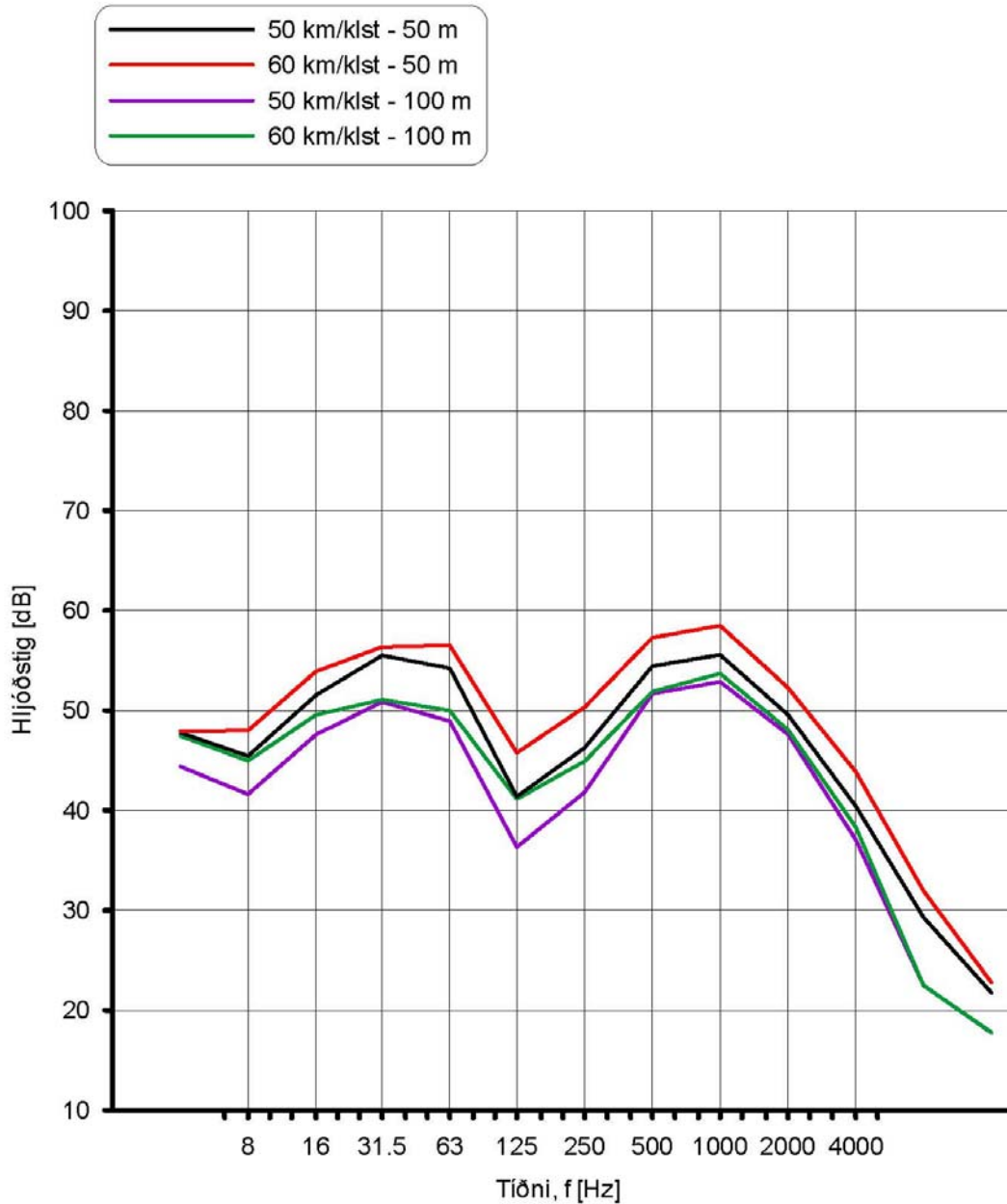
## PNS – Tech harðmálmsblöð



MYND 6: PNS-TECH HARÐMÁLMSBLÖÐ. MÆLT HLJÓÐSTIG Í 50 OG 100 M FJARLÆGD FRÁ HLJÓÐUPPTÖKUM FYRIR 50 OG 60 KM/KLST, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA Í HVERJU TILFELLI.

Á mynd 7 má sjá niðurstöður fyrir hljóðstigsmælingar á *PNS-TECH* harðmálmsblöðum. Áhrif hraða á mælt hljóðstig eru takmörkuð en greinilegur munur er á milli mismunandi mælingafjarlægða. Staðbundin hámarksgildi má greina annars vegar við 63 Hz og hins vegar við 1000 Hz. Hljóðstigsaukning milli 125-1000 Hz verður ~10 dB/áttund en hljóðstigs-lækkun milli 1000-2000 Hz, verður 2 dB/áttund en ~12 dB/áttund við tíðni hærri en 2000 Hz.

## Snjómokstursbifreið



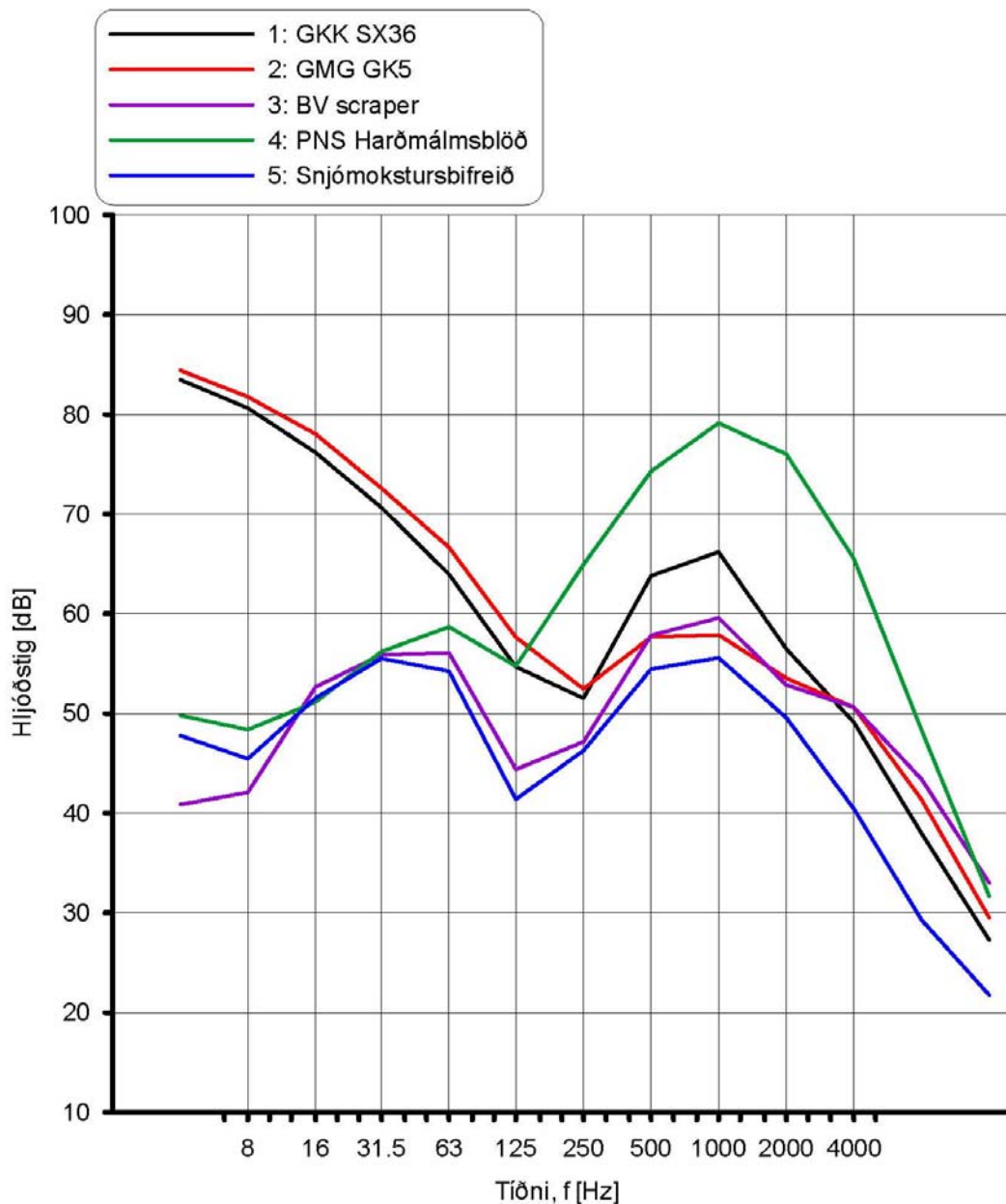
**MYND 7: SNJÓMOKSTURSBIFREIÐ M B ACTROS 2660. MÆLT HLJÓÐSTIG Í 50 OG 100 M FJARLÆGÐ FRÁ HLJÓÐUPPTÖKUM FYRIR 50 OG 60 KM/KLST, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA Í HVERJU TILFELLI.**

Til samanburðar voru framkvæmdar hljóðstigmælingar fyrir snjómokstursbifreiðina eina og sér. Hljóðstigstoppar verða við 63 Hz og 1000 Hz og staðbundið lággildi við 125 Hz. Áhrif mælingafjarlægðar og hraða bifreiðarinnar eru með þeim hætti að hljóðstig mælist hærra með auknum hraða og styttri fjarlægð frá vegi, eins og búast mátti við.

## Samanburður – Sérhvert mælitilfelli

Hér er sýnt mælt hljóðstig, á hverri mynd fyrir sig, þar sem ákveðin mælingafjarlægð og tiltekinn hraði skoðaður nánar. Með þessum hætti fæst greinlegur samanburður á mældu meðalhljóðstigi blaðanna sem um ræðir.

### 50 km/klst – 50 m



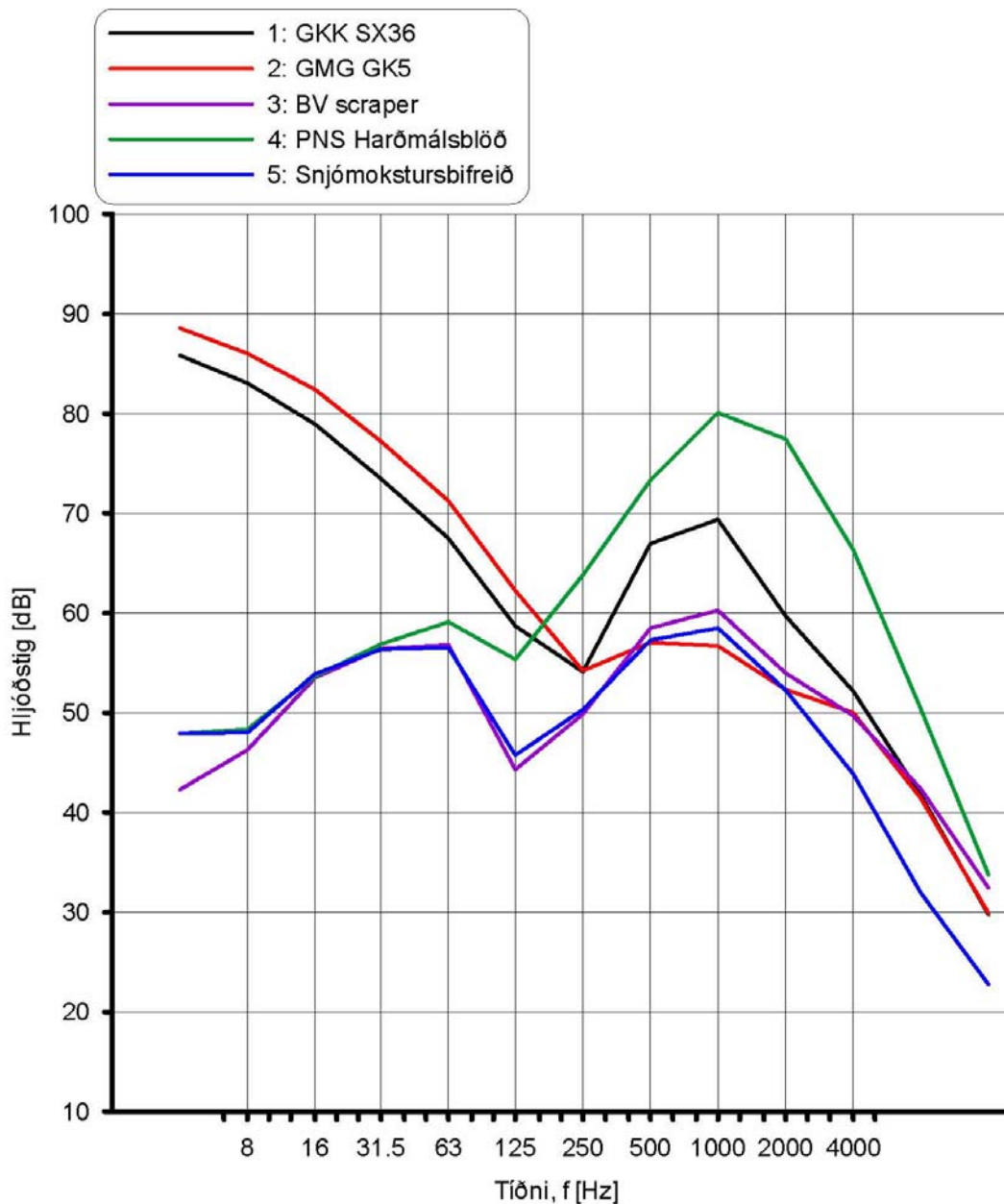
MYND 8: HLJÓÐSTIG FYRIR MISMUNANDI BLÖÐ VIÐ 50 KM/KLST OG 50 M MÆLINGAFJARLÆGD, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA.

Eins og sjá má er greinilegur hljóðstigsmunur á milli blaðanna fjögurra. Við tíðnir hærri en 125 Hz (þar sem niðurstöður frá mælidögunum tveimur eru marktækar) mælist talsverður hljóðstigsmunur milli blaðanna þar sem harðmálmsblað, nr 4, mælist með hámarksgildi 78 dB við 1000 Hz. Harðmálmsblöðin mælast með hæsta

hljóðstigið frá 180-8000 Hz og er munurinn talsverður, eða allt að 12 dB, ef miðað er við mælt hljóðstig annarra blaða.

Hljóðstig frá blaði 3, BV scraper, er afgerandi lægst og eru niðurstöður fyrir þetta slitblað sambærilegar við niðurstöður fyrir snjómokstursbifreiðina. Þá má álykta af þessum niðurstöðum að með notkun á þessari gerð blaða verður hljóðstig með minnsta mögulega móti.

## 60 km/klst – 50 m

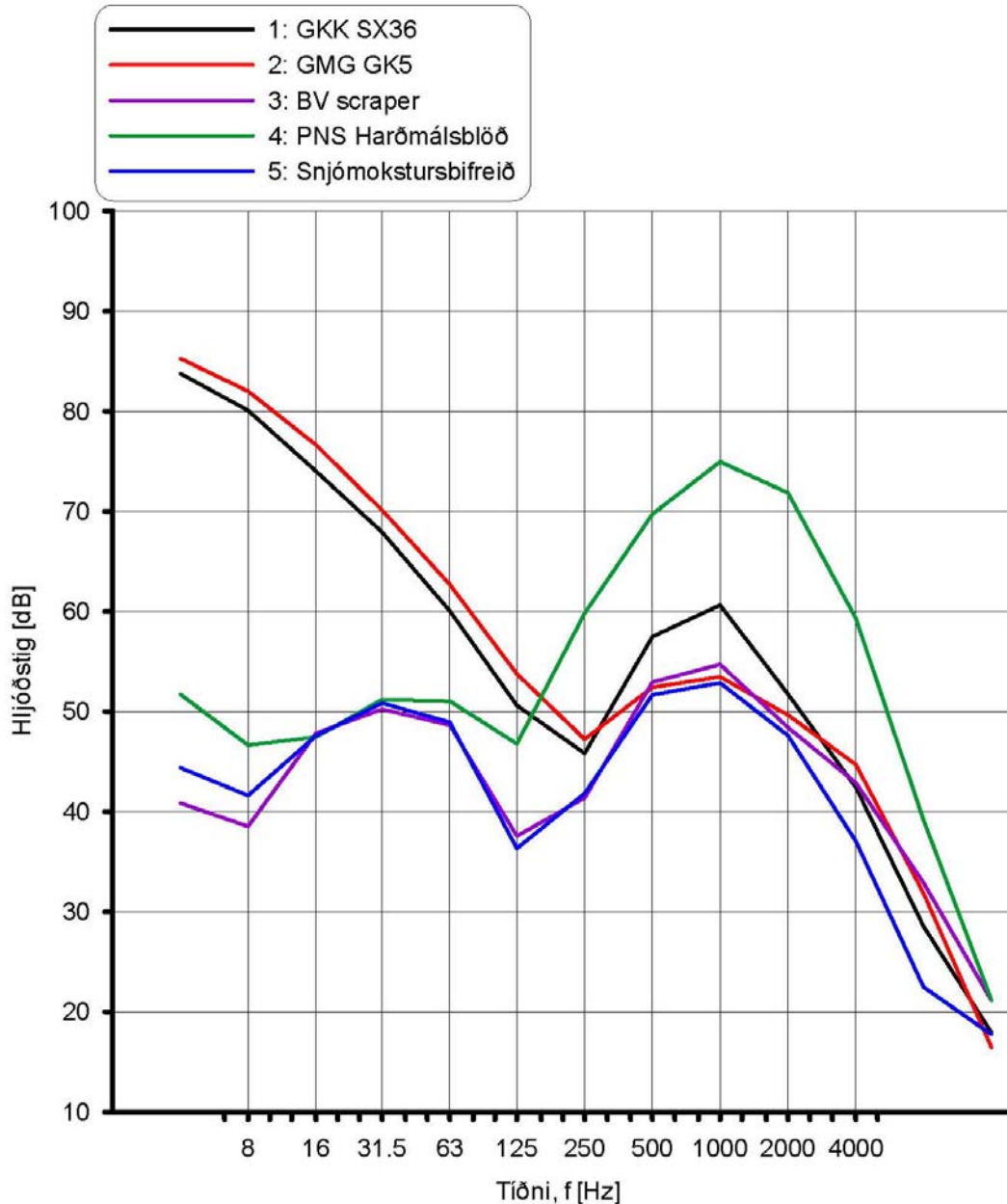


MYND 9: HLJÓÐSTIG FYRIR MISMUNANDI BLÖÐ VIÐ 60 KM/KLST OG 50 M MÆLINGAFJARLÆGÐ, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA.



Með auknum hraða, en sömu fjarlægð frá vegi, má greina sambærilegan hljóðstigsmun og tíðnieiginleika líkt og fyrir 60 km/klst og 50 m. Harðmálmsblaðið mælist hæst á tíðnibilinu 250-8000 Hz. Hljóðstig frá blaði 3, PV scraper, mælist sambærilegt við mælt hljóðstig bifreiðarinnar, þetta á þó einkum við á tíðnibilinu 16-500 Hz.

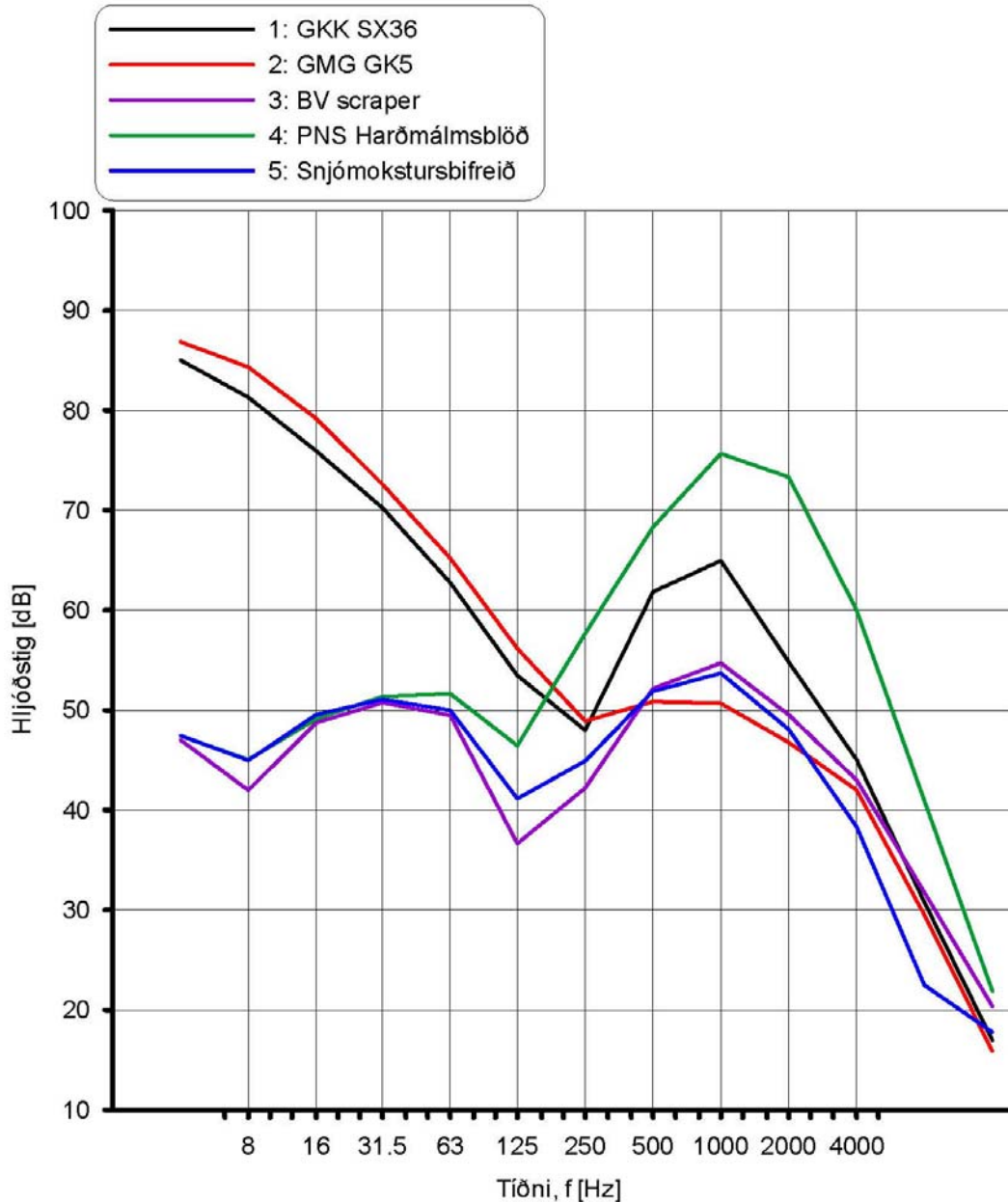
### 50 km/klst – 100 m



MYND 10: HLJÓÐSTIG FYRIR MISMUNANDI BLÖÐ VIÐ 50 KM/KLST OG 100 M MÆLINGAFJARLÆGÐ, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA.

Mælt hljóðstig og tíðnieiginleikar blaðanna fjögurra í 100 m fjarlægð frá hljóðupptökum eru með svipuðum hætti og fyrir 50 m mælingafjarlægð, sjá mynd 11. Á tíðnum hærrí en 125 Hz er hljóðstig frá harðmálmsblaði hæst. Á háum tíðnum verður munurinn milli hljóðstigs frá harðmálmsblaði og hinna blaðanna sambærilegur samanborið við þegar þegar mælt var í 50 m. Munurinn verður mestur við 1000 Hz eða allt að ~14-16 dB. Hljóðstig frá blöðum 2 og 3 og snjómokstursbifreið mælist áþekkt.

**60 km/klst – 100 m**



**MYND 11: HLJÓÐSTIG FYRIR MISMUNANDI BLÖÐ VIÐ 60 KM/KLST OG 100 M MÆLINGAFJARLÆGD, MEÐALTAL ÁTTA UMFERÐA.**

Þegar hraðinn er aukinn úr 50 km/klst í 60 km/klst má sjá sambærilega hljóðútbreiðslu. Enn á ný má sjá að á háum tíðnum er hljóðstig frá harðmálmsblaði hæst.

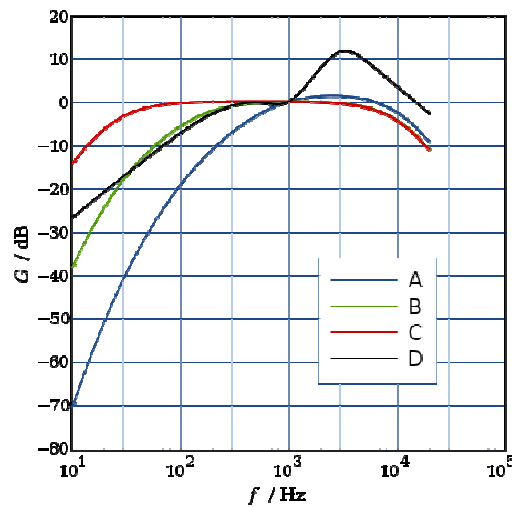
Hljóðstig fyrir blað 2, GMG GK5, á tíðnibílinu 250-8000 Hz mælist lægst og allt að 3 dB lægra en mælt hljóðstig frá bifreið. Sem fyrr er vert að taka það fram að þessar mælingar fóru ekki fram sama dag og því getur ákveðinn óvissuþáttur komið inn, þar sem ekki um nákvæmlega sömu skilyrði var að ræða. Frávikið er þó innan skekkjumarka við hljóðstigmælingar sem þessar eða innan við  $\pm 2$  dB.

## Samantekt hljóðmælingar og niðurstöður

Til þess að meta mun á mældu hljóðstigi blaðanna er hér A-vigtað hljóðstig skoðað nánar, sjá töflur 1 og 2. A-vigtun er gjarnan notuð fyrir umhverfis- og iðnaðarhávaða, þar sem lágtíðnihljóð eru síuð út í samræmi við A-gildi fyrir sérhverja tíðni, sjá mynd 13. A-vigtað hljóðstig líkir eftir næmni eyrans.

A - vigtað hljóðstig er reiknað samkvæmt jöfnu að neðan;

$$L_A = 10 \log \left( \sum_i 10^{0.1(L_i + K_i)} \right) \quad (1)$$



MYND 12: TÍÐNI – VIGTUN HLJÓÐSTIGS, A,B, C OG D, [4].

TAFLA 1: A-VIGTAÐ HLJÓÐSTIG, SAMANBURÐARTAFLA FYRIR SÉRHVERN MÆLIHLUTA

L_Aeq	Blað 1		Blað 2		Blað 3		Blað 4		Snjómokstursbifreið	
Fjarlægð [m]   Hraði [km/klst]	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
50	67,8	71,0	61,4	60,8	62,1	62,7	81,8	82,8	58,0	60,9
100	62,2	66,4	56,9	54,6	57,1	57,2	77,6	78,4	55,4	56,1

Í töflunni má greina sambærilegt mynstur og greina má á myndunum að framan, þ.e. með auknum hraða verður hljóðstig hærra eða að jafnaði um 0,1 - 4,2 dB fyrir blöð 1,3,4 og snjómokstursbifreið. Munurinn er á hinn veginn fyrir blað 2 en þar mælist hljóðstig allt að 2,2 dB lægra fyrir meiri hraða.

Þegar A-vigtuðu gildin eru skoðuð nánar með tilliti til mælingafjarlægðar kemur í ljós að hljóðstigmunur milli 50 og 100 m verður 2,6 - 5,6 dB fyrir blöðin fjögur og snjóplógsbifreið.

TAFLA 2: A-VIGTAÐ HLJÓÐSTIG, SAMANBURÐARTAFLA FYRIR SÉRHVERN MÆLIHLUTA, HÁMARKS OG LÁGMARKSGILDI AUÐKENND.

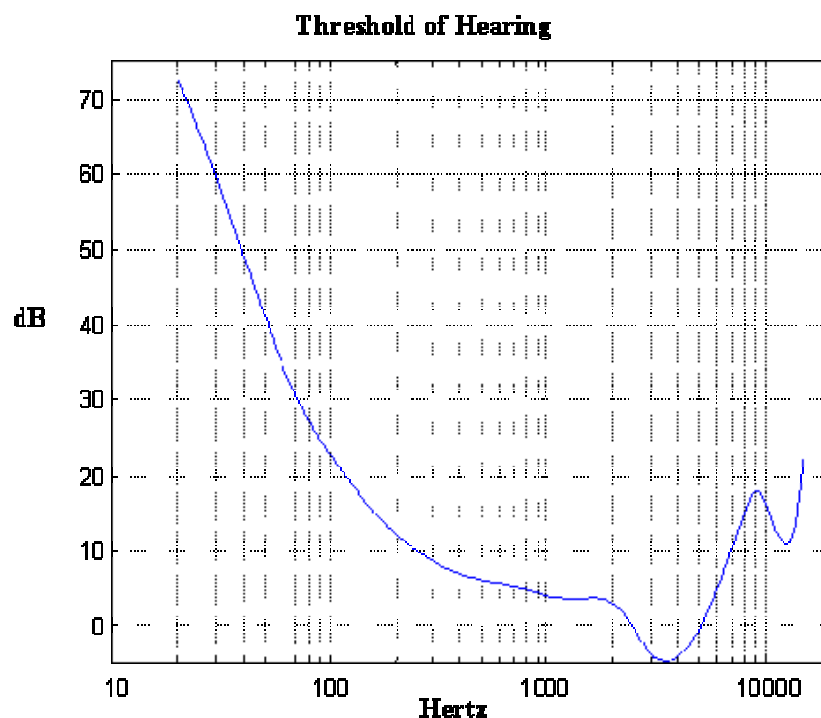
L_Aeq	Blað 1		Blað 2		Blað 3		Blað 4		Snjómokstursbifreið	
Fjarlægð [m]   Hraði [km/klst]	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
50	67,8	71,0	61,4	60,8	62,1	62,7	81,8	82,8	58,0	60,9
100	62,2	66,4	56,9	54,6	57,1	57,2	77,6	78,4	55,4	56,1

Sama tafla er sýnd að nýju þar sem hámarks- og lágmarksgildi hafa verið auðkennd. A-vigtað hljóðstig er hæst í öllum tilfellum fyrir blað 4.

## Hávaði – Almennt

Hávaði er að mörgu leiti óápreifanlegt umhverfislegt fyrirbæri. Áhrif hávaðans verða ekki með beinum hætti á umhverfið en hins vegar má segja að þegar magn og styrkur hljóðsins verður mikill, hefur hávaðinn áhrif á heyrn, heilsu og vellíðan einstaklinga. [8] Hávaði, gjarnan nefndur óæskileg hljóð, er umhverfislegt fyrirbæri sem einstaklingar eru útsettir fyrir, allt frá fósturskeiði og út allt lífið. Hávaði er því umhverfisvaldur, sem verður til við margvíslegar mannlegar athafnir. Samkvæmt þessari skilgreiningu er hávaði sérhvert hljóð, óháð hljóðstyrk, sem veldur óæskilegum lífeðlisfræðilegum og sálfræðilegum áhrifum á einstakling, á atburði og athafnir s.s. við samskipti, vinnu, hvíld, afþreyingu og svefn. [8]

Í þessu sambandi er rétt að benda á það að heyrn manna liggur á tíðnisviðinu 20-20000 Hz og er næmnin tíðniháð, sjá mynd 13. Næmnin er mest í kringum 3000-4000 Hz.



MYND 13: HEYRNAPRÖSKULDUR MANNA, FRÍSVIÐSGILDI, [3].

## Hljóðskynjun – áreiti

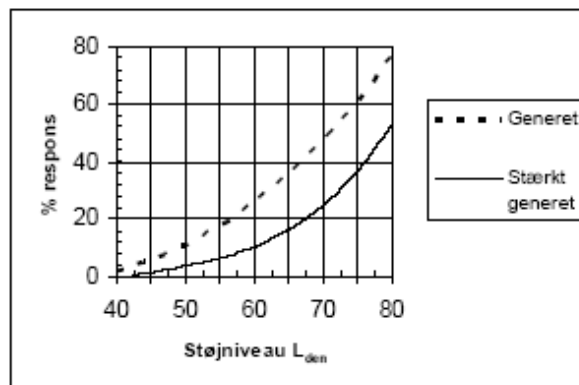
Niðurstöður rannsókna sýna með óyggjandi hætti að umferðarhávaði hefur áhrif á heilsu og heilbrigði fólks. Samkvæmt Alþjóða Heilbrigðisstofnuninni, WHO, getur hávaði valdið svefntruflunum. Hávaði getur breytt svefnmynstri í þá átt að viðkomandi vaknar oft og styttri tímabil verða með djúpum svefni. Þetta hefur áhrif á heilsu og vellíðan. Samkvæmt WHO getur umferðarhávaði aukið hættu á hjarta- og æðasjúkdómum. Manneskjur sem búa við viðvarandi hávaðaáráun hafa mælst með hærri blóðþrýsting og púls, en auk þess eykst framleiðsla streituhormóna. Upplifun af hávaða er mismunandi en flestir upplifa óþægindi tengdum umferðarhávaða. Nýjustu rannsóknir sýna fram á alvarleg áhrif á heilbrigði af völdum umferðarhávaða með

hljóðstig hærra en  $L_{Aeq} = 60-65$  dB. Margt bendir til þess að hávaði að nóttu til hafi mikil áhrif á heilsu og heilbrigði.

Áhrif hávaðans eru með mismunandi hætti. Börn, aldraðir og heyrnaskertir og þeir sem eiga í erfiðleikum með talað mál eru sérstaklega viðkvæmir. Ef börn eru útsett fyrir miklum hávaða í langan tíma t.d. ef heimili þeirra, barnaheimili eða skóli er í nágrenni við umferðarpunga götu, þá getur það haft áhrif á málproska og lesskilning. Jafnvel þegar börn eru útsett fyrir hávaða með lágan hljóðstyrk, er ákveðin hættu á að vitsmunaproski geti raskast og að honum muni jafnvel seinka. Hávaði hefur neikvæð áhrif á lærdóm barna, hvatningu og einbeitingu og hávaði getur leitt til þess að raska minni og minnka hæfileikann til þess að leysa krefjandi verkefni.

Í Danmörku er einn liður í þarlandu verkefni (*Den Nationale Vejstøjstrategi*) að meta áhrif af völdum hávaða, bæði með tillit til heilsu og kostnaðar. Þar kemur fram, með nokkurri óvissu þó, að hækkaður blóðþrýstingur og aukin tilfelli hjartasjúkdóma sem verða vegna umferðarhávaða, valda um 200-500 dauðsföllum og 2000 innlögnum inná spítala árlega.

Mismunandi tegundir af hávaða valda mismiklu ónæði og þess vegna er hver gerð hávaða og áhrif hans metin sérstaklega. Hávaðamörk sem sett eru fram, er mælikvarði á hávaðaáraun sem heilbrigðisyfirvöld í sérhverju landi meta sem ásættanleg. Almennt má segja að við leiðbeinandi hávaðamörk verði um 10-15% af fólki (þeir aðilar sem eru viðkvæmasti fyrir hávaða) fyrir miklu ónæði af völdum hávaðans. Ef hljóðstig hávaðans er lægra en leiðbeiningargildi má áætla að lítill hópur fólks upplifi hávaðann sem áraun. [5] Við rannsóknir á hávaða og áreiti er gjarnan notast við dosis-response líkan. [8]



MYND 14: DOSIS-RESPONS GRAF FYRIR UMFERÐARHÁVAÐA. VIÐ  $L_{DEN}=58$  DB VERÐA 22% FYRIR ÓNÆÐI EN 9% VERÐA FYRIR MJÖG MIKLU ÓNÆÐI [6].

## Reglugerðir

Til þess að glöggva ennfrekar á þeim niðurstöðum sem hér hafa verið birtar er nauðsynlegt að gera grein fyrir viðeigandi reglugerðarmörkum bæði hér á landi sem og í nágrannalöndunum. Íslensk viðmið úr *Reglugerð um hávaða* eru sett fram en auk þess eru reglugerðarviðmið frá Danmörku sýnd til samanburðar.

Í reglugerð um hávaða, nr.724/2008 er að finna mörk vegna umferðar ökutækja. Eftirfarandi tafla sýnir mörk fyrir mismunandi tegundir húsnæðis, sem jafngildishljóðstig vegið tímaháð yfir sólarhringinn. Í reglugerðinni eru eftirfarandi viðmiðunarmörk gefin upp, sjá töflu 3.

TAFLA 3: HÁVAÐAMÖRK VEGNA UMFERÐAR, JAFNGILDISHJÓÐSTIG YFIR SÓLARHRING,  $L_{Aeq24}$

Tegund húsnæðis	Mörk vegna umferðar ökutækja (ádu) $L_{Aeq24}$
	Við húsvegg
Íbúðarhúsnæði á íbúðarsvæðum	55
Íbúðarhúsnæði á verslunar-, þjónustu- og miðsvæðum	65
Dvalarrými á þjónustustofnunum þar sem sjúklingar eða vistmenn dvelja yfir lengri tíma	55*
Frístundabyggð	45
Leik- og grunnskólar	55*

\*Hávaði utan við húsvegg má vera meiri ef tryggð er bein aðfærsla útilofts um hljóðgildrur.

Í Danmörku er notaður hávaðavísirinn  $L_{den}$ , þar sem *den* stendur fyrir day, evening, night. Með þessu móti fær umferð að nóttu og kvöldi til aukið vægi, þar sem að jafnaði er minni umferð en á sama tíma veldur hún meiri truflun samanborið við daginn. Á þennan hátt er hávaði veginn að deginum, kvöldi og nóttu til, þar sem refsigildi 5 dB leggst við gildið að kvöldi til en 10 dB að nóttu til. Refsigildið fyrir kvöld, 5 dB, samsvarar að sérhver ferð að kvöldi til hefur sama vægi og 3,16 ferðir að degi til en 10 dB í refsingu samsvarar 10 bílferðum að deginum til. Tilgangurinn er að taka sérstaklega tillit til næmni og truflunar af völdum hávaðans að kvöldi og nóttu til. Með þessum hætti fæst betri mynd að hávaðaáráun og hljóðskynjun mannsins þar sem hávaði að kvöldi og nóttu til hefur sérstaklega mikil áhrif á heilbrigði. Tímabilin sem um ræðir eru Dagur; 07-19, Kvöld; 19-22, Nótt; 22-07. Jafna 2 lýsir sambandi mælds dag, kvöld og næturgildis og  $L_{den}$ :

$$L_{DEN} = 10 \log \left( \frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 9 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}}}{12} \right) \quad (2)$$

Leiðbeinandi hávaðamörk fyrir umferðarhávaða í Danmörku,  $L_{den}$  má sjá í töflu 4 hér að neðan.

TAFLA 4: DÖNSK LEIÐBEINANDI HÁVAÐAMÖRK FYRIR UMFERÐARHÁVAÐA, [6].

Svæði	Hávaðamörk
Tómstundarsvæði í opnu landi, sumarhúsabyggð, tjaldsvæði og þvíumlíkt	$L_{den}=53$ dB
Íbúðarsvæði, dagheimili, leikskóla og kennsluhúsnæði, elliheimili, spítalar. Að auki græn svæði, svæði utandyra, garðar og þvíumlíkt	$L_{den}=58$ dB
Hótel, skrifstofubyggingar	$L_{den}=63$ dB

Samband  $L_{den}$  og  $L_{A,eq, 24\text{ klst}}$  er óljóst og breytilegt milli tilfella en þó má segja að þegar hávaði er stöðugur yfir sólarhringinn þá gildi sambandið  $L_{den} \sim L_{A,eq, 24\text{ klst}} + 6,4$  dB. Sambandið verður flóknara þegar hljóðstig er mismunandi yfir sólarhringinn, [7]. Það sem flækir ennfrekar sambandið er að  $L_{den}$  og  $L_n$  er skilgreint sem meðalargildi við góð veðurskilyrði. Auk þess má nefna að núverandi mælingarstaðlar, til dæmis fyrir umferðarhávaða, gera ráð fyrir hægum meðvindi. Þetta þýðir að með stutttri fjarlægð frá hljóðupptökum og þekktri umferðardreifingu, er mögulegt að reikna  $L_{A,eq,24\text{klst}}$  yfir í  $L_{den}$  með fullnægjandi nákvæmni.

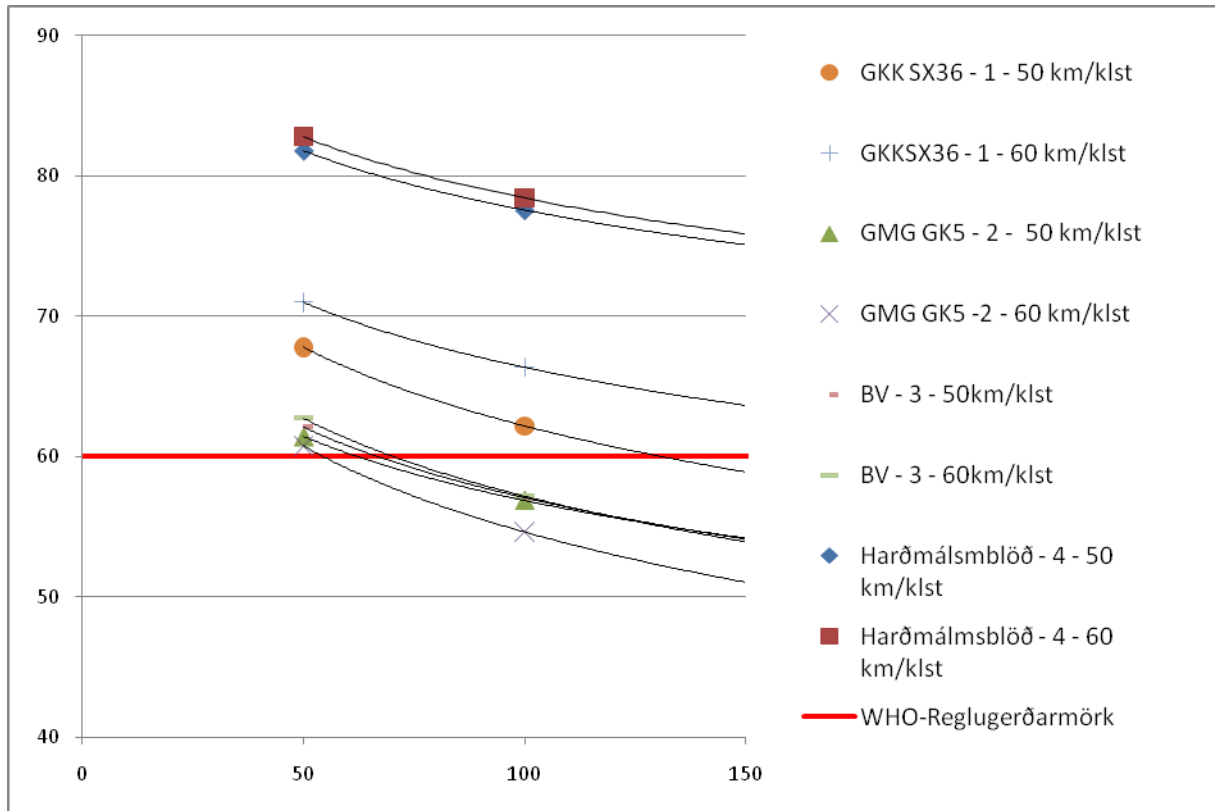
Við samanburð á þessum tveimur hávaðavisum sem notaðir eru hérlandis og í Danmörku má sjá að réttari mynd fæst vegna hávaðaáreitis í Danmörku þar sem tekið er tillit til tíma sólarhringsins. Með því að notast við jafngildishljóðstig  $L_{A,eq}$  eins og gert er á Íslandi, þá getur slíkt gefið ranga mynd af raunverulegri hávaðaáraun, t.d. þegar hljóðorkan er mikil og varir í stuttan tíma líkt og í þessu tilfelli þar sem mældur er hávaði frá snjóplógsbifreið.

Snjóplógun á vegum Vegagerðarinnar fer gjarnan fram snemma á morgnanna eða seint á kvöldin, og þar sem hljóðstig frá snjómoksturstæki er hátt en varir í stuttan tíma, þá má segja að viðmiðunargildi reglugerðar í Danmörku lýsi og eigi betur við hávaðaáraun frá akstrinum. Vert er að taka það fram að akstur snjóplógstækja þarf að vera talsvert mikill svo áhrifin séu greinileg þegar hávaðavisarnir  $L_{A,eq, 24\text{ klst}}$  og  $L_{DEN}$  eru notaðir. Í þessu sambandi er því réttast að líta á hámarks-leyfileg gildi til þess að meta raunverulega hávaðaáraun.

## Samanburður – niðurstöður mælinga & reglugerðarviðmið

Hér eru til umfjöllunar niðurstöður mælinganna og þær bornar saman við viðmið sem sett hafa verið fram. Rétt er í þessu sambandi að miða við hámarks-viðmiðunargildi (e.max-values) til þess að meta hávaðaáraun frá þeim hljóðgjafa sem hér er mældur og metinn. Niðurstöður mælinganna sem framkvæmdar voru eru settar fram sem jafngildishljóðstig yfir það tímabil sem mælt var í hverri umferð, þ.e. rétt um 20 sekúndur,  $L_{eq,20\text{ s}}$ . Þar sem mælitímabilið er stutt, má með ákveðnum nálgunum, gera ráð fyrir að mæligildið samsvari hámarksgildi. Sankvæmt upplýsingum frá Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni, WHO, er hætt við því að einstaklingar vakni af svefni ef hávaði nær  $L_{A,max}=45$  dB. Að sama skapi er gjarnan notað sem viðmið að hljóðstig er um 15 dB lægra innan dyra, við opinn glugga, samanborið við hljóðstig utandyra.

Út frá þessum nálgunum er hér sett fram viðmið,  $L_{A,eq}=60$  dB, einungis til þess að gefa ákveðna hugmynd um leiðbeinandi gildi, niðurstöður þessarra mælinga og samanburð á þessu tvennu.



MYND 15: NIÐURSTÖÐUR HLJÓDMÆLINGA, HLJÓÐSTIG  $L_{Aeq}$  SEM FALL AF FJARLÆGÐ FRÁ HLJÓÐUPPTÖKUM.

Á mynd 15 má sjá niðurstöður mælinganna ásamt leiðbeinandi viðmiðunargildi, gildandi utandyra frá Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni. Á myndinni má sjá að fjarlægð milli íbúðarbyggðar og hljóðupptaka þarf að vera að lágmarki 70 m til þess að hljóðstigið trufli ekki nætursvefn, þetta gildir fyrir blöð 3 (BV, 50 og 60 km/klst) og blöð 2 (GMG GK5, 50 km/klst og 60 km/klst). Fjarlægðin þarf hins vegar að vera tæplega 2 km í tilfelli háværa blaðsins, harðmálmsblaðsins. Fjarlægðin þarf að vera u.þ.b. 130 m þegar notað er blað 1, GKK SX36– 50 km/klst en tæplega 260 m fyrir blaðið þegar hraðinn er aukinn í 60 km/klst.

Hafa skal í huga að hér er beitt ýmsum nálgunum og ályktanirnar ekki nákvæmar heldur einungis ætlaðar til þess að gefa ákveðna hugmynd um hvernig túlka megi niðurstöðurnar og bera saman við viðmiðunargildi fyrir hávaðaáreiti og nætursvefn.

## Ónæði og titringur ökumanna

Ónæði og titringur ökumanna sem aka ýmisskonar plógstækjum eru flóknir en titringurinn verður í mörgum tilfellum ýmist fjölása hreyfing (e. multiaxis translation) eða með hverfissnúningi (e. rotational vibration) sem hefur áhrif á mismunandi hluta líkamans. Þegar einstaklingur vinnur við slíkar aðstæður mun viðkomandi finna fyrir líkamlegri þreytu ásamt öðrum ökutengdum áhættum. Í niðurstöðum rannsóknar sem framkvæmd var á Indlandi, [9], má sjá að með notkun á mismunandi búnaði á ökutæki, mátti greina tölfraðilega marktækan mun. Áhrif undirlagsins sem keyrt var um, sýndi hins vegar ekki fram á marktækan mun. Ökumenn tækjanna eru útsettir fyrir titringi sem hefur áhrif á allan líkamann en hreyfingin er háð búnaði á ökutæki, hraða ökutækis og



ástandi undirlagsins. Aðrar rannsóknir sýna fram á að öikumenn stórra öikutækja hafi í sumum tilfellum breytilegt líkamshitastig og óreglulegan blóðþrýsting (e. diastolic blood pressure), og að viðbragðstími aukist eftir langan tíma við keyrslu. Jafnframt hefur verið sýnt fram á að við titring frá ákveðnum búnaði og öikutækjum getur titringurinn fallið saman við viðkvæmar eigintíðir líkamans og líffæri hans. Í einhverjum tilfellum kvörtuðu öikumenn undan óþægindum við mænu, þá sérstaklega við mjóhrygg. Þá kvörtuðu öikumenn einnig undan magaverkjum og auk þess verða auknar líkur á gyllinæð. [9]

Búnaður fyrir plógvélar ætti að vera hannaður með það að markmiði að minnka streitu við hvaða undirlag sem er. Sæti öikumannsins skiptir hér einnig máli þar sem æskilegt er að þau séu einangruð gagnvart titringi en sjálft öikumannshúsið og fyrirkomulag þess vinnuvistfræðilega ætti að vera hannað. [9]

Í allmörgum rannsóknarverkefnum er sýnt fram á samband titrings og þreytu en sambandið hefur í sumum tilfellum verið sýnt án viðamikilla rannsókna og gjarnan þar sem áhrifin eru sýnd með óáræðanlegum sönnunum, [10]. Rannsóknir sem sýna fram á samband milli titrings og þreytu eru ákaflega flóknar og einungis virðast takmarkaðar rannsóknir hafa verið framkvæmdar. Samt sem áður má segja að í nokkrum rannsóknum er sýnt fram á samhengi milli þreytu og ákveðins lágtíðni titrings, en það er einkum sá titringur sem bílstjórar stórra öikutækja finna fyrir. Í sumum rannsóknum má finna samband milli heildar-titrings (e. whole-body vibration) og áhrifa hans á mismunandi hluta líkamans. Áhrif titrings á neðri hluta baks og mænu hafa verið ítarlega rannsökuð og skráð. Áhrif titrings á meltingarkerfi líkamans hafa að litlu leyti verið rannsökuð en hins vegar eru áhrifin á meltingu greinileg.

Rannsóknarniðurstöður, hvort sem er á verkstað eða tilraunastofu, sýna fram á samhengi milli lág-tíðni titrings (3 Hz) og aukins álags og þreytu. Þetta hefur í för með sér ákveðna vísbendingu fyrir bílstjóra stórra öikutækja sem iðulega verða fyrir titringi á þessu tíðnibili við akstur. Titringur hefur áhrif á, og getur jafnvel breytt efnaskiptum líkamans sem getur leitt til þreytueinkenna.

Tíðni titrings sem hefur áhrif á allan líkamann liggur gjarnan á bilinu 0,4-2,0 m/s<sup>2</sup> við lóðréttu hreyfingu, z-ás. Lóðréttur titringur verður hæstur á tíðnibilinu 2-4 Hz þegar ekið er stórum öikutækjum, [10].

## Staðan í Evrópu – Framtíðarhorfur

Umferðarhávaði er sá hávaði sem er hvað áhrifamestur fyrir húsnæði fólks hvort sem er innan eða utandyra, í rýmum sem snúa að umferðargötum, á svölum, á leiksvæðum og gördum. Í rannsókn sem gerð var í Danmörku árið 1993 kemur fram að 485.000 heimili hafa hljóðstig frá umferðarhávaða yfir 55 dB(A), en þetta svaraði til um 18-20 % allra heimila í Danmörku, þegar rannsóknin var gerð.

**TAFLA 5: FJÖLDI HEIMILA Í DANMÖRKU SEM ERU ÚTSETT FYRIR HLJÓÐSTIGI YFIR 55 DB(A) VEGNA UMFERÐAR OG FLUGHÁVAÐA, UPPLÝSINGAR FRÁ UMFERÐARRÁÐUNEYTI DANMERKUR (MINISTRY OF TRANSPORT, DENMARK), [8].**

Hávaði [dB(A)]	Umferðarhávaði	Flughávaði
55-59	175.000 (36%)	25.000 (62.5%)
60-64	165.000 (34%)	12.000 (30%)
65-69	110.000 (23%)	3.000 (7,5%)
>70	35.000 (7%)	0
Heild	485.000*	40.000

\*Tölur líklega vanáætlaðar.

Samkvæmt upplýsingum frá Evrópusambandinu sýna rannsóknir undanfarin 15 ár, að takmarkaðar framfarir eða betrubætur hafi átt sér stað hvað varðar hávaðaárun frá umhverfi og þá sérstaklega frá umferð. Sá hluti íbúa sem verður fyrir hávaðaárun yfir 65 dB(A) er sem fyrr stór og í mörgum vestrænum ríkjum Evrópu virðist hljóðstig hækka með tímanum vegna aukinnar umferðar.

Þróunin í Danmörku virðist einnig vera sú að það tímabil yfir sólarhringinn þar sem umferðarhávaði mælist hár hefur lengst. Áður mátti segja að tímabilið frá 08:00-18:00 hafi verið það hávaðamesta, en upplifunin er sú núna, að á kvöldin og um nætur virðist hljóðstig hafa hækkað. Þrátt fyrir að tækninni fleygi áfram í þróun á ökutækjum þá vegur fjölgun ökutækja upp á móti lægra hljóðstigi frá sérhverju ökutæki. [8]

## Niðurstöður

- Samanburðarhæfar niðurstöður fengust í öllum tilfellum fyrir tíðnisviðið 63-8000 Hz og tilgangi mælinganna náð þar sem markmiðið var að meta hávaðaáraun frá mismunandi tegundum blaða.
- Með auknum hraða snjómokstursbifreiðar mældist hljóðstig hærra. Með aukinni mælingafjarlægð mældist hljóðstig lægra, eins og búast mátti við.
- Tíðnieiginleikar koma bersýnilega í ljós fyrir sérhvert tilfalli, þar sem í flestum tilfellum verður hágildi við 1000 Hz, eins og fyrir hefðbundinn umferðarhávaða.
- Af niðurstöðum hljóðmælinga má sjá að A-vigtað hljóðstig verður hæst fyrir harðmálsblað í öllum mælitilfellum.
- Að sama skapi má sjá að hljóðstig verður lægst fyrir blað 2.
- Hljóðáraun hefur áhrif á heilsu fólks. Reglugerðarviðmið í sérhverju landi eru gjarnan fengin út frá dosis-respons grafi, þar sem oft er miðað við að þar sem 10-15% fólks verði fyrir ónæði af völdum hávaðans marki reglugerðarviðmið.
- Hávaðamörk í Danmörku og víða annars staðar í Evrópu er gefin upp sem  $L_{den}$  en á Íslandi  $L_{A,eq,24klst}$ . Með hávaðavísunum, þar sem tekið er tillit til tíma sólarhrings, og gefa þeir almennt betri mynd af raunverulegri hávaðaáraun.
- Rannsóknir sýna með afgerandi hætti áhrif hávaða á umhverfi og fólk. Í alvarlegustu tilfellunum má greina bein orsök milli hávaðaáraunar og heilsufarslegra óþæginga sem og auknar líkur á alvarlegum sjúkdómum.
- Áhrif titrings á öikumenn stórra ökutækja eru sett fram. Í ákveðinni rannsókn sem vísað er til, kemur fram að búnaður á ökutæki hefur meiri áhrif á titring ökutækisins en t.d. gerð undirlags og hraða ökutækis. Í allnokkrum rannsóknum eru sýnd áhrif þreytu og titrings.
- Hávaði í umhverfi virðist vera sívaxandi vandamál á Norðurlöndum og víðar í Evrópu og heiminum. Með auknu umferðarmagni og lengingu þess tímabils þar sem umferðarhávaðinn er viðvarandi virðist hávaðinn magnast þrátt fyrir að ökutækin sjálf séu orðin hljóðlátari en áður.

## Lokaorð

Hér hefur verið farið yfir helstu niðurstöður á hljóðstigmælingum sem framkvæmdar voru fyrir Vegagerðina á nokkrum gerðum slitblaða fyrir snjóplógstæki. Mælingarnar sýna fram á hvaða gerð slitblaða er háværst sem og þau sem mynda lægst hljóðstig.

Sýnt hefur verið fram á áhrif hávaða á heilsu fólks, jafnt í nánasta umhverfi og áhrif hans og titrings á heilsu og vellíðan ökumanna stórra ökutækja. Í þeim rannsóknum sem vísað er í, hefur verið sýnt fram á með greinilegum hætti hversu mikilvægt er að velja og skoða þá kosti sem í boði eru til þess að lágmarka hávaða í umhverfi fólks sem og að stuðla að bættu vinnuumhverfi bílstjóra.

## Heimildaskrá

1. Daníelsson, Ólafur. Rannsóknarverkefni; **Samanburður á mældu hljóðstigi fyrir sumardekk, vetrardekk og nagladekk**. Línuhönnun, Reykjavík. 2008.
2. Jacobsen Finn, Paulsen Torben, Rindel JH, Gade AC, Olrich Mogens. **Fundamental of Acoustics and noise control**. Technical University of Denmark, Orsted, 2005.
3. [http://www.sciencebuddies.org/mentoring/project\\_ideas](http://www.sciencebuddies.org/mentoring/project_ideas)
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/A\\_weighting](http://en.wikipedia.org/wiki/A_weighting)
5. <http://www.mst.dk>
6. **Støj fra veje**. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen. Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr.4 2007.
7. **Lydforhold i bygninger, Lydklasser for ulike bygningstyper**. Acoustic conditions in buildings, Sound classification of various types of buildings. Norsk Standard, NS 8175:2008.
8. **Health effects of noise on children and perception of the risk of noise**. Report from a project coordinated by the National Institute of Public Health Denmark. Edited by Marie Louise Bistrup. Kaupmannahöfn 2001.
9. Muzammil M., Siddiqui S.S., Hasan F. **Psychological Effect of Vibrations on Tractor Drivers under variable Ploughing Conditions**. Department of Mechanical Engineering, Ergonomics Laboratory Faculty of Engineering & Technology, Aligarh Muslim University, India.2004
10. Mabbott N., Foster G., McPhee B. **Heavy Vehicle Seat Vibration and Driver Fatigue**. Department of Transport and Regional Services Australian Transport Safety Bureau. July 2001.