

Mürataseme mõõtmine

Tehniline meetod, mis põhineb Nordtest meetodil 039, NT ACOU 039.

1. Meetodi eesmärk

Nordtest Method 039, NT ACOU 039 (edaspidi *Nordtest meetod*) on välisõhus leviva liikluse müra taseme mõõtmise meetod kindlaksmääratud liiklus- ning keskkonnatingimustes. Meetod vastab ISO tehnilise meetodi 2. klassile.

Mõõtmisel Nordtesti meetodi kohaselt saadakse helirõhutaseme summaarne A-korrigeeritud ekvivalent. Meetod võimaldab mõõta ka maksimaalset korrigeeritud helirõhutaset ja helirõhku oktaavribades ning teha mõõtmisi samal ajal mitme mikrofoniga.

2. Meetodi rakendusala

Kui liikluse müra taseme arvutuslikud tulemused ei iseloomusta olukorda piisavalt, võib lisaks mõõta liikluse müra taset Nordtesti meetodi kohaselt. Näiteks keeruliste topograafiliste tingimuste korral, kui mõõtmise alal on liikluse müra peegeldavaid takistusi (müratõkked, hooned jne).

Meetodit rakendatakse müra leevendusmeetmete tõhususe ja välisõhus leviva müra helirõhu taseme normtasemele vastavuse hindamisel.

Nordtesti meetodiga mõõdetud ja Nordic Prediction-meetodiga arvatud liikluse müra tasemed peaksid olema üldjuhul sama olukorra kirjeldamiseks võrdsed. Mõõtmistulemused on võrreldes arvutuslikega kõrgemad juhul, kui kontrollitav punkt on teest kaugel ja mõõtmised tehakse atmosfäärist tingitud madalamal refraktsioonil, kui meetodis on ette nähtud.

Meetodiga ei saa määrata aasta keskmist liikluse müra taset.

Nordtesti meetodi kasutamisel tuleb väikese liikluse müra teedel mõõta liikluse müra pikema aja jooksul.

Märkus 1: punktis 15 on esitatud andmed teekatte mõjust liikluse müra helirõhu tasemele.

Märkus 2: kui mõõta müra sumbuvalt tõketesse, on eelistatult soovitatav kohaldada Nordtesti meetodis sätestatud nõudeid ilmastikutingimuste kohta, sest need esitavad väiksemaid piiranguid kui teiste meetodite nõuded.

3. Meetodi koostamisel kasutatud dokumendid

Nordtesti meetodi koostamisel on olnud aluseks järgmised dokumendid:

- 3.1. Nordtest Method NT ACU 056, Road Traffic: Measurement of noise immission. Survey method.
- 3.2. IEC Publication 60942, Sound calibrators.
- 3.3. IEC Publication 61672, Electroacoustics – Sound level meters.
- 3.4. IEC Publication 61260, Octave-band and fractional octaveband Filters.
- 3.5. ISO 3207 – Statistical interpretation of data – Determination of a statistical tolerance interval.
- 3.6. prEN ISO 10052, Acoustics – Field measurement of airborne and impact sound insulation and of equipment sound – Survey method.
- 3.7. TemaNord 1996:525, Road Traffic Noise, Nordic Prediction, Method, Nordic Council of Ministers 1996.

4. Meetodis kasutatavad valemid

Punktides 4.1–4.4 on esitatud valemid, mida kasutatakse korrigeerimata lineaarse helirõhutaseme kohta. Need kehtivad ka A-korrigeeritud oktaavriba või kolmandiku oktaavriba helirõhutaseme kohta.

Märkus: üldiste valemite korral ei ole kasutatud A-korreksiooni tähist.

4.1. Helirõhutase L_p arvutatakse valemiga (1):

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (1), \text{ kus}$$

p – ruutkeskmise helirõhk [Pa],

p_0 – standardhelirõhk, 20 μ Pa.

4.2. Pideva ühtlase heli helirõhutase ning ajas muutuva heli ruutkeskmise helirõhutase teatud aja jooksul on võrdsed ja ekvivalentne helirõhutase $L_{eq,T}$ arvutatakse valemiga (2):

$$L_{eq,T} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \quad [dB] \quad (2), \text{ kus}$$

$L_{eq,T}$ – ekvivalentne helirõhutase aja T jooksul ajavahemikus t_1 kuni t_2 [dB],

$p(t)$ – helirõhu hetkeline väärtus [Pa],

p_0 – standardhelirõhk, 20 μ Pa.

4.3. Heli kokkupuudetase detsibellides, L_E arvutatakse valemiga (3):

$$L_E = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \quad [dB] \quad (3), \text{ kus}$$

$p(t)$ – helirõhu hetkeline väärtus [Pa],

p_0 – standardhelirõhk, 20 μ Pa,

$t_2 - t_1$ – piisavalt pikk ajavahemik, mis iseloomustab kõiki olulisi mööduvate sõidukite tekitatud heli parameetreid [s],

t_0 – standardajavahemik, 1 s. Ajavahemik, mille jaoks on helirõhk korrastatud ja keskmistatud, et määrata hinnatud ekvivalentne müratase, mida võrreldakse müra normtasemega.

Märkus: standardajavahemik võib olla pikem mõõtmise ajal toimunud mürasündmuse kestusest.

4.4. Mõõtmiseks sobivad ilmastikutingimused valitakse nii, et nendest põhjustatud määramatus muudab mõõtmistulemusi vähe.

4.5. Normaliseeritud heli levikutee kõverus, k [1/km], on atmosfääri refraktsioonist tingitud heli levikutee kõverusraadiuse pöördväärtus kilomeetri kohta, kui R on avaldatud meetrites:

$$k = \frac{1}{R} 10^3 \left[1/\text{km} \frac{1}{\text{km}} \right] \quad (4).$$

4.6. Määramatus

Müra mõõtmistulemuste asümmeetrilise jaotuskõvera puhul peab usaldusnivoo olema vähemalt 95%.

5. Müra mõõtmine

Liikluse müra mõõdetakse punktides 5.1–5.4 kirjeldatu kohaselt. Kogu müraolukorra kirjeldamisel lühiajalise mõõtmisega peab mõõtmise kestus olema vähemalt 10 minutit.

Müra tekkekoha õhutemperatuuri esindusliku näidu leidmiseks tuleb seda mõõta regulaarselt. Tuule kiiruse ja suuna ning õhuniiskuse esinduslike näitajate saamiseks järgida punkti 8.3 nõudeid.

Müra mõõtjal on soovitatav stabiilse, moonutamata ja taustamüra häiringuta signaali edastamiseks mõõteseadmesse kuulata mõõtmise ajal mõõdetavat mürasignaali kõrvaklappidega. Häireid võib tekitada näiteks elektriväli.

Müra mõõtmised sagedusribas hõlmavad oktaavribasid 63 Hz –4000 Hz või kolmandik-oktaavribasid 50 Hz–5000 Hz.

Liikluse müra iseloomustamiseks võib müra mõõta pidevalt kogu vajaliku perioodi jooksul või pikemaajalist perioodi esinduslikult iseloomustava lühema aja jooksul.

5.1. Ekvivalentse mürataseme mõõtmine

5.1.1. Pidevmõõtmine

Ekvivalentset mürataset võib mõõta pidevalt teatud aja jooksul, näiteks 24tunnist ekvivalentset mürataset $L_{Aeq, 24h}$ 24tunnise mõõtmisega.

Kui mürataset mõõdetakse päeval, õhtul ja öösel eraldi, leiatakse $L_{Aeq, 24h}$ valemiga (5):

$$L_{Aeq, 24h} = 10 \log \frac{1}{T} \left(\Delta t_d 10^{\frac{L_d}{10}} + \Delta t_e 10^{\frac{L_e}{10}} + \Delta t_n 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \quad (5), \text{ kus}$$

$T =$ etteantud ajavahemik $= \Delta t_d + \Delta t_e + \Delta t_n = 24$ tundi,

L_d, L_e on L_n on ekvivalentne müratase päeval (mõõtmise kestus Δt_d tundi), öhtul (Δt_e) ja öösel (Δt_n).

Märkus: kui hinnatakse inimeste müratundlikkust ööpäeva erinevatel perioodidel, leitakse müraindikaator L_{den} valemiga (6):

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{T} \left(\Delta t_d 10^{\frac{L_d}{10}} + \Delta t_e 10^{\frac{L_e+5}{10}} + \Delta t_n 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \quad (6).$$

5.1.2. Perioodiline mõõtmine

Pidevmõõtmise alternatiivina võib liikluse müratase $L_{Aeq, T}$ mõõta perioodiliselt. Sel juhul tuleb mõõta nii kaua, et on tagatud piirkonnale iseloomulik sõidukite müra salvestamine ning välistatud üksikute sõidukite eripärase põhjustatud mürataseme kõikumised. Mõõtmise kestus on liikluse iseloomust ja vajalikust mõõtetäpsusest (vaata punkti 9.3). Mõõtmise ajal tuleb loetleda eraldi iga kategooria sõidukid ja hinnata nende keskmist kiirust juhuslikult valitud sõidukite kiiruse mõõtmisega.

Märkus 1: sõidukite kategooriad on käesoleva meetodi mõistes: kerged sõidukid (A- ja B-kategooria sõidukid) ja rasked sõidukid (C- ja D-kategooria sõidukid).

Märkus 2: punktis 12 esitatud valem eeldab, et mõõtmise ajal iseloomustavad liiklus- ja sõidutingimused piirkonda esinduslikult. Keskmise liikluse müra iseloomustamiseks ei ole soovitatav mõõtmisi teha tiip tundidel.

Väikese liikluse sagedusega teede korral tuleb asetada müra mõõtmise mikrofoni tee lähedale ja mõõta üksiku sõiduki möödasõidul tekkiv müratase L_{AE} ning arvutada $L_{Aeq, T}$ valemiga (7). Minimaalselt tuleb mõõta igas sõidukikategoorias 30 sõiduki müra.

$$L_{Aeq, T} = 10 \log \frac{1}{T} \left\{ \sum_i n_i \cdot 10^{\frac{\overline{L_{AE, i}}}{10}} \right\} \quad (7), \text{ kus}$$

$T =$ etteantud ajavahemik [s],

$t_0 =$ standardajavahemik, 1 s,

$\overline{L_{AE, i}} =$ mööduva sõiduki põhjustatud keskmine müra kokkupuutetase sõidukikategooria i kaupa [dB],

$n_i =$ i kategooria sõidukite arv etteantud ajavahemiku T jooksul.

5.2. Maksimaalse mürataseme mõõtmine

Päevase ja öise maksimaalse liikluse müra tasemed võivad olla võrdsed. Kui öise liikluse maksimaalne müratase erineb päevasest, tuleb maksimaalne müratase mõõta ka öösel.

Keskmine maksimaalne müratase erineb sõltuvalt sõiduki kategooriast ning sõidukite individuaalsetest erinevustest, kiirusest ja sõidu iseloomust. Maksimaalne müratase määratakse vähemalt 30 igasse kategooriasse kuuluva sõiduki müra mõõtmisega.

Märkus 1: kui ei ole võimalik salvestada 30 mööduva sõiduki põhjustatud müra, tuleb valemis (8) kasutada punktis 14 esitatud standardhälbe valemeid.

Märkus 2: mööduva sõidukite grupi maksimaalse mürataseme määramisel on oluline eristada erineva sõidukite arvuga ja kategooriaga grupe.

Normaaljaotusega helirõhu tasemete 5. protsentiili võib leida valemiga (8), $L_{AFmax, avg}$ (aritmeetilise) keskmise ja maksimaalse mürataseme mõõtmise standardhälbe s alusel:

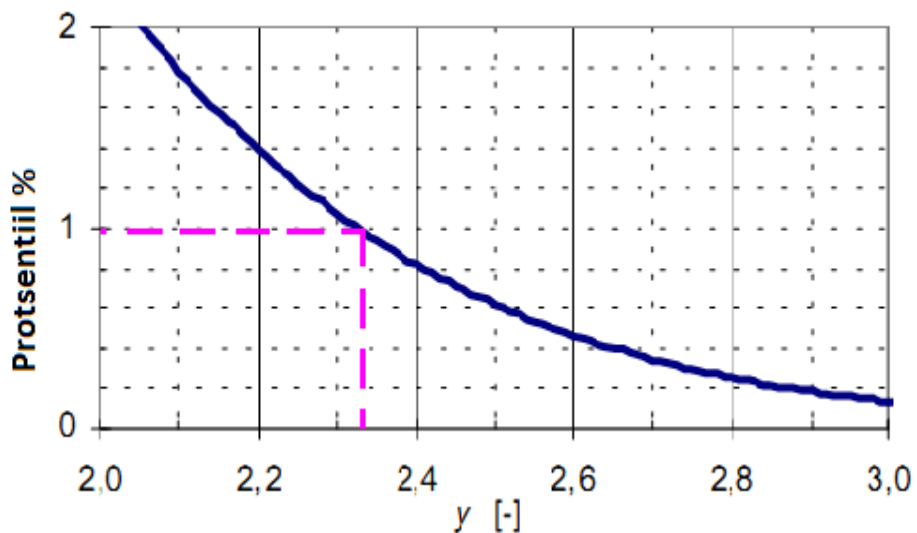
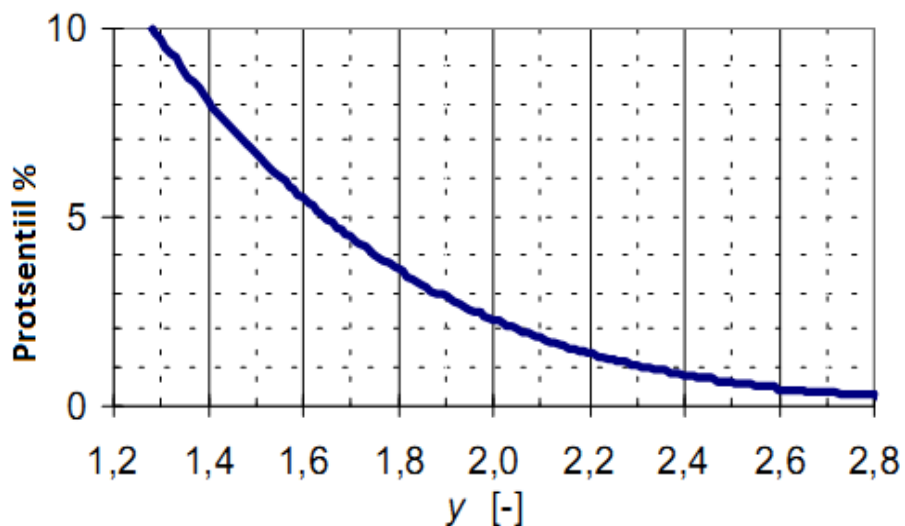
$$L_{AFmax, 5\%} = L_{AFmax, avg} + 1,65 s \quad (8).$$

Märkus 3: kui ilmastikutingimustest põhjustatud standardhälve σ_m (vaata punkti 8.3) on oluline, tuleb see lisada ning valemis (8) tuleks standardhälve s asendada s_r -ga:

$$s_r = \sqrt{s^2 + \sigma_m^2}$$

Teisi normaaljaotuse p-protsentiile saab leida, kasutades joonist 1.

Vertikaalteljel on esitatud normaaljaotuse p-protsentiilid, horisontaalteljel on standardhälvete arv y , mille võrra p-protsentiil ületab keskväärtuse, koefitsiendi 1,65 peaks asendama valemis (8) y väärtusega.



Joonis 1. maksimaalse mürataseme hälbed (aritmeetilisest) ja üksiksündmuste normaaljaotuse keskmised protsentiilid.

Näide: kui tahetakse välja jätta kõrgeim maksimaalne müratase, mis on mõõdetud 500 sõiduki möödumisel, siis on 5. p-protsentiil $(5/500) * 100 = 1$ ja nagu on näidatud joonise 1 alumises osas, tuleb asendada tegur 1,65 valemis (8) teguriga $y = 2,33 \cong 2,3$.

5.3. Suhtelise mürataseme mõõtmine

Liiklusmüra taseme mõõtmisel mitmes punktis on soovitatav teha ühes punktis pikemaajaline laiendatud referentsmõõtmine samal ajal toimuvate lühemaajaliste mõõtmistega teistes punktides, mis on referentspunktist kuni 30 m kaugusel.

Samal ajal mõõdetud müratasemete alusel arvutatakse tegelik müratase L_i mikrofoni i juures valemiga (9):

$$L_i = L_{ref} - \Delta L_i \quad (9), \text{ kus}$$

L_{ref} – laiendatud mõõtmisega mõõdetud müratase referentspunktis,

ΔL_i – laiendatud mõõtmisega referentspunktis ja punktis i mõõdetud mürataseme vahe.

Kogu sagedusala ulatuses tehtud mõõtmisel tuleb igas mikrofoni asukohas mõõta vähemalt 10 mööduva sõiduki müra. Oktaavriba ulatuses mõõtmisel tuleb mõõta vähemalt 20 mööduva sõiduki müra.

Müra vähendamiseks rakendatavate meetmete (näiteks müratõkkesein, hoone) tõhususe hindamiseks tuleb mõõta müra taset nii enne kui pärast meetme rakendamist. Referentspunkti asukoht peab olema valitud nii, et müra vähendamise meede ei mõjutaks selle taset.

Märkus: müra sumbuvuse mõõtmisi müratõkkeseinas kirjeldab standard ISO 10847 (vaata ka märkust 2 punktis 2).

5.4. Taustamüra

Taustamüra või müra mõõteseadmete tekitatud müra tase peab olema vähemalt 10 dB madalam kui mõõdetav müratase. Sellisel juhul ei ole vaja mõõtmistulemusi korrigeerida. Kui mõõtmise ajavahemikku ei saa valida nii, et vähemalt 10 dB vahe oleks taustamüraga tagatud, tuleb aruandes märkida, et mõõtmistulemus on kõrgem kui tegelik müratase ja mõõtmistulemus esitatakse sulgudes.

Märkus: mõõtmisi ei saa teha, kui taustamüra tase ületab liiklusmüra taseme.

Väikese liiklussageduse korral võib sõidukite möödumiste vahel mõõdetavat mürataset käsitleda taustamüra. Müra salvestus tuleb katkestada liikluse puudumisel ning mitteasjakohaste helide ajal, nagu näiteks lennukite, rongide ja helisignaaliga alarmsõidukite möödumisel. Siis ei loendata ka sõidukeid. Tuulest tingitud häiringu vältimiseks tuleb mikrofonil alati kasutada tuulekaitset, mille tõhususe kontrollimiseks tuleb kõrvaklappidega kuulata salvestatava heli kvaliteeti.

6. Mõõteseadmed

6.1. Üldnõuded

Ametlike otsuste tegemiseks tuleb müra mõõtmiseks kasutada 1. täpsusklassi mõõteseadmeid ja kogu mõõtesüsteem peab vastama standardi IEC 61672 või mõne teise samaväärse standardi nõuetele. Seadmeid tuleb kalibreerida vähemalt iga kahe aasta järel akrediteeritud laboratooriumis asjakohase kalibraatoriga.

Mõõteseadmed peavad tagama mõõtmised piisavalt laias ulatuses ning välistama seadmete ülekoormatuse mõõtmise ajal. Mõõdetava müra tase peaks olema vähemalt 15 dB mõõteseadme sisemürast suurem.

Automaatsel mõõtmisel kasutatavate seadmete mõõtepiirkond peab teatud aja jooksul taluma ülekoormust, seade peab suutma ootamatud kõrged müratasemed salvestada. Andmete analüüsi ajal kontrollitakse, kas ootamatu kõrge müratase oli tingitud liiklusest või muudest allikatest, mis tuleb mõõtmise andmetest välja jätta. Sellise mürasündmuse piisavalt täpseks hindamiseks tuleb müra salvestada vähemalt 5–10 sekundit sagedusel 50 Hz–4000 Hz ja ulatusega 40 dB.

Kõik mõõtmisel kasutatavad seadmed peavad olema mõõtmisprotokollis kirjeldatud.

6.2. Kalibreerimine

Enne ja pärast iga mõõtmist peavad mõõteseadmed olema kalibreeritud akustilise kalibraatoriga standardi IEC 60942 või mõne teise samaväärse standardi nõuete kohaselt. Soovitatav on, et seadmeid kalibreeritakse ka pikema perioodiga mõõtmise ajal regulaarselt. Akustilist kalibraatorit tuleb kalibreerida standardi IEC 60942 või mõne teise samaväärse standardi nõuete kohaselt vähemalt üks kord aastas ning kalibreerimise kuupäev tuleb mõõtmisprotokollis dokumenteerida.

6.3. Integreeritud keskmistatud mürataseme mõõtmine

Integreeritud keskmistatud mürataseme mõõtmisel peavad mõõteseadmed vastama standardi IEC 61672 või mõne teise samaväärse standardi nõuetele.

6.4. Maksimaalse mürataseme mõõtmine

Maksimaalse mürataseme mõõtmisel peavad mõõteseadmed vastama standardi IEC 61672 või mõne teise samaväärse standardi nõuetele. Kui pole sätestatud teisiti, tuleb kasutada korrigeeritud ajateguri F väärtust ja mõõtmistulemusi salvestatakse iga 50 ms järel.

Märkus: korrigeeritud ajategur F tähistab eksponentsiaalset keskmistamist ajakonstandiga $\tau = 0,125$ s või kui seade ei võimalda seda, tuleb leida lineaarne keskmine keskmistamisajaga 0,250 s.

6.5. Sagedusspektri mõõtmine

Sagedusspektri mõõtmise seadmed peavad vastama standardite IEC 61672, IEC 61260 või mõne teise samaväärse standardi nõuetele.

6.6. Tuule suuna ja kiiruse mõõtmine

Tuule keskmine kiirus ja suund registreeritakse mõõtmise ajal iga 10 minuti järel, eelistatult 10 m kõrgusel maapinnast.

Keskmise kiiruse määramise määramatus peab vahemikus 2 m/s–10 m/s olema väiksem kui 1 m/s ja keskmise tuule suuna määramise määramatus alla 10°.

Märkus: kui tuule kiirust mõõdetakse kõrgemal kui 10 m, vaata punkti 13.

6.7. Temperatuuride ja õhuniiskuse mõõtmine

Õhutemperatuuri ja teepinna temperatuuri mõõdetakse määramatusega alla 1°C, õhuniiskuse mõõtmise määramatus peab olema alla 20%.

Märkus: paindunud helilainete mõõtmisel peavad õhutemperatuuri mõõtmise termomeetrid olema ventileeritavad ja varjestatud soojuskiirguse eest ning olema määramatusega alla 0,1 °C.

6.8. Sõidukiiruse mõõtmine

Sõidukiiruse mõõtmise määramatus peab olema alla 3%.

7. Mikrofoni asukoht

7.1. Mikrofoni asukoht liikluse müra mõõtmisel

Välisõhus levivat müra on võimalik mõõta mikrofoni kolme asetusega: nn vabaväli, heli kahekordne peegeldus ehk +6 dB ja heli koherentne peegeldus ehk +3 dB. Punktides 7.3–7.5 esitatud nõuete alusel mõõdetakse kogu sagedusalas üldist A-korrigeeritud mürataset. Keerulisemate olukordade jaoks, sealhulgas sagedusspektri mõõtmiseks, järgida punkti 11 nõudeid.

7.2. Mikrofoni kõrgus

Siseruumide müra arvutamiseks mõõdetakse välisõhus levivat mürataset 1. korruse akna 2/3 kõrgusel aknalauast arvestades.

Aedade, parkide, haljasalade, puhkealade jne mürataset peab mõõtma kõrgusel 1,5–2 m.

Märkus: erinevus liikluse müra tasemete vahel kõrgustel 1,5 m ja 2 m on tavaliselt suurusjärgus 0,5 dB, kumb müratase on suurem, sõltub pinnasest ja ümbritsevast keskkonnast.

7.3. Vabaväli

Vabavälja korral on mikrofoni kaugus kõigi heli peegeldavate pindadeni vähemalt kaks korda suurem kui mikrofoni kaugus teest.

Erandiks on väikesed heli peegeldavad pinnad ning juhud, kui on võimalik näidata, et peegelduse mõju on tühine, alla 0,5 dB.

Märkus: helipeegelduse mõju hindamiseks kasutada meetodit Nordic Prediction või muud samavaärset arvutusmeetodit.

7.4. Kahekordne peegeldus ehk +6 dB

Kui mõõteseadme mikrofoni asub tasasel tugevast materjalist (betoon, kivi, klaas, puit või muu sarnane materjal) fassaadi pinnal, on mõõdetud müratase tegelikust müratasemest 6 dB võrra suurem.

Sellisel pinnal mõõtmisel peab fassaad olema tasane $\pm 0,05$ m mikrofonist 1 m raadiuses ja mikrofon kaugus fassaadi servadest peab olema rohkem kui 1 m. Punktis 11 on kirjeldatud, kuidas mõõta müra ebatasasel fassaadil.

7.5. Koherentne peegeldus ehk +3 dB

Mikrofon peab asuma fassaadist kaugusel d , mis on esitatud tabelis 1. Sellisel juhul ekvivalentne või mõõdetud maksimaalne müratase erineb vähem kui 1 dB tegelikust müratasemest, millele on liidetud 3 dB.

Mikrofoni kaugus a teest ja fassaadile langeva mikrofoniprojektsiooni kaugused b ja c fassaadi lähimast horisontaalsest ja vertikaalsest servast peavad vastama tabelis 1 esitatud kaugustele.

Märkus: vahemaad b ja c on kujutatud joonisel 6 punktis 11.

Tabel 1. Mikrofonikaugus a teest ja fassaadile langeva mikrofoniprojektsiooni kaugused b ja c fassaadi lähimast horisontaalsest ja vertikaalsest servast, +3 dB korral.

Kaugus [m]	L_{Aeq} mõõtepunkt mürallaikast vaadatuna rohkem kui 60° nurga all	L_{AFmax} või L_{Aeq} mõõtepunkt mürallaikast vaadatuna 60° või väiksema nurga all
d	0,5	1,0
a	≥ 5	≥ 20
b	≥ 2	≥ 4
c	≥ 1	≥ 2

Fassaad peab olema tasane $\pm 0,3$ m raadiuses mikrofonist ja mikrofon ei tohi asetada kohtadesse, kus pindadevaheline mitmekordne peegeldus mõjutab heli omadusi. Akent loetakse fassaadi osaks. Aknad peavad olema mõõtmise ajal suletud, väike ava mõõteseadme voolujuhtme jaoks on lubatud.

Kui eespool nimetatud tingimused ei ole täidetud, tuleb järgida punktis 11 esitatud täpsustavaid nõudeid.

8. Mõõtmistingimused

8.1. Liiklus

Mööduvate sõidukite arvu tuleb loendada punkti 5 kohaselt. Vajaliku arvu sõidukite põhjustatud mürataseme esindusliku mõõtmistulemuse saamiseks tuleb mõõtmised teha punkti 9 kohaselt.

Mõõtmisprotokollis tuleb märkida mõõdetavat müra mõjutavad kiiruspiirangud. Mööduvate sõidukite keskmist kiirust tuleb hinnata, kasutades radarseadet või määrates juhuslikult valitud sõidukite kiirust kindla pikkusega teelõigu läbimiseks kulunud ajaga. Kui mõõtmise ajal on kasutusel naastrehvid, peab see olema mõõtmisprotokollis märgitud.

8.2. Tee ja pinnas

Müra mõõtmise ajal peab tee olema kuiv ning teega piirnev ala lume- ja jäävaba, pinnas ei tohi olla külmunud ega liiga märg, muidu tuleb pinnast eraldi hinnata.

Mõõtmisprotokollis peavad olema märgitud teekatte liik ja vanus, teepinna temperatuuri on soovitatav mõõta seda teed esinduslikult iseloomustavas kohas.

Märkus 1: ebatasase teepinna korral on kontaktsensori kasutamisel vaja tagada andurite täielik kontakt pinnaga, kasutades soojusjuhtivat pastat.

Märkus 2: kui on vaja pidevalt jälgida teepinna temperatuuri, võib temperatuuri registreerida regulaarselt, eelistatult iga 15 minuti järel. Pika mõõteperioodi jooksul (näiteks 24 tundi) tuleb võimalike temperatuurikõikumiste tuvastamiseks mõõta teepinna temperatuuri piisavalt sageli.

Märkus 3: teepinna tekstuur mõjutab oluliselt rehvi ja tee omavahelisel kontaktil tekkivat müra. Punktis 15 esitatud teavet saab kasutada mõõtmistulemuste hindamisel ja võrdlemisel.

8.3. Ilmastikutingimused

8.3.1. Õhutemperatuur ja -niiskus

Õhutemperatuur mõjutab sõiduki jõuülekandest ning rehvi ja teepinna omavahelisest kokkupuutest tekkivate helide omadusi. Õhutemperatuur ja -niiskus mõjutavad heli levimist.

Müra mõõtmise ajal tuleb õhutemperatuuri määrata võimalikult tee lähedal, heli levikuteed esinduslikult iseloomustavas kohas, kus mõõta on võimalik ohutult ja mugavalt 1,5 m kõrgusel maapinnast. Müra tuleb üldjuhul mõõta õhutemperatuuri vahemikus 5 °C–30 °C, standardtemperatuur on 15 °C.

Märkus 1: mõõtmine taandatakse müraolukorrale, mis vastab standardtemperatuurile 15 °C.

Märkus 2: esindusliku õhutemperatuuri mõõtmiseks piisab harilikult ühest termomeetrist. Enne ja pärast müra mõõtmist tuleb mõõta müra levikutee õhutemperatuur, mõõtmise ajal aga jälgida müra tekkekoha õhutemperatuuri.

A-korrigeeritud müra mõõtmisel on õhuniiskuse muutuse jälgimine oluline üksnes äärmuslikel tingimustel ja müra mõõtmisel sagedusribades, eriti sagedusel üle 2 kHz.

8.3.2. Heli levimine

8.3.2.1. Heli levikutee kõverused

Ilmastikutingimuste, tuule kiiruse ja maapinnalähedase õhukihi temperatuurigradiendi mõju heli levimisele iseloomustatakse normaliseeritud heli levikutee kõverusega k .

Konstanti k saab määrata ligikaudselt valemiga (13). Kui $k > 0$, on heli levikutee kõverusega allapoole (näiteks allatuult), kui $k = 0$, levib heli lineaarselt, ning kui $k < 0$, on levikutee

kõverusega ülespoole (näiteks vastutuult või vaikse, selge ilmaga suvel). Täpsemalt on kirjeldatud punktis 13.

$$k = \frac{0,6\Delta T + \Delta u}{3,2} \text{ [1/km] (13), kus}$$

ΔT on õhutemperatuuride ja Δu on tuule kiiruste vahe 10 m ja 0,5 m kõrgusel maapinnast.

8.3.2.2. Ilmastikutingimused ja nendest põhjustatud mõõtemääramatus

Liiklusrada mõõtmiseks sobivad ilmastikutingimused sõltuvad müraallika kõrgusest h_S ja vastuvõtja kõrgusest h_R maapinnast ning müraallika ja vastuvõtja omavahelisest kaugusest d . Arvestatakse, et müraallikas asub teepinnal.

Kui

$$h_S + h_R \geq 0,1 d \text{ (14),}$$

võib liiklusrada mõõta mis tahes ilmastikutingimuste korral.

Märkus 1: mõõtmiskohas ei tohi olla liiga palju tuulemüra.

Märkus 2: h_S ja h_R on vastavalt müraallika ja mõõtja kõrgus maapinnast.

Kui maapind, sealhulgas müratõke või hoone, on kõrgem, kui on kaugus müraallika ja mõõtja vahel, siis h_S ja h_R on nende kõrgused maapinnast, millest on lahutatud neid ühendaval sirgel asuva maapinna kõrgeima punkti kõrgus.

Valemi (14) tingimuste täitmiseks tuleb mõõtmisel teest kaugemal kui 50 m asetada mikrofon kõrgemale kui 5 m. Standardse mikrofoni kõrguse kasutamisel täpsustatakse kõveruse nõue joonisega 2 ning mõõtmistulemuse ilmastikutingimustest tingitud standardhälve on σ_m .

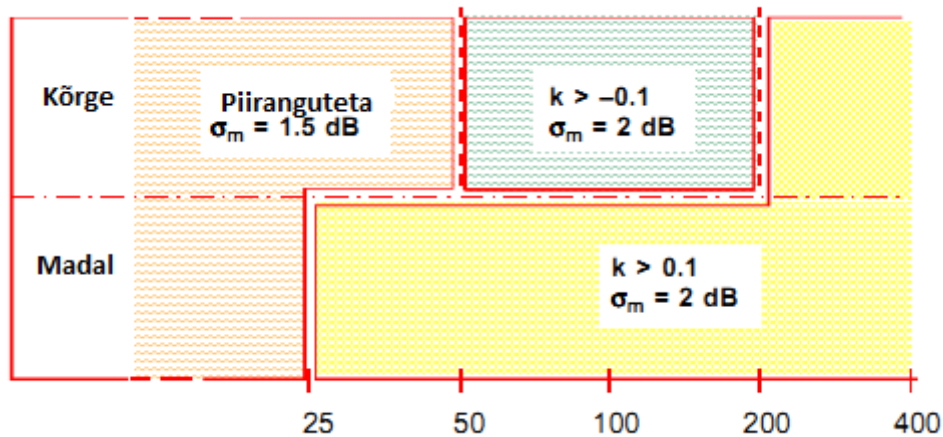
Joonisel 2 on nn kõrge ja nn madal olukord, mis sõltuvalt allika ja vastuvõtja kõrgustest on vastavalt h_S ja h_R . Olukord on kõrge, kui teepind ja mikrofon on ümbritsevast maapinnast 1,5 m kõrgusel või kõrgemal. Kui teepind on maapinnast vähem kui 1,5 m kõrgusel, peab mikrofon olema kõrge olukorra jaoks vähemalt 4 m kõrgusel.

Madala olukorra puhul on ilmastikutingimuste nõuded mõõtmise ajal rangemad kui kõrge puhul.

Kõrge: $h_S \geq 1,5 \text{ m}$ ja $h_R \geq 1,5 \text{ m}$
 $h_S < 1,5 \text{ m}$ ja $h_R \geq 4 \text{ m}$ (15)
madal: $h_S < 1,5 \text{ m}$ ja $h_R = 1,5\text{--}2 \text{ m}$

Kui kogu maapind tee ja mõõtepunkti vahel kuni 25 m madala ja kuni 50 m kõrge olukorra puhul on tihe, võib jätta ilmastikutingimustest põhjustatud standardhälbe arvestamata, ehk $\sigma_m \cong 0$.

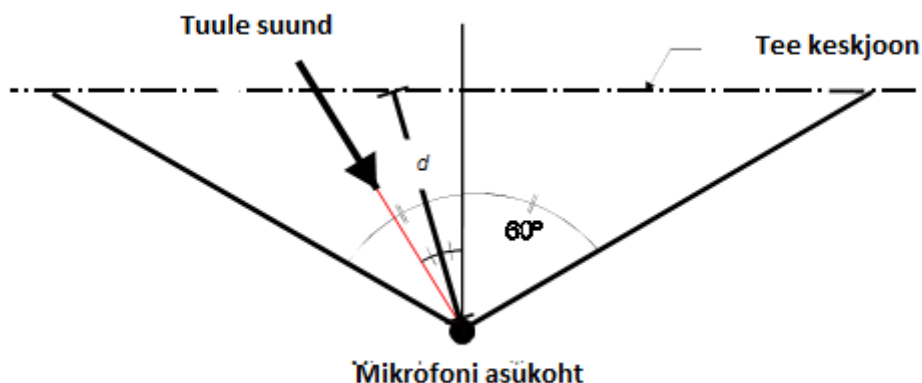
Märkus 3: joonis 2 kehtib varjestamata alal ning varjestatud olukorras juhul, kui puuduvad varjestatud vastuvõtjat iseloomustavad andmed, ja sellisel juhul tuleb kasutada madala olukorra positsiooni.



Joonis 2. Heli levikutee kõverus k ja sellega seotud mõõtemääramatus sõltuvalt ilmastikutingimustest, müraallika ja mõõtja omavahelisest kaugusest ning kõrguste vahest standardhälvena σ_m . Vaata joonist 3.

Märkus: kaugusel $d > 400$ m, $k > 1$; $\sigma_m = 1 + d/400$, [dB].

Heli levikutee kõverused määratakse vertikaaltasandil mikrofonist risti tee keskjooneni. Tuule keskmine suund peab olema vahemikus $\pm 60^\circ$ normaali suhtes, mis on tõmmatud teelt mikrofone asukohani. Efektiivne müraallika ja vastuvõtja omavaheline kaugus d määratakse keskmise tuulekiiruse vektori ja teelt mikrofone asendini võetud normaali vahelise nurga nurgapoolitajal, vaata joonis 3. Seda kaugust peab kasutama mõõtemääramatuse leidmiseks standardhälbe σ_m kaudu joonisel 2.



Joonis 3. Tuule suuna lubatud kaldenurk ja efektiivne müraallika ning vastuvõtja omavaheline kaugus d keskmise tuulekiiruse vektori ja teelt mikrofone asendini võetud normaali vahelise nurga nurgapoolitaja suhtes.

9. Mõõtemääramatus

Mõõtemääramatus sõltub mõõtmise ajavahemikust, liikluse intensiivsusest ja teistest müra levikut mõjutavatest teguritest ning seda saab hinnata punktide 9.1–9.2 kohaselt.

9.1. Ekvivalentse mürataseme mõõtemääramatus

9.1.1. Üks mõõtmine

Ekvivalentse mürataseme mõõtemääramatus on pärast üht mõõtmist arvutatav valemiga (16), kus σ on mõõtmistulemuste standardhälve. Ühe mõõtmise korral tuleb standardhälve σ valida sarnaste mõõtmiste kogemuste põhjal. Standardhälbele vastavad numbrilised suurused punktides 9.3 ja 8.3.2.2 põhinevad eeldusel, et

$$\delta = 1,65\sigma \text{ (16).}$$

9.1.2. Mitu mõõtmist

Kui ekvivalentse mürataseme mõõtmisel on tehtud mitu mõõtmist, arvutatakse mõõtmistulemus (aritmeetilise) keskmisena kõigist sõltumatutest tulemustest valemiga (17), kus n on üksikute mõõtmiste arv, mille vahe peab olema vähemalt 24 tundi.

$$\delta = \frac{1,65}{\sqrt{n}} \sigma \text{ (17).}$$

Kolme või enama sõltumatu mõõtmise korral saab N mõõtmistulemuse määramatust vahetult arvutada valemiga (18):

$$\delta = \frac{t_{N-1}}{\sqrt{N}} s \text{ (18), kus}$$

t_{N-1} – Studenti tegur, mis 95% tõenäosusel on esitatud punktis 14,
 s on ühe mõõtmise standardhälve N mõõtmistulemusest.

9.2. Maksimaalne müratase

Maksimaalse mürataseme jaotuse 5. p-protsentiili $L_{AFmax, 5\%}$ määramatuse saab määrata punkti 9.1 kohaselt. ISO 3207 määratleb mõiste „statistiline tolerantsivahemik“ vahemikuna, mis on määratud kindlaks tõenäosusega (usaldusnivooga), et vahemik hõlmab vähemalt p osa elanikest. Vahemiku piire nimetatakse statistilise tolerantsi piiriks.

Statistiline tolerantsipiir L_i valemis (19) on mööduvate eri kategooriate sõidukite või nende rühmade maksimaalse helirõhutaseme 5. p-protsentiili 90% usaldusvahemiku ülempiir. Kui müratase L_i ei ületa müra normtasest, on 5. p-protsentiilil 95% tõenäosust, et see on madalam müra normtasemest.

$$L_i = \bar{x} + k_u \cdot s \text{ (19), kus}$$

\bar{x} – mõõtmise (aritmeetiline) keskmine n ,

k_u – koefitsient, vaata punkti 14,

s – mõõtmise standardhälve (hinnanguline elanike arvu standardhälve σ).

Märkus: ilmastikutingimusi arvestav standardhälve σ_m tuleb lisada, kui see on arvestatav ja vaata punkti 8.3. Sellisel juhul valemis (19) ja (20) tuleks standardhälve s asendada s_r -ga:

$$s_r = \sqrt{s^2 + \sigma_m^2}$$

Alumise usaldusvahemiku 5. p-protseintiili saab määrata valemiga (20)

$L_i = \bar{x} + k_l \cdot s$ (20), kus

k_l – tabelis 3 esitatud koefitsient,

s – ühe mõõtmise standardhälve (hinnanguline elanike arvu standardhälve σ).

Märkus: p-protseintiil sõltub tehtud mõõtmiste arvust ja mõõtmisperioodil möödunud sõidukite koguarvust.

Maksimaalse mürataseme jaotuse p-protseintiil vastab n-inda sõiduki kõrgemale müratasemele, mis arvutatakse nagu joonisel 1 punktis 5.2, ning seejärel saab arvutada koefitsiendid k_u ja k_l nagu konstandid 5. p-protseintiilile (vaata punkti 14).

9.3. Standardhälve σ

Summaarne standardhälve koosneb mõõteseadme, sõidukite erinevuse, peegelduse ja ilmastikutingimuste standardhälvetest.

Summaarne standardhälve arvutatakse:

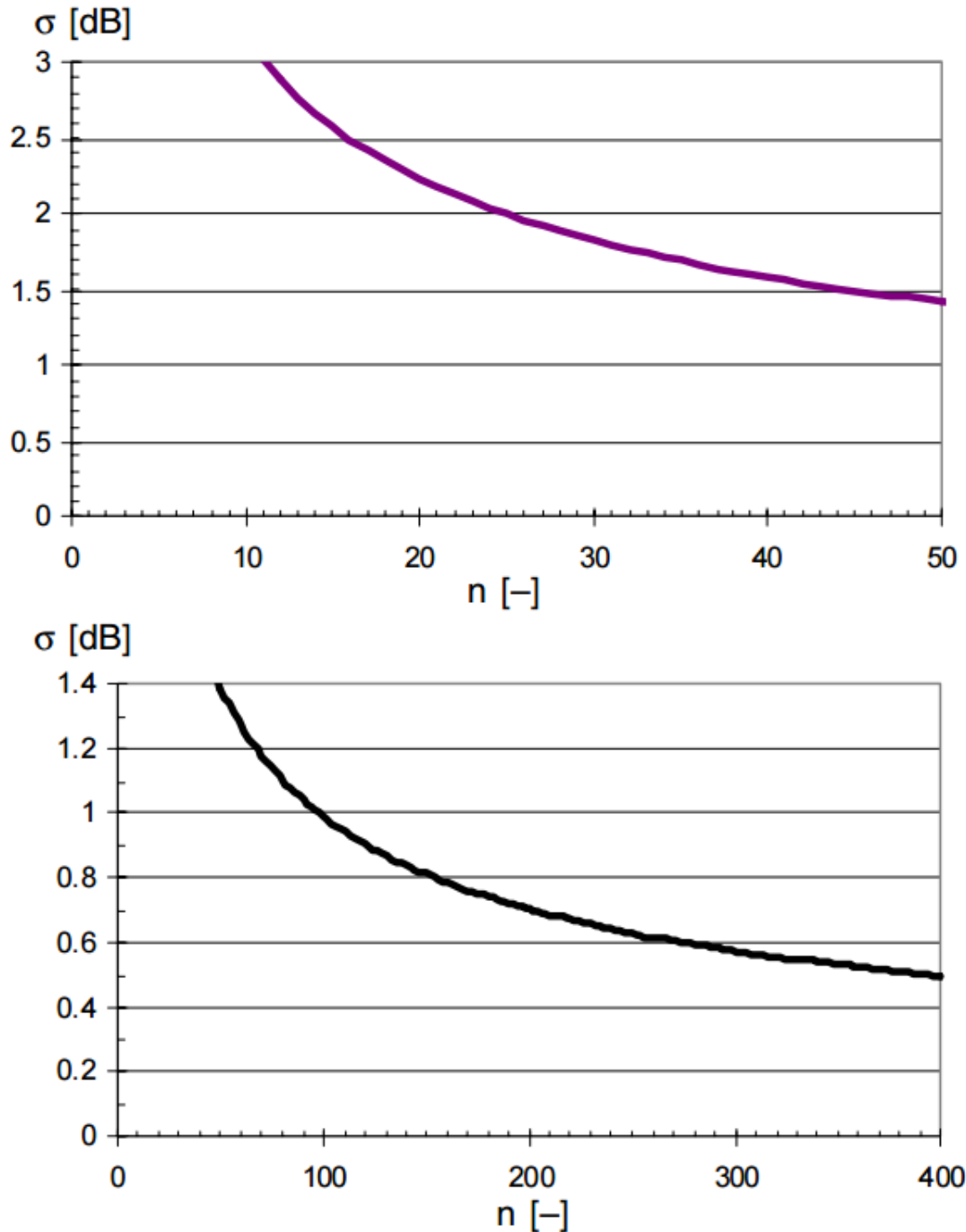
$$\sigma = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_k^2 + \sigma_m^2 + \sigma_r^2} \text{ (21).}$$

Mõõteseadme standardhälve σ_i sõltub kasutatavatest seadmetest. Mõõteseadme juhendikohasel kasutamisel ja tingimusel, et seadmed on nõuetekohaselt hooldatud, kontrollitud ja kalibreeritud, on tootja poolt kindlaksmääratud $\sigma_i = 0,7$ dB ja kombineeritult koos salvestusseadmega $\sigma_i < 1$ dB.

Üksiku sõiduki mürataseme standardhälve σ_k varieerub sõltuvalt sõiduki kiirusest, sõidustiilist ja mõõtmiste ajal mööduvate sõidukite arvust. σ_k leitakse jooniselt 4 või arvutatakse valemiga (22):

$$\sigma_k \cong \frac{10}{\sqrt{n}} \text{ [dB]} \text{ (22)}$$

Mikrofoni asukoht punkti 7 järgi tagab, et peegelduste mõju σ_r ei ületa 1 dB. Ilmastikutingimustest tingitud standardhälve σ_m on kirjeldatud punktis 8.3.2.2.



Joonis 4. Standardhälbe σ_k [dB] sõltuvus mõõtmisperioodil mööduvate sõidukite arvust n .

10. Mõõtmisprotokollis esitatav teave

Mõõtmisprotokollis eesmärk on dokumenteerida mõõtmise tulemused, määramatus ja tingimused selliselt, et vajaduse korral oleks võimalik mõõtmisi samadel tingimustel korrata. Mõõtmisprotokoll peab sisaldama kogu teavet, mis võib olla ametliku otsuse tegemiseks vajalik ning tõendada, et mõõtmine on tehtud valitud meetodi nõuete kohaselt. Mõõtmisprotokollis esitatakse mõõtmistulemus ja sellega seotud määramatus.

Mõõtmisprotokoll peab sisaldama järgmisi andmeid, kui need on asjakohased:

- 1) mõõtmiskoha plaan, millel on näidatud tee ja mikrofoni asukoht, ümbritsevad hooned, maastik ja taimestik, mõõteskaala ja põhjasuund;
- 2) mõõtmiskoha ümbruse kirjeldus, näidates mikrofoni asendi, tee, hooned, maastiku, peegeldavad pinnad jne;
- 3) müra salvestamise ja andmete analüüsimise seadmed, nende tüüp, mark, mudel ja viimase kontrolli aeg;
- 4) kalibreerimisseadmed;
- 5) mõõtmise kellaeg (ajavahemik) ja kuupäev;
- 6) ilmastikutingimused mõõtmise ajal: tuule kiirus ja suund, tuule kiiruse komponent, pilvkate, õhuniiskus ja -temperatuur, kasutatud seadmed, mõõtmiskohad, mõõtmiskõrgus;
- 7) liiklust iseloomustavad näitajad: sagedus kategooriate kaupa, raskeveokite osa, kiirusepiirang ja hinnanguline keskmine sõidukiirus, liikluse iseloom, vabavool, seisakud, naastrehvide kasutamine;
- 8) aasta keskmine liiklussagedus;
- 9) ekvivalentse mürataseme arvutamine;
- 10) teed iseloomustavad näitajad: teekatte tüüp, vanus ja seisund; teekalle, laius ja sõiduradade arv; valgusfoori või muu liiklust reguleeriva vahendi asukoht;
- 11) taustamüra: allikad, ekvivalentne müratase, sagedusspekter (kui mõõdetakse oktaavribades), ajaline muutumine;
- 12) mõõdetud müratasemed L_d , L_e , L_n , $L_{Aeq,24h}$ jne ning määramatus;
- 13) arvutustulemustega saadud peegelduste mõju;
- 14) müra mõõtnud labori ja töötaja nimi, aadress, telefon ja e-posti aadress;
- 15) müra mõõtmise tellija nimi, aadress, telefon ja e-posti aadress.

Märkus: punktides 1 ja 2 nimetatud teabe võib esitada ümbrust hästi iseloomustavate fotodega.

11. Mikrofoni asendid

11.1. Mikrofon otse heli peegeldaval pinnal, fassaadil (+6 dB mõõtmine)

Kui mikrofon on paigaldatud otse heli peegeldavale pinnale, on summaarne otsese heli helirõhutase koos peegeldunud heli helirõhutasemega 6 dB võrra kõrgem ainult otsese heli helirõhutasemest

Vaba helivälja mürataseme saamiseks lahutatakse mõõtmistulemusest 6 dB

Fassaadi pinnal mõõtmisel peab mikrofonist 1 m raadiuses olema pind heli peegeldav ja tasasusega $\pm 0,05$ m. Pinna servade kaugused b ja c peavad olema mikrofonist vähemalt 1 m kaugusel:

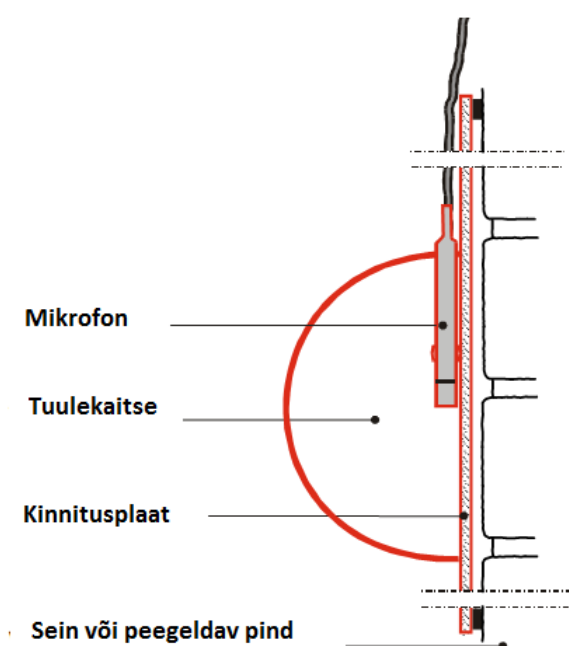
$b \geq 1,0$ m ja $c \geq 1,0$ m (23).

Mikrofoni saab paigaldada nagu joonisel 5 või kinnitades mikrofoni kinnitusplaadiga pinnale. Kinnitusplaadi paksus on kuni 25 mm ja külgede pikkused vähemalt 0,5 ja 0,7 m.

Mikrofoni kaugus pinna servadest ja kinnitusplaadi sümmeetriatelgedest peab pinna servadest põhjustatava difraktsiooni vältimiseks olema vähemalt 0,1 m.

Plaat peab olema akustiliselt kõvast ja jäigast materjalist, et vältida uuritava heli neelduvust ja resonantsi.

Mikrofoni saab ilma plaadita kasutada betoonist, kivist, klaasist, puidust või muust tugevast materjalist seinal, seinapinna tasasus peab olema $\pm 0,01$ m mikrofonist 1 m raadiuses.



Joonis 5. Mikrofoni asend seinal

11.2. Mikrofon asub peegeldava pinna lähedal (+3 dB mõõtmine)

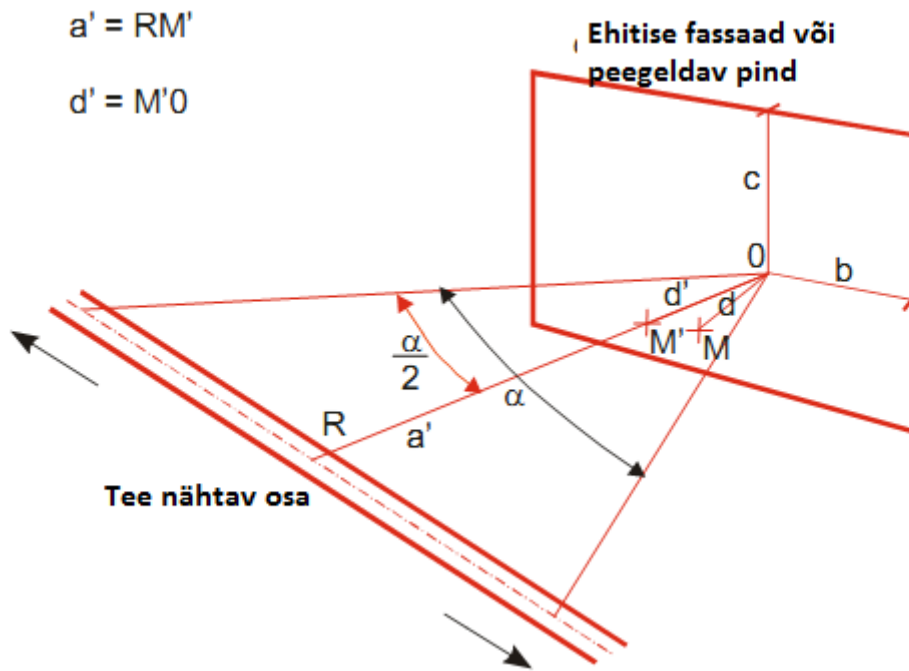
Kui mikrofon on paigutatud peegeldavast pinnast eemale, on otsese ja peegeldunud heli tugevused võrdsed ja piisavalt laia sagedusala korral põhjustab peegeldus kahekordse otsese heli energia ja mürataseme suurenemise 3 dB võrra. Vabavälja mürataseme saamiseks lahutatakse mõõtmistulemusest 3 dB.

Mikrofoni (M) kaugus risti peegeldava pinna D punkti O on d (vaata joonist 6).

Punkti O kaugused peegeldava pinna servadeni on b (mõõdetuna horisontaalselt) ja c (mõõdetuna vertikaalselt). Et vältida pinna serva mõju sagedusalas mõõtmisel, sealhulgas oktaavribades 125 Hz–4 kHz, peavad olema täidetud tingimused:

$$b \geq 4d \text{ ja } c \geq 2d \text{ (24).}$$

Kui neid tingimusi ei ole võimalik täita, vaata punkti 11.3.



Joonis 6. Mikrofoni asend tee suhtes

11.2.1. Joonallikas

Kui ekvivalentset mürataset mõõdetakse asendis $\alpha > 60^\circ$, siis on joonisel 6 asend 0 esinduslik asend mikrofonile. a' ja d' on mõõdetud piki nurgapoolitajat. M' on punkt nurgapoolitajal, mis asub peegeldavast pinnast risti kaugusel d .

Tingimus (25) tagab, et peegelduv ja otsene heli on ligikaudu sama helirõhutasemega (summa võrdub otsese helirõhutasemega, millele on liidetud 2,5 kuni 3 dB):

$$d' \leq 0,1a' \quad (25).$$

Tingimused (26) ja (27) tagavad, et otsese ja peegeldunud heli omavaheline mõju on ebaoluline (otsene ja peegeldunud helirõhk on võrdsed ja nende summa on võrdne otsese helirõhutasemega, millele on liidetud $3 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$).

$$L_{Aeq} \text{ mõõtmiseks: } d' \geq 0,5\text{m} \quad (26)$$

$$\text{või oktaavriba hindamiseks: } d' \geq 1,6\text{m} \quad (27).$$

11.2.2. Punktallikas

Kui mõõdetakse L_{Aeq} ja vaatenurk punktist 0 teele on alla 60° ning L_{AFmax} mõõtmisel täpsusega $\pm 0,5 \text{ dB}$

$$d' \leq 0,05a' \quad (28),$$

on otsese ja peegeldunud heli helirõhu tasemed ligikaudu võrdsed.

Selleks, et tagada L_{Aeq} ja L_{AFmax} mõõtmisel peegelduse tähtsusetu mõju, peab

$d' \geq 1,0 \text{ m}$ (29),

kui mõõdetakse oktaavribades, siis

$d' \geq 5,4 \text{ m}$ (30).

Kitsaste tänavate korral on tingimusi (25)–(27) raske täita. Suurendades määramatust $\pm 1 \text{ dBni}$, võib aluseks võtta järgmised tingimused:

$d' \leq 0,2a'$ (25a),

$d' \geq 0,3 \text{ m}$ (26a),

$d' \geq 0,1 \text{ m}$ (27a),

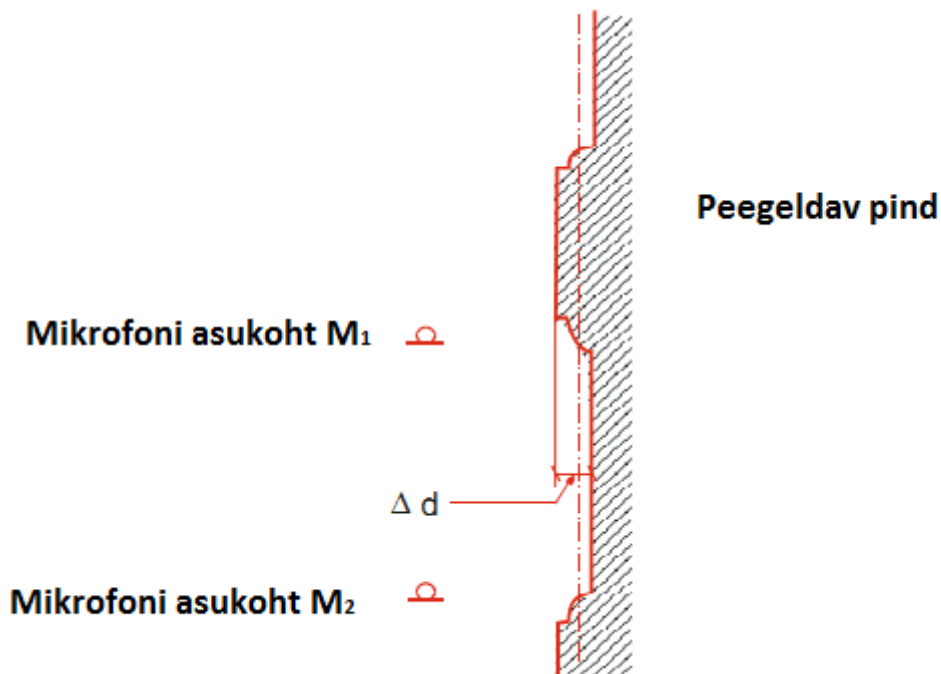
$d' \leq 0,01a'$ (28a),

$d' \geq 0,5 \text{ m}$ (29a),

$d' \geq 2,7 \text{ m}$ (30a).

11.2.3. Ebäühtlane peegelduspind

Kui heli peegeldav pind on ebäühtlane, tuleb kaugused d ja d' mõõta pinna geomeetrisest keskmest. Mikrofon tuleb paigutada pinna keskele (joonis 7). Δd ei tohiks olla summaarse A-korrigeeritud helirõhutaseme mõõtmisel suurem kui $0,5 \text{ m}$ ja oktaavribas mõõtmisel suurem kui $0,08 \text{ m}$.



Joonis 7. Mikrofoni asukoht peegeldava pinna suhtes

Tuleb vältida mikrofoni asukohta, kus võivad tekkida pindade ja seina vahel heli ristpeegeldused (näiteks rõdude piirdest). Kui seda ei ole võimalik vältida, peavad

ristpeegeldused olema märgitud mõõtmisprotokollis ja tuleb arvestada, et mõõtemääramatus on suurem kui mõõtmisel seina ees.

11.3. Mikrofoni asend keerulisemate mõõtmistingimuste korral

Kui müra on vaja mõõta peegeldaval pinnal või selle lähedal (näiteks akna ees) ühes punktis, võib mikrofoni asendit valida, nagu on kirjeldatud punktides 11.1 ja 11.2. Tingimused (24)–(30) võib arvestamata jätta, kui müra mõõtmistulemus ei iseloomusta hoone kogu fassaadi.

Kui mürataseme mõõtmised on esinduslikud mitmes kohas või ehitisi ümbritseb ühtlane ümbrus, tuleb jälgida, et mõõtekohas ei põhjustaks peegeldused, varjestused, servad ja piirded moonutatavat mõju. Kõige lihtsam on mõõtmise täpsust kontrollida, tehes mõõtmisi mitmes punktis.

Hinnates α , d' ja a' , tuleb arvesse võtta, et joonallika tegelik pikkus võib heli peegelduse tõttu suurenedada. Kui tekib kahtlus joonallika tegeliku pikkuse kohta, tuleb rakendada punktallika kohta sätestatud nõudeid.

12. Ekvivalentse mürataseme määramine

Kogu päeva, öhtu või öö kestvatele mõõtmistele võib alternatiivina teha mõõtmisi lühemate ajavahemike jooksul, loendades kõik mööduvad sõidukid kategooriate kaupa ning taandada liiklustingimused keskmise liikluse tingimustele valemitega (31)–(34):

Rasked sõidukid:

$$L_{AE}(10\text{ m}) = \begin{cases} 80,5 + 30 \log\left(\frac{v}{50}\right); & 50 \leq v \leq 90 \text{ km/h} \\ 80,5; & 30 \leq v \leq 50 \text{ km/h} \end{cases} \quad (31).$$

Kerged sõidukid:

$$L_{AE}(10\text{ m}) = \begin{cases} 73,5 + 25 \log\left(\frac{v}{50}\right); & v \geq 40 \text{ km/h} \\ 71,1; & 30 \leq v \leq 40 \text{ km/h} \end{cases} \quad (32).$$

Liiklusvoog:

$$L_{Aeq,1h}(10\text{ m}) = 10 \log \frac{1}{3600} \left[n_{raske} \cdot 10^{\frac{L_{AE,raske}}{10}} + n_{kerge} \cdot 10^{\frac{L_{AE,kerge}}{10}} \right] \quad (33), \text{ kus}$$

n_{raske} ja n_{kerge} on sõidukite keskmine arv tunnis (vastavalt rasked ja kerged sõidukid),

L_{Aeq} arvutatakse aasta keskmise liiklusvoo (YDT) ja mõõtmise ajal loetletud tegeliku liiklusvoo (MTT) kohta, tulemuse arvutamiseks kasutatakse valemit (34):

$$L_{Aeq, MEA, YDT} = L_{Aeq, MEA, MTT} + (L_{1, YDT} - L_{1, MTT}) \quad (34), \text{ kus}$$

$L_{Aeq, MEA, YDT}$ – mõõdetud ekvivalentne müratase taandatud aasta keskmisele liiklustihedusele,

$L_{Aeq, MEA, MTT}$ – otseselt mõõdetud ekvivalentne müratase,

$L_{1, YDT} = L_1$ ekvivalentse mürataseme L_1 väärtus, mis on arvutatud valemiga (33) aasta keskmisele liiklustihedusele,

$L_{1, MTT}$ – ekvivalentse mürataseme L_1 väärtus, mis on arvutatud valemiga (33) mõõtmise ajavahemiku liiklusintensiivsuse põhjal.

Näide

MTT 30 minuti jooksul on mõõdetud $L_{Aeq30min} = 67,3$ dB, loetleti 600 sõidukit, nendest 22% raskeveokeid, keskmine kiirus 54 km/h,

arvutus: $L_{1, MTT} = 72,5$ dB

YDT 16 000 sõidukit, 16% raskeveokeid, keskmine kiirus 52 km/h,

arvutus: $L_{1, YDT} = 68,8$ dB

$L_{Aeq, MEAS, YDT} = 67,3 + (68,8 - 72,5) = 67,3 - 3,7$ dB = 63,6 dB.

Märkus: valemid (31)–(34) eeldavad, et mõõtmise ajal olid liiklus- ja sõidutingimused esinduslikud iseloomustama päeva keskmist liiklusrõhku. Mõõtmisi ei ole soovitatav teha tipptundidel.

13. Kui heli levikutee kõverus k on suurem kui $-0,1$ või $0,1$

Joonisel 8 on väikseim arvestatav allatuule kiirusekomponent maapinnast 10 m kõrgusel, ligikaudu 56 kraadil põhjalaiusel, kui heli levikutee kõverus on suurem kui $-0,1$ või $0,1$.

Joonise 8 ülemine osa näitab iga kalendrikuu jaoks päikese kõrgust ja sellest sõltuvat temperatuurigradiendi. Joonise iga ala kohta vajalik allatuule kiirusekomponent on esitatud joonise all tabelis. Allatuule kiirusekomponendi vajadus sõltub pilvisusest ja kõverusest k .

Joonisel A-ga tähistatud ala vastab suvisele keskpäevale. Paksu tiheda pilvisuse korral on tingimuse $k > 0,1$ täitmiseks vajalik allatuule kiirus vähemalt 1,3 m/s. Kerge pilvisuse või selge ilmaga on vajalik tuule kiiruse komponent allatuulega 2,7 m/s või enam

Joonisel B-ga tähistatud ala vastab suvehommikule ja pärastlõunale ning kevadel ja sügisel keskpäevale. $k > 0,1$ näiteks allatuule korral 2,3 m/s, kui pilvkatet on vähem kui 6/8 taevast.

Joonisel C-ga tähistatud ala hõlmab päevaseid aegu, mis ei ole A või B-ga kaetud. Tingimus $k > 0,1$ on täidetud kerge pilvisuse ja allatuulega 1,7 m/s.

Joonisel D-ga tähistatud ala hõlmab 1,5 tundi pärast päikesetõusu ja 1,5 tundi enne päikeseloojangut. Siis võib olla suurem kohaliku õhutemperatuuri muutus ja sellel ajal on soovitatav mitte teha ilmastikutundlikke mõõtmisi.

Õösel (joonisel C.1 must ala), kui pilvkatet on rohkem kui 6/8 taevast, on lubatud vaid väike allatuulekomponent. Kui õösel on pilvisust vähem kui 6/8, võivad tekkida kohalikud õhutemperatuuri kõikumised ja mõõtmiseks on vajalik müra leviku suunalist tuult kiirusega vähemalt 2 m/s.

Märkus 1: normaliseeritud kõveruse konstant k on pöördvõrdeline heli tee kõverusraadiuse 10^3 astmega, R väljendatakse meetrites, valem (35):

$$k = \frac{1}{R} \cdot 10^3 \left[\frac{1}{km} \right] \quad (35).$$

Peaaegu horisontaalsel heli levikul ja tuule kiirusel, mis on palju madalam heli kiirusest, võib R määrata valemiga (36):

$$R = \frac{c}{\frac{const}{\sqrt{T}} \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial z}} \quad (36), \text{ kus}$$

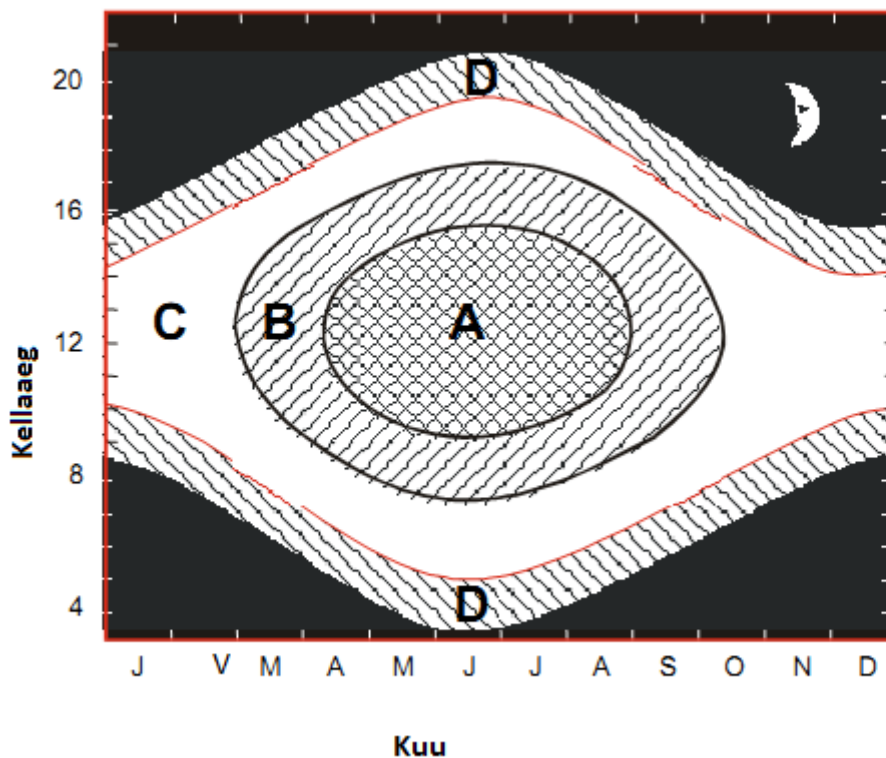
c – heli kiirus õhus = $20,05 \sqrt{T}$, [m/s],

u – pärituule kiiruse komponent, [m/s],

$$const = \text{konstatnt} \left(= 10 \frac{m}{s\sqrt{K}} \right),$$

T – õhu absoluutne temperatuur, [K],

z – kõrgus maapinnast, [m].



Ajaperiood	Pilvisus	Väikseim tuule kiiruse komponent [m/s], kus	
		k > -0,1	k > 0,1
A	8/8 paks, tihe	0,4	1,3
	6/8–8/8	1,2	2,0
	< 6/8	2,0	2,7
B	8/8 paks, tihe	0,2	1,2
	6/8–8/8	0,9	1,7
	< 6/8	1,6	2,3
C	8/8 paks, tihe	0	0,9
	6/8–8/8	0,3	1,3
	< 4/8	0,8	1,7
Öö	6/8–8/8	0,1	0,5
	< 6,8	Tuule kiirus > 2 m/s, kiiruse osa > 0,1	
D	Mõõtmised ainult tee lähedal		

Joonis 8. Maapinnast 10 m kõrgusel olev allatuule kiirusekomponent juhul, kui kõverus k on suurem kui -1 ja 1 vastavalt aastaajale ja kellaajale.

Märkus 2: kui tuule kiiruse komponent $u(h)$ on mõõdetud ainult ühel kõrgusel h , eelistatult 10 m kõrgusel maapinnast, siis tuule kiiruste vahe Δu 10 m ja 0,5 m kõrgusel maapinnast on võimalik määrata valemiga (37), eeldades logaritmilist tuule kiiruse profiili:

$$\Delta u = \frac{u(h)}{\ln \frac{h}{z_0}} \cdot \ln 20 \quad (37), \text{ kus}$$

z_0 on pinnase karedus, näited on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Pinnase kareduse z_0 näited.

Pinnase tüüp	Karedus z_0 [m]
Veekogu	0,001
Avatud maastik, ilma peegeldavate takistusteta	0,01
Põllumaad, hõreasustusalad	0,05
Elamud, mets	0,3

Märkus 3: õhutemperatuuride vahet ΔT valemis (13) on raske mõõta ja sageli arvutatakse see päikese kõrguse alusel.

14. Statistilised konstandid

14.1. Maksimaalse mürataseme standardhälve

Maksimaalse mürataseme standardhälve s on kiiruse funktsioon v , mis on esitatud valemities (38–39).

Rasked sõidukid:

$$\begin{cases} s = 4,1 \text{ dB}; 30 \leq v \leq 50 \text{ km/h} \\ s = 10 \cdot e^{-0,9 \cdot \frac{v}{50}} \text{ dB}; v \geq 30 \text{ km/h} \end{cases} \quad (38).$$

Kerged sõidukid:

$$s = 5,5 \cdot e^{-0,7 \cdot \frac{v}{50}} \text{ dB}; v \geq 30 \text{ km/h} \quad (39).$$

14.2. Statistilise tolerantsi vahemikud

Tabel 3 esitab ühepoolse statistilise tolerantsi vahemiku jaoks konstantide $k_2(n, p, 1 - \alpha)$ väärtused sõltuvalt mõõtmiste arvust n usaldusnivool $1 - \alpha = 0,95$ ja elanike osakaalul $p = 95\%$ ja valemis (18) kasutatavad Studenti konstandi t väärtused usaldusnivool 95%.

Teised konstandid võivad olla arvutatud valemiga (40):

$$k_{21}(n, p, 1 - \alpha) = -\frac{t_{\frac{p}{100}}(n-1, -u_p \cdot \sqrt{n})}{\sqrt{n}} \quad (40), \text{ kus}$$

n – mõõtmiste arv,

$t_{p/100}(f, \delta)$ – p -protsentiil mittekeskse t -jaotuse korral ja vabadusastmega f ,

$\delta = u_p \cdot n$,

u_p – p -protsentiil standardiseeritud normaaljaotuse korral,

näiteks $p = 0,05 \Rightarrow u_p = 1,65$.

Tabel 3. Erinevate mõõtmiste arvu korral kasutatavad statistilised konstandid

Mõõtmiste arv	k_2 5. p-protsentiil		Student t t_{N-1}	Mõõtmiste arv	k_2 5. p-protsentiil		Student t t_{N-1}
	alumine	ülemine			alumine	ülemine	
3	-	-	2,92	26	1,22	2,27	1,71
4	-	-	2,35	28	1,24	2,24	1,70
5	0,82	4,21	2,13	30	1,25	2,22	1,70
6	0,87	3,71	2,02	35	1,28	2,17	1,69
7	0,92	3,40	1,94	40	1,30	2,13	1,68
8	0,96	3,19	1,90	45	1,31	2,09	1,68
9	0,99	3,03	1,86	50	1,33	2,07	1,68
10	1,02	2,91	1,83	60	1,35	2,02	1,67
11	1,04	2,82	1,81	70	1,37	1,99	1,67
12	1,06	2,74	1,80	80	1,39	1,97	1,67
13	1,08	2,67	1,78	90	1,40	1,94	1,67
14	1,10	2,61	1,77	100	1,41	1,93	1,66
15	1,11	2,57	1,76	150	1,45	1,87	1,66
16	1,13	2,52	1,75	200	1,48	1,84	1,65
17	1,14	2,49	1,75	250	1,49	1,81	1,65

18	1,15	2,45	1,74	300	1,51	1,80	1,65
19	1,16	2,42	1,73	400	1,52	1,78	1,65
20	1,17	2,40	1,73	500	1,54	1,76	1,65
22	1,19	2,35	1,72	1000	1,57	1,73	1,65
24	1,21	2,31	1,71	∞	1,65	1,65	1,65

15. Teekattest tingitud mürataseme korrigeerimine

Teekatte struktuur määrab mürataseme, mis tekib teekatte ja rehvi kokkupuutel. Kare ja ebahütlane pind põhjustab suuremat müra kui sile pind, kuid mõningatel juhtudel on vastupidi. Harilikult on liikluse müra tase vana teekatte korral kõrgem kui uue teekatte korral. Pärast uue asfaltbetoonist teekatte ehitamist on müratase mõne detsibelli võrra kõrgem ja väheneb järk-järgult pinna materjali kokkusurumise ja kulumisega, mille käigus materjal muutub siledamaks.

Teekatte tüüp			Müra korrigeerimine [dB] sõidukiiruse ja raskeveokite osakaalu põhjal							
Nr	Teekatte tüüp (maksimaalne suurus)	Vanus [aasta]	40–60 km/h			61–80 km/h			81–130 km/h	
			0–5%	6–19%	20–100%	0–5%	6–19%	20–100%	0–5%	6–100%
1a	Killustikmastiksasfalt (SMA) (13–16 mm)	1–20	võrdlusteekate							
1b	Sama, värskest paigaldatud	< 1	0	0	0	0	0	0	0	0
2a	Killustikmastiksasfalt (SMA) (10–12 mm)	1–20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2b	Sama, värskest paigaldatud	< 1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3a	Killustikmastiksasfalt (SMA) (7–9 mm)	1–20	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-1
3b	Sama, värskest paigaldatud	< 1	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-2
4a	Killustikmastiksasfalt (SMA) (4–6 mm)	1–20	-3	-2	-1	-3	-2	-1	-3	-1
4b	Sama, värskest paigaldatud	< 1	-4	-3	-2	-4	-3	-2	-4	-2
5a	Tihed asfaltbetoon (DAC) (11–16 mm)	1–20	-1	0	0	-1	0	0	-1	0
5b	Sama, värskest paigaldatud	< 1	-2	-1	-1	-3	-2	-1	-3	-2
6a	Tihed asfaltbetoon (DAC) (8–10 mm)	1–20	-1	0	0	-2	-1	0	-2	-1
6b	Sama, värskest paigaldatud	< 1	-2	-1	-1	-3	-2	-1	-3	-2
7	Möss ja teised õhukesed katted	0–5	-3	-2	-1	-3	-2	-1	-3	-1

8	Kuumpinnatud asfaltbetoon	0–20	0	0	0	+1	+1	0	+1	+1
9a	Ühekihiline pindamine, 16–20 mm	1–20	0	0	0	+1	+1	0	+1	+1
9b	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	+2	+1	0	+2	+1	-1	+1	0
10a	Ühekihiline pindamine, 10–12 mm	1–20	-1	0	0	-1	0	0	-1	0
10b	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
11a	Ühekihiline pindamine, 6–9 mm	1–20	-1	0	0	-2	-1	0	-2	0
11b	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-2	0	0	-2	-1	-1	-2	-1
12a	Kahekihiline pindamine, 16–20 mm	1–20	-1	0	0	-1	0	-1	-1	0
12b	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	0	-1	-1	0	-1	-2	0	-1
13a	Kahekihiline pindamine, 10–12 mm	1–20	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
13b	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1
14a	Poorne asfaltbetoon (PA), < 14–16 mm, poorsus ≥ 20%	3–7	-1	0	0	-2	-1	-1	-2	-1
14b	Sama, keskmise vanusega	1–2	-2	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2
14c	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-3	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3
15a	Poorne asfaltbetoon (PA), < 8–12 mm, poorsus ≥ 20%	3–7	-1	0	0	-2	-1	-1	-3	-2
15b	Sama, keskmise vanusega	1–2	-2	-1	-1	-3	-3	-2	-4	-3
15c	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-4	-3	-3	-5	-5	-5	-6	-5
16a	Poorne asfaltbetoon, Duradrain	3–7								
16b	Sama, keskmise vanusega	1–2	-4	-3	-3	-5	-4	-4	-5	-4
16c	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-5	-4	-4	-6	-5	-5	-6	-5
17a	Poorne asfaltbetoon, kahekihiline > 80 mm (Taani versioon)	3–7								
17b	Sama, keskmise vanusega	1–2								
17c	Sama, värskelt paigaldatud	< 1	-7	-7	-6	-8	-7	-6	-9	-7

18	Tsementbetoon, tihe, sile, < 20–80 mm	0–40	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+1	+2
19	Tsementbetoon, tihe, sile, < 12–18 mm	0–40	0	+1	+1	+1	+2	+2	+1	+2
20 a	Tsementbetoon, paljandunud täitematerjal, <i>max</i> 22 mm	2–10	0	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
20 b	Sama, värskelt paigaldatud	< 2	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1
21 a	Tsementbetoon, paljandunud täitematerjal, < 11–16 mm	2–10	0	0	0	0	0	0	0	0
21 b	Sama, värskelt paigaldatud	< 2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
22 a	Tsementbetoon, paljandunud täitematerjal, 7–9 mm	2–10	-2	-1	0	-2	-1	0	-2	-1
22 b	Sama, värskelt paigaldatud	< 2	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-2
23	Tsementbetoon, masinlaotatud (kulumata)	0–5	-3	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-1
24	Sillutuskivid, munakivid ja suured kivid	0–90	+6	+5	+4	+6	+6	+5	+6	+6
25	Sillutuskivid, kivid mõõtmetega u 10 x 10 cm	0–90	+3	+3	+2	+4	+4	+3	+4	+4
26	Tsementbetoonplaadid, normaalsed	0–10	+2	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3
27	Tsementbetoonplaadid, kõrgemat sorti	0–10	-1	0	0	-1	0	0	-1	0