



MAANTEEAMET

Eesti tingimustesse sobivaima autoliiklusmüra arvutamise meetodi selgitamine Maanteeameti teeprojektides kasutamiseks Seletuskiri



MA 2018

Töö nimetus Eesti tingimustesse sobivaima autoliikluse müra arvutamise meetodi selgitamine
Maanteeameti teeprojektides kasutamiseks. Seletuskiri.

Töö nr 17/SL/38

Versioon Esitamiseks

Aeg veebruar 2018

Tellijal Maanteeamet

Registrikood: 70001490

Aadress: Teelise 4, 10916 Tallinn

Telefon: 6119360

E-post: info@mnt.ee

Teostajal Estonian, Latvian & Lithuanian Environment OÜ (ELLE OÜ)

Registrikood: 10705517

Aadress: Tõnismägi 3a-15, 10119 Tallinn

Telefon: 6117690

E-post: elle@environment.ee

Koostajad Silver Lind, MSc

Pille Antons, MSc

Oskars Beikulis, MSc (SIA Estonian, Latvian & Lithuanian Environment)

Janis Rubenis, MSc (SIA Estonian, Latvian & Lithuanian Environment)

SISUKORD	
SISSEJUHATUS	4
1 Taust.....	5
1.1 NMPB Routes 96	5
1.2 Temanord 1996:525	7
2 HINDAMISMEETODITE VÕRDLUS	10
3 VÕRDLEV MÜRAKAARDISTAMINE	12
3.1 Metoodika	12
3.2 Lähteandmed.....	12
Tabel 3. Liiklusrüüa mõõtmiste andmed (modelleerimise lähteandmed)	13
3.3 Tulemused.....	16
Tabel 4. Mõõtmistulemuste võrdlus punktaruutuste tulemustega.....	17
4 Järeldused ja soovitusud	21
KASUTATUD ALLIKAD	22
LISAD.....	23
Lisa 1. Liiklusrüüa mõõtmise protokollid.....	23
Lisa 2. Liiklusrüüa hajumiskaardid.....	23
Lisa 3. Analüüsitulemused.....	23
Lisa 2. Liiklusrüüa hajumiskaardid.....	24

SISSEJUHATUS

Eestis sätestab nõuded välisõhu müratasemetele ja välisõhu müra hindamisele atmosfääriõhu kaitse seadus¹. Välisõhus leviva müra normtasemed ja müratasemete mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid on sätestatud atmosfääriõhu kaitse seaduse § 56 lõike 4 ja § 61 lõike 1 kohases määru². Selle määru kohaselt on mürataseme hindamine mürataseme energeetilise keskmise või maksimaalse mürataseme iseloomustamine arvulise väärtusega või müratasemega seotud kahjulike mõjude arvutamine, prognoosimine või mõõtmine. Määru kohaselt liiklusrüüa taseme mõõtmiseks kasutatakse asjakohastes EVS-EN ISO standardites või Põhjamaade meetodites (Nordtest NT ACOU039 ja NT ACOU 056, mille koostamise aluseks on olnud ka Temanord 1996:525 meetod) esitatud regulaarse liiklusega sõiduteede mürataseme mõõtmise meetodeid.

Atmosfääriõhu kaitse seaduse § 63 lõike 10 ja § 64 lõike 10 kohane määru³ sätestab, et välisõhu strateegilisel mürakaardil kasutatavad müra kontrollnäitajad määratakse Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi 2002/49/EÜ⁴ lisades 1 ja 2 esitatud meetoditega. Antud direktiivi lisas 2 on toodud müra arvutamiseks soovitatud meetodid juhtudeks, kui liikmesriik ei kasuta siseriiklike arvutusmeetodeid. Maanteeliikluse müra arvutuste soovituslikuks meetodiks on toodud Prantsusmaa siseriiklik arvutusmeetod: „NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)“, mis on avaldatud Prantsusmaa Teatajas (*Journal Officiel*) 10. mail 1995 pealkirja all „*Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Article 6*“ ja Prantsusmaa standardis „XPS 31-133“ (edaspidi Prantsuse meetod).

Eelnevast on näha, et euroopa komisjoni soovituslik meetod liiklusrüüa arvutuste teostamiseks ja Eesti seadusandluse soovitusel liiklusrüüa mõõtmisteks erinevad. Liiklusrüüa mõõtmise kasutatakse tihtipeale arvutustulemuste kontrollimiseks, või olemasoleva liiklusrüüa olukorra hindamiseks. Erinevate meetoditega liiklusrüüa hindamisel võib tekkida olukordi, kus mõõdetud ja arvutatud tulemused ei ole omavahel võrreldavad, kuna hindamisel on kasutatud erinevaid meetodeid.

Käesoleva töö eesmärk on anda soovitusel, kumb eelmainitud meetoditest sobib rohkem Eesti liiklusrüüa arvutuste teostamiseks. Töö eesmärgi saavutamiseks teostati liiklusrüüa modelleerimised mõlema meetodiga, kasutades lähteandmeteks samu, liiklusrüüa mõõtmise protokollides toodud andmeid.

¹ Atmosfääriõhu kaitse seadus, RTI, 05.07.2016,1

² Keskkonnaministri 16.12.2016 määru nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“

³ Keskkonnaministri 20.10.2016 määru nr 39 „Välisõhu mürakaardi, strateegilise mürakaardi ja müra vähendamise tegevuskava sisu kohta esitatavad tehnilised nõuded ja koostamise kord“

⁴ Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2002/49/EÜ 25. juuni 2002, mis on seotud keskkonnamüra hindamise ja kontrollimisega

1 TAUST

1.1 NMPB Routes 96

Prantsuse meetod on Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi 2002/49/EÜ alusel valitud soovituslikuks ülemineku (inglise k. *Interim*) meetodiks.

Prantsuse meetodi puhul liikluse müra arvutamisel, arvestatakse sõidukite helivõimsustasemetega (A kaalutud helivõimsustase L_w), mis müra hajumisel teisendatakse ümber ekvivalentseteks müratasemeteks (L_{aeq}) ühe tunni kohta.⁵ Tulemused iseloomustavad aasta pikkuse perioodi liiklussagedust ja ilmastikutingimusi.⁶ Sõidukeid arvestatakse teel, kui punktallikaid. Selle tulemusel jaotatakse teelõik paljude punktallikatega osadeks, mis kokku moodustavad müraallikadena pideva joonallika. Need joonallikad paigutatakse meetodi soovitude kohaselt sõiduteele sõidurea keskele. Teelõigud on Prantsuse meetodi kohaselt homogeensed, kui sealt pärinev müraemissioon on peaaegu konstantne ning tee omadused püsivad samad kogu lõigu ulatuses. Iga sõidurida on soovitatud arvestada eraldi joonallikana.⁷ Erinevates müra arvutusprogrammides on võimalik seadetest uuritavale teelõigule seade arvutamiseks vastavad tingimused, et programm arvestaks sõiduridu eraldi.

Meteoroloogilistel tingimustel on Prantsuse meetodis oluline mõju müra hajumisele. Soovituslikult peab iga riik meetodi kasutamisel sisestama andmeid kohalike ilmastikutingimuste kohta, kuna vaikumisi väärtused on loodud Prantsusmaa ilmastikunäitajate põhjal.⁸

Sõidukite tekitatava mürataseme määramisel võetakse arvesse erinevate sõidukitüüpide (rasked >3,5t ja kerged <3,5t) liiklussagedust, liiklusvoo omadusi (pidev, pidev pulseeriv, kiirenev pulseeriv, aeglustav pulseeriv) ja uuringuobjektiks oleva tee gradienti (> 2% või ≤2%). Pideva liiklusvoo korral on arvestatud, et sõidukid liiguvad ühtlase kiirusega näiteks kiir- või maanteedel. Pulseeriva pideva liiklusvoo korral sõidukit kiirendavad või aeglustavad, kuid ühte neist tegevusest ei toimu märgatavalt sagedamini, kui teist (turbulentne liiklusvoog), samas on võimalik määrata ühtlast keskmist liikumiskiirust piisavas ajaühikus. Sellist liiklusvoo tüüpi esineb näiteks linnasisestel peamagistraalidel, mitme ristmikuga ühendusteedel, parklates, jalakäijate ülekäiguradadega lõikudes, peamagistraalid ummikute ajal jne. Pulseeriva kiirendava liiklusvoo korral toimub sõidukite turbulentne kiirendamine näiteks kiirteede alguses, maanteedel ja kiirteede peale sõiduteedel ja kiirendusradadel jne. Aeglustava pulseeriva liiklusvoo korral toimub sõidukite turbulentne aeglustamine näiteks ristmikule lähenedes, maanteedel ja kiirteede maha sõiduteedel. Madalate kiiruste korral arvestab meetod langevate müraväärtustega, keskmise kiiruse korral konstantse müraväärtustega ning kõrgete kiiruste korral kasvavate müraväärtustega. Sõidukite kiirus on määratletud mediaankiiruse v_{50} alusel (kiirus mille 50% sõidukitest ületab) või v_{50} , millele liidetakse 50% sõidukite kiiruse standardhälbest. Kõik keskmised kiirused alla 20 km/h, arvestatakse täpselt 20 km/h peale.

⁵ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

⁶ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.1 Road traffic noise- Description of the calculation method.

⁷ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

⁸ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.1 Road traffic noise- Description of the calculation method.

Lisaks meetod võimaldab arvestada arvutuste teostamisel sõidukite erineva kiirguse jaotusega (ööpäevane erinevus, kergete ja raskete sõidukite kiiruste erinevused).⁹

Ideaalseks tulemuseks, on Prantsuse meetodis vajalik määratleda nelja kategooriasse kuuluvad sõidukid:

- kerged sõidukid (mass < 3,5 t);
- raskeveokid (mass vahemikus 3,5-12 t);
- raskeveokid (mass >12 t);
- motoriseeritud kahe rattalised sõidukid.

Kuna üldiselt on keeruline saada liiklussagedust puudutavaid andmeid kõigi nelja kategooria sõidukite kohta, kasutatakse peamiselt lihtsustatud klassifikatsiooni: kerged sõidukid (<3,5 t) ja raskeveokid (>3,5 t).

Lisaks on Prantsuse meetodis vaikimisi soovituslikud vahendid erinevate teekattetüüpide müra hajumise korrektsiooni arvestamiseks. Teatud kiirustel, tekitavad sõidukite rehvid teekattega kokkupuutel rohkem müra, kui sõiduki kiirus või mootorikoormus. Erineva pinnakattega teed mõjutavad erinevate müramustrite teket, sõltuvalt sõidukite kiirusest. Seetõttu on vajalik arvestada teekattetüübist sõltuvaid korrektsioone. Prantsuse meetodis kasutatavad teekattetüübi korrektsioonid on toodud järgmises tabelis (**Tabel 1**).

Tabel 1. Teekattetüüpide korrektsioon

Teekattetüüp	Korrektsioon	
	V<80 km/h	V>80 km/h
Poorne materjal	-1 dB	-3 dB
Sile asfalt (betoon või mastiks)	0 dB	
Tsementbetoon ja laineline asfalt	+ 2 dB	
Kivisillutis	+4 dB	
Enda määratletud	-	

Prantsuse meetodis on defineeritud kolm teede pikiprofiili:

- horisontaalne tee või teelõik, mille gradient ei ole rohkem kui 2%;
- tõusva pikiprofiiliga tee, tõusva gradiendiga >2%;
- langeva pikiprofiiliga, laskuva gradiendiga >2%.

Ühesuunalise tee puhul, saab otseselt rakendada ühte sobivat eelmainitud profiili. Kahesuunalise tee puhul, täpse tulemuse saamiseks, on vaja teostada eraldi mõlema suuna kohta gradienti arvesse võtvad arvutused. Pikiprofiili gradient on oluline, kuna teekaldel on mõju sõiduki kiirusele ja mootori tööle (nt. tõusva gradiendiga tee korral on müratase kõrgem).¹⁰

Müra hajumise arvutamisel kalkuleeritakse kõik müra levimise viisid (otsene, peegeldustega levimine, difraktsiooniline levimine), lisaks võetakse arvesse ka järgnevad parameetrid:

- müra sumbumine, mille tingib müra kandumine keskkonnas (nimetatakse geomeetriliseks divergentsiks ning põhineb sfäärilisel müra hajumisel);
- atmosfääriline absorbeerumine, sõltuvalt müraallika ja vastuvõtja vahelisest kaugusest;

⁹ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

¹⁰ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

- maapinna helineeldevõime G (näiteks peegelduva maapinna $G=0$, arvestatakse korrigeerimine -3 dB);
- difraktsioonifaktor, mida omavad erinevad takistused müra levikul;
- erinevate objektide peegelduste mõju müra levikule ja tasemele vastuvõtja juures.^{11 12}

Prantsuse meetodil on mõned piirangud:

- vastuvõtja (arvutuspunkt) peab olema vähemalt 2 m kõrgusel;
- mudel on arvestatava täpsusega kuni 800 m kaugusele müraallikast (teest);
- minimaalne sõidukite kiirus on 20 km/h.¹³

Prantsuse meetodis arvestatakse sõidukite müraallika kõrguseks 0,5 m. Etalonpunkt on 30 m kaugusel sõiduraja servast ja 10 m kõrgusel. Tee servad peavad olema takistusteta ja väga peegelduva pinnaga. Prantsuse meetod võimaldab vähesel määral sõidukite liiklusvoo jagamist erinevateks allikateks. Kõige lihtsam viis on üks rida tee keskel, kõige varieeruvam on üks allikas ühe sõidurea kohta.¹⁴ Müra hajumine on arvutatakse sagedusel 125-4000 Hz.¹⁵

1.2 Temanord 1996:525

Temanord 1996:525 (edaspidi põhjamaade meetod) meetod on kolmas redaktsioon algsest, 1978. aastal avaldatud müra hindamise meetodist. Põhjamaade meetod töötati välja pärast algse meetodi teist redaktsiooni mitmete Taanis, Soomes, Norras ja Rootsis läbi viidud uurimustööde põhjal.¹⁶

Põhjamaade meetodi kohaselt iseloomustab liiklusmüra kõige paremini A-kaalutud ekvivalentne pidev helirõhu tase (L_{aeq}). Tavaliselt arvutatakse see 24 tunni pikkuse perioodi kohta, kuid meetodit saab kasutada ükskõik kui pikka perioodi mürataseme arvutamiseks. Ekvivalentne müratase arvutatakse keskmistatud kergete ja raskete sõidukite ekspositsioonitaseme L_{AE} põhjal. Põhjamaade meetodis arvutatakse antud ekvivalentne müratase, võttes arvesse järgmisi parameetreid:

- liiklussagedus kahte tüüpi sõidukite arvestuses (rasked $>3,5t$ ja kerged $<3,5t$);
- kui on teada, sõidukite reaalne kiirus (mõõdetud keskmine kiirus), teistel juhtudel arvestatakse piirkiirusega;
- kaugus sõidutee keskteljest;
- tee kõrgus võrreldes ümbritseva maapinnaga;

¹¹ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

¹² European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.1 Road traffic noise- Description of the calculation method.

¹³ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

¹⁴ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

¹⁵ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.1 Road traffic noise- Description of the calculation method.

¹⁶ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen

- tõkete kõrgus ja asukoht;
- tõkete paksus;
- vastuvõtja asukoht, võrreldes ümbritseva maapinnaga, teepinnaga või tõketega;
- vastuvõtja asukoht, võrreldes peegeldava vertikaalse pinnaga;
- maapinna tüüp (pehme või kõva).¹⁷

Põhjamaade meetod on loodud, et meetodi kohaselt arvutatud tulemused saaks võrdsustada müra mõõtmistulemustega, mis on mõõdetud mõistlikes meteoroloogilistes tingimustes- (<2 m/s) allatuult. Peamine arvutustulemus saadakse vaba helivälja tingimustes v.a juhtudel, kui arvutatakse müratasest fassaadi läheduses (lähemal, kui 2 m fassaadist, arvestatakse müratase 3 dB kõrgemana).¹⁸

Sõidukite kiiruse puhul arvestatakse põhjamaade meetodis uuritava tee sõidukite määratud keskmisi sõidukiiruseid. Lisaks meetod võimaldab arvestada arvutuste teostamisel sõidukite erineva kiirguse jaotusega (ööpäevane erinevus, kergete ja raskete sõidukite kiiruste erinevused). Lisaks arvestatakse maksimaalse helirõhutasemega L_{AFmax} , mis on defineeritud, kui aritmeetiline maksimaalse mürataseme keskmine väärtus. Põhjamaade meetod ei võta arvesse erinevaid liiklusvoo tüüpe. Vaikimisi arvestatakse meetodis kogu tee üheks müraallikaks, sõiduridu eraldi müraallikatenä ei arvestata.¹⁹ Samas on mitmed müra arvutusprogrammide tootjad loonud võimalused arvestada täiendavate sõiduridadega. Juhul kui uuringualune tee pole lõpmata pikk ja sirge ning konstantse müra ja liiklustingimustega, jagatakse tee lõikudeks ning müra arvutamise tulemusena, summeeruvad nende lõikude müratasemed.²⁰

Põhjamaade meetodis arvestatakse teekattetüübiks vaikimisi (soovitusliku) väärtusena rohkem kui ühe aasta vanust, tihedat ja siledat asfaltbetooni (pinnakatte osakeste suurus 12-16 mm). Teekattetüüpide võimalike kasutatavate korrektsioonide kohta on meetodi lisa (lisa A) toodud mahukas tabel võimalike korrektsioonidega. Lisaks on erinevate müra arvutusprogrammide tootjad loonud võimalused antud korrektsioone otseselt arvutuste teostamisel arvestada. Meetodis vaikimisi ei saa samuti arvesse võtta naastrehvide kasutamist, ning erinevaid ilmastikutingimusi. Vaikimisi parameetriteks arvestatakse nõrka allatuult ja neutraalset õhutemperatuuri (on täheldatud, et müra emissioon väheneb $0,1$ dB/ $^{\circ}$ C), kuid täpsemaid andmeid meetodis arvesse võtta ei saa.²¹

Põhjamaade meetodis on arvestatud, et ekvivalentset müratasest mõjutab tee gradient ja tõusu pikkus. Põhjamaade meetodis on rakendatav vastav korrektsioon, mis sobib olukordadele, kus on piisavalt pikk tõus, mis võiks oluliselt mõjutada müratasest. Antud korrektsioon kehtib ainult tõusva gradiendiga teele.

¹⁷ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen

¹⁸ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen

¹⁹ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

²⁰ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen

²¹ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen

Põhjamaade meetodis arvestatakse sõidukite müraallika kõrguseks 0,5 m teepinnast. Etalonpunkt on 10 m kaugusel lähima sõiduraja keskteljest ja 1,5 m kõrgusel.²² Müra mudel on usaldusväärne kuni 300 m kaugusele müraallikast.²³

²² European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

²³ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen

2 HINDAMISMEETODITE VÕRDLUS

Järgnevas tabelis (Tabel 2) on toodud Prantsuse- ja põhjamaade hindamismeetodis kasutatavate parameetrite võrdlus.

Tabel 2. Hindamismeetodite parameetrite võrdlus ^{24 25}

Parameeter	NMPB R96	Temanord 1996:525
Baas müra parameeter	Sõidukite (rasked ja kerged) helivõimsustase (L_w), arvutatuna ekvivalenttasemeks (L_{aeq}).	Keskmiostatud sõidukite (rasked ja kerged) heli ekspositsioonitase L_{AE} , arvutatuna ekvivalenttasemeks (L_{aeq}).
Sagedusvahemik	125-4000 Hz.	Pole täpsustatud.
Etalonpunkti kaugus allikast	30 m kaugusel, 10 m kõrgusel.	10 m kaugusel, 1,5 m kõrgusel.
Arvutuspunkti kõrgus	minimaalselt 2 m	Pole täpsustatud.
Maksimaalne kaugus allikast	800 m	300 m
Müraallika asukoht	0,5 m teepinna kohal.	0,5 m teepinna kohal.
Sõidukite kiirus	Keskmine kiirus.	Reaalne kiirus (mõõdetud keskmine kiirus), puudumisel piirkiirus.
Minimaalne sõidukite kiirus	20 km/h	Pole täpsustatud. Kuid katsearvutused näitavad, et erinevates müra arvutusprogrammides on madalaimaks minimaalseks kiiruseks 40 km/h.
Sõidukite kiiruse mõju mürale	Püsib konstantne, või väheneb madalate kiiruse puhul. Müratase tõuseb kõrgete kiiruste puhul.	L_{aeq} kasvab kiiruse tõusuga.
Sõidukite kategooriad	2 sõidukite kategooriat: kerged <3,5 t ja rasked >3,5t.	2 sõidukite kategooriat: kerged <3,5 t ja rasked >3,5t.
Liiklussagedus	Sõidukite arv vastavalt kategooriale ajaühikus.	Sõidukite arv vastavalt kategooriale ajaühikus.
Liiklusvoo tüüp	4 liiklusvoo tüüpi (pidev, pidev pulseeriv, kiirenev pulseeriv, aeglustav pulseeriv)	Pole täpsustatud.
Liiklusvoo ööpäevane jagunemine	Vaikimisi väärtused puuduvad.	Vaikimisi väärtused puuduvad.
Teekatte mõju	Vaikimisi 4 standardset teekattetüüpi+ võimalus lisada modifitseeritud väärtustega teekattetüüp.	Vaikimisi puudub. Ainult valikuline, väga mahukas ja

²⁴ European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.

²⁵ Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhagen

		detailne nimekiri erinevatest teekattetüüpidest. ^{26 27}
Teekatte korrektsioonid	Poorne materjal -1 dB/-3 dB; sile asfalt (betoon või mastiks) 0 dB; tsementbetoon ja laineline asfalt + 2 dB; kivisillutis +4 dB; enda määratletud -	Vaikimisi korrektsioon puudub. Ainult valikuline, väga mahukas ja detailne nimekiri erinevatest teekattetüüpidest vastavate korrektsioonidega. ^{28 29 30}
Etalon teekattetüüp	Sile asfalt, etalon teekattetüüpi pole rohkem täpsustatud.	Asfaltbetoon, pinnakatte osakeste suurus 12-16 mm.
Tee gradiendi mõju	Sõltuvalt sõidukitüübist, liiklusvoo omadustest ja sõiduki kiirusest, vastavad korrektsioonid tõusva gradiendiga teele (>2%), laskuva gradiendiga teele (<2%).	Korrektsioonid ainult tõusva gradiendiga teele, seotud gradiendi suurusega ja raskeveokite osakaaluga. Korrektsiooni ei mõjuta sõidukite kiirus.

Eelnevast tabelist on näha, et Prantsuse meetodil on vaikimisi rohkem erinevaid parameetreid (sõidukite kiiruse mõju müratasemele, teekatte mõju, tee gradiendi mõju), millega müra arvutuste teostamisel arvestatakse.

Eelnevas tabelis toodud parameetrid (liiklusvoo parameetrid, sõidukite jagunemine, kiirus, teekattetüüp, meteoroloogilised tingimused Prantsuse meetodi puhul jne.) omavad liikluse müra arvutuste tulemustele olulist mõju, seetõttu on liikluse müra arvutuste teostamisel oluline need sisendandmetena võimalikult täpselt arvesse võtta. Seega liikluse müra mõõtmiste ajal on oluline määrata müra mõõtmise ajal kohapeal peamised meteoroloogilised (temperatuur, tuulekiirus, tuulesuund, sademed) näitajad ning kirjeldada müraallika teekattetüüpi võimalikult täpselt. Lähimas meteoroloogiajaamas mõõdetud ilmastikutingimused võivad märgatavalt erineda konkreetse mõõtmispunkti mõõtmise ajal valitsevatest tingimustest. Tihtipeale jäävad ka lähimad meteoroloogiajaamad mõõtmispunkti mitmete, kui mitte mitmekümnete kilomeetrite kaugusele, lisaks võidakse meteoroloogiajaamas mõõta näitajad palju kõrgemal, kui on liikluse müra mõõdetud (nt tuule kiirus 10 m kõrgusel võib olla märgatavalt tugevam, kui 2 m kõrgusel, kus asub müramõõtemikrofon).

²⁶ Road traffic: Measurement of noise immission - Engineering method (NT ACOU 039)

²⁷ Keskkonnaministri 16.12.2016 määrus nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“ Lisa 2

²⁸ Erinevate müra arvutusprogrammide tootjad on loonud võimalused antud korrektsioone arvestada otse arvutuste teostamisel.

²⁹ Road traffic: Measurement of noise immission - Engineering method (NT ACOU 039)

³⁰ Keskkonnaministri 16.12.2016 määrus nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“ Lisa 2

3 VÕRDLEV MÜRAKAARDISTAMINE

3.1 Metoodika

Müra hajumise hindamine toimus modelleerimise teel, milleks kasutati Wölfel Messsysteme Software GmbH & Co väljatöötatud müra hindamise (modelleerimise) tarkvara IMMI .

ELLE Grupp kasutab litsentsiga IMMI Premium paketti, mis vastab täielikult Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiivi 2002/49/EÜ 25. juuni 2002 nõuetele, mis on seotud keskkonnamüra hindamise ja kontrollimisega ning võimaldab teha arvutusi strateegilisele mürakaardile ettenähtud mahus. IMMI sisaldab liiklus-, raudtee- ja tööstusmüra modelleerimiseks Euroopa Parlamendi ja Nõukogu 2002/49/EÜ 25. juuni 2002 Direktiivis ja selle lisades nimetatud arvutusmeetodeid.

Käesoleva töö eesmärgist lähtuvalt teedel toimuvast liiklusest tuleneva müra hajumine keskkonnas arvutati ühes olukorras Prantsuse riikliku standardi XP S 31-133 ja arvutusmeetodi NMPB-Routes-96 alusel ning teises olukorras põhjamaade meetodi Temanord 1996:525 alusel.

Müra hajumise hindamiseks koostati müramudel. Teede asukoha, hoonestuse asukoha ja kõrguse määramisel, kõrgusandmete ja müratõkete asukoha ja kõrguse määramisel ning maapinna tüübi (pehmed alad, peegeldavad alad, segaalad) puhul arvestati Tellijalt saadud kaardikihtidel olevate andmetega. Modelleerimisel on arvestatud ka müra peegeldumisega hoonete pinnalt.

Müra hajumine on modelleeritud 2 m kõrgusel maapinnast (samal kõrgusel teostatakse arvutused siseriiklikuks kasutuseks mõeldud strateegiliste mürakaartide puhul), arvutussammuga 5*5 meetrit.

Sobivama meetodi väljavalimiseks võrreldi Tellijalt saadud müra mõõtmise tulemusi müra modelleerimise tulemustega. Müratasemed arvutati punktarvutustena ja mürakaartidena samades punktides, kus Tellijalt saadud info kohaselt ajavahemikul 2014-2017 on teostatud liikluse müra mõõtmised. Lähteandmetena kasutati müra mõõtmise protokollides määratud liiklussagedusi ja sõidukite kiiruseid. Meteoroloogiliste tingimustena kasutati lähima meteoroloogiajaama seireandmeid.

3.2 Lähteandmed

Järgmises tabelis (Tabel 3) on toodud võrdluse aluseks olevate liikluse müra mõõtmiste andmed, mida kasutati modelleerimisel lähteandmetena. Lähteandmete aluseks olevate liikluse müra mõõtmise protokollide koopiad on toodud käesoleva töö lisas (Lisa 1).

Tabel 3. Liiklusrüra mõõtmiste andmed (modelleerimise lähteandmed)

Müra mõõtmise number	Mõõtmispunkti asukoht	Mõõtmise aeg, kuupäev	Mõõtmise aeg, kellaaeg	Kaugus teest, m	Sõidukite kiirus, km/h	Liiklussagedus (kerget sõidukid)	Liiklussagedus (rasked sõidukid)	Müra mõõtmise tulemus, dB	Arvutatud müratase aasta keskmise liiklussageduse alusel
1	Rae vald, Baasi tee 1	28.03.2017	12.30-13.30	20	90	525	156	72	-
2	Rae vald, Baasi tee 1	28.03.2017	12.30-13.30	56	90	525	156	62	-
3	Kose vald, Kolu küla	28.03.2017	14.54-15.54	20	90	549	129	68	-
4	Kose vald, Kolu küla	28.03.2017	14.54-15.54	50	90	549	129	59	-
5	Saku vald, Kasela talu	29.03.2017	13.55-14.55	5	90	592	187	79	-
6	Saku vald, Kasela talu	29.03.2017	13.55-14.55	25	90	592	187	68	-
7	Sauga alevik, Siikese tn 1 ja 2	29.03.2017	11.15-12.15	31	70	551	193	62	-
8	Sauga alevik, Siikese tn 1 ja 2	29.03.2017	11.15-12.15	64	70	551	193	57	-
9	Kiiu alevik, Mõisa tee 23	29.03.2017	15.45-16.45	11	90	596	131	69	-
10	Kiiu alevik, Mõisa tee 23	29.03.2017	15.45-16.45	50	90	596	131	58	-
11	Saue vald, Püha küla	7.04.2017	14.00-15.00	5	90	657	42	72	-
12	Saue vald, Püha küla	7.04.2017	14.00-15.00	40	90	657	42	64	-
13	Tiskre küla, Saare talu	7.04.2017	12.30-13.30	5	50	962	40	76	-
14	Tiskre küla, Saare talu	7.04.2017	12.30-13.30	30	50	962	40	64	-

15	Tartu, Viljandi mnt 60	12.04.2017	10.20-11.20	6	50	657	42	73	-
16	Tartu, Viljandi mnt 60	12.04.2017	10.20-11.20	35	50	657	42	60	-
17	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	26.02.2015	11.00-12.00	47	70	494	161	57,3	-
18	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	26.02.2015	11.00-12.00	22	70	494	161	54,7	-
19	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	26.02.2015	11.00-12.00	24	70	494	161	55,3	-
20	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	7.07.2014	11.00-19.00	48	70	4941	1014	63,7	63,1
21	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	7.07.2014	19.00-23.00	48	70	982	399	62,5	61,4
22	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	8.07.2014	23.00-07.00	48	70	764	337	58,9	55,5
23	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	8.07.2014	07.00-11.00	48	70	2139	503	64,5	63,9
24	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	7.07.2014	11.00-19.00	23	70	4941	1014	68,2	67,5
25	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	7.07.2014	19.00-23.00	23	70	982	399	-	66,1
26	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	8.07.2014	23.00-07.00	23	70	764	337	-	60,3
27	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	8.07.2014	07.00-11.00	23	70	2139	503	-	68,7
28	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	7.07.2014	11.00-19.00	25	70	4941	1014	68,1	67,6
29	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	7.07.2014	19.00-23.00	25	70	982	399	-	66,2
30	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	8.07.2014	23.00-07.00	25	70	764	337	-	60,3
31	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	8.07.2014	07.00-11.00	25	70	2139	503	-	68,7

56	Sauga, Tallinna mnt 124	25.11.2015	10.00- 19.00	26	70	5493	1220	67	-
57	Sauga, Tallinna mnt 124	25.11.2015	19.00- 23.00	26	70	1093	326	-	65,3
58	Sauga, Tallinna mnt 124	26.11.2015	23.00- 07.00	26	70	519	337	-	59,4
59	Sauga, Tallinna mnt 124	26.11.2015	07.00- 10.00	26	70	1831	407	67	-
60	Sauga, Tallinna mnt 134	25.11.2015	10.00- 19.00	25	70	5493	1220	67,6	-
61	Sauga, Tallinna mnt 134	25.11.2015	19.00- 23.00	25	70	1093	326	-	63,3
62	Sauga, Tallinna mnt 134	26.11.2015	23.00- 07.00	25	70	519	337	-	57,1
63	Sauga, Tallinna mnt 134	26.11.2015	07.00- 10.00	25	70	1831	407	67,6	-
64	Sauga, Tallinna mnt 148	25.11.2015	10.00- 19.00	29	70	5493	1220	64,4	-
65	Sauga, Tallinna mnt 148	25.11.2015	19.00- 23.00	29	70	1093	326	62,8	-
66	Sauga, Tallinna mnt 148	26.11.2015	23.00- 07.00	29	70	519	337	58,6	-
67	Sauga, Tallinna mnt 148	26.11.2015	07.00- 10.00	29	70	1831	407	65	-

3.3 Tulemused

Järgmises tabelis (Tabel 4) on toodud liiklusrüüra mõõtmistulemuste võrdlus Prantsuse ja põhjamaade meetoditega modelleeritud punktarvutuste tulemuste vahel. Antud tabelist on välja jäetud anomaalsed tulemused (tulemused, kus mõlema arvutuse korral on mõõtmistulemuste ja punktarvutuste tulemuste erinevus rohkem kui 2,5 dB ja/või kahe tulemuse vahe on suurem kui 4 dB). Kõigi arvutuste andmed, koos anomaalsete tulemustega, on toodud käesoleva töö lisas (Lisa 3).

Tabel 4. Mõõtmistulemuste võrdlus punktarvutuste tulemustega.

Müra mõõtmise number	Mõõtmispunkti asukoht	Mõõtmise aeg, kuupäev	Mõõtmise aeg, kellaaeg	Müra mõõtmise tulemus, dB	Arvutatud müratase aasta keskmise liiklussageduse alusel	Punktarvutuse tulemus NMPB R96 kohaselt	Vahe mõõtmise tulemusega	Punktarvutuse tulemus Temanord kohaselt	Vahe mõõtmistulemustega
1	Rae vald, Baasitee 1	28.03.2017	12.30-13.30	72	-	70,3	-1,7	68,1	-3,9
6	Saku vald, Kasela talu	29.03.2017	13.55-14.55	68	-	69,7	1,7	68,1	0,1
9	Kiiu alevik, Mõisa tee 23	29.03.2017	15.45-16.45	69	-	70,1	1,1	70,1	1,1
11	Saue vald, Püha küla	7.04.2017	14.00-15.00	72	-	74,9	2,9	72,4	0,4
12	Saue vald, Püha küla	7.04.2017	14.00-15.00	64	-	68,2	4,2	65,4	1,4
16	Tartu, Viljandi mnt 60	12.04.2017	10.20-11.20	60	-	60,1	0,1	56,7	-3,3
17*	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	26.02.2015	11.00-12.00	57,3	-	56,8	-0,5	56,9	-0,4
18*	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	26.02.2015	11.00-12.00	54,7	-	57	2,3	55,9	1,2
20	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	7.07.2014	11.00-19.00	63,7	63,1	62,8	-0,9	62,8	-0,9
21	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	7.07.2014	19.00-23.00	62,5	61,4	60,8	-1,7	60,6	-1,9

22	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	8.07.2014	23.00- 07.00	58,9	55,5	57,3	-1,6	56,7	-2,2
23	Sauga alevik, Tallinna mnt 164	8.07.2014	07.00- 11.00	64,5	63,9	62,8	-1,7	62,8	-1,7
24	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	7.07.2014	11.00- 19.00	68,2	67,5	67,5	-0,7	65,9	-2,3
25	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	7.07.2014	19.00- 23.00	-	66,1	65,4	-0,7	63,7	-2,4
26	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	8.07.2014	23.00- 07.00	-	60,3	61,8	1,5	59,9	-0,4
27	Sauga alevik, Tallinna mnt 168	8.07.2014	07.00- 11.00	-	68,7	67,5	-1,2	65,9	-2,8
28	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	7.07.2014	11.00- 19.00	68,1	67,6	66,5	-1,6	67	-1,1
29	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	7.07.2014	19.00- 23.00	-	66,2	64,6	-1,6	64,9	-1,3
30	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	8.07.2014	23.00- 07.00	-	60,3	61,2	0,9	61	0,7
31	Sauga, alevik, Kuldnoka tn 2	8.07.2014	07.00- 11.00	-	68,7	66,5	-2,2	67	-1,7
56	Sauga, Tallinna mnt 124	25.11.2015	10.00- 19.00	67	-	66,8	-0,2	67,9	0,9
57	Sauga, Tallinna mnt 124	25.11.2015	19.00- 23.00	-	65,3	64,4	-0,9	65,2	-0,1
58	Sauga, Tallinna mnt 124	26.11.2015	23.00- 07.00	-	59,4	60,7	1,3	61,4	2
59	Sauga, Tallinna mnt 124	26.11.2015	07.00- 10.00	67	-	66,8	-0,2	67,9	0,9

60	Sauga, Tallinna mnt 134	25.11.2015	10.00- 19.00	67,6	-	67,4	-0,2	68,2	0,6
61	Sauga, Tallinna mnt 134	25.11.2015	19.00- 23.00	-	63,3	64,9	1,6	65,5	2,2
63	Sauga, Tallinna mnt 134	26.11.2015	07.00- 10.00	67,6	-	67,4	-0,2	68,2	0,6
64	Sauga, Tallinna mnt 148	25.11.2015	10.00- 19.00	64,4	-	67,2	2,8	65,1	0,7
65	Sauga, Tallinna mnt 148	25.11.2015	19.00- 23.00	62,8	-	64,5	1,7	62,4	-0,4
66	Sauga, Tallinna mnt 148	26.11.2015	23.00- 07.00	58,6	-	60,6	-0,5	58,6	0
67	Sauga, Tallinna mnt 148	26.11.2015	07.00- 10.00	65	-	67,2	2,3	65,1	0,1

* mõõtmised teostatud pärast müratõkkeseina ehitust.

Eelnevatest tulemustest on näha, et Prantsuse meetodi puhul hinnatakse müraolukorda enamasti üle (keskmiselt hindab Prantsuse meetod müra taseme samas punktis ca 1 dB kõrgemaks), samas kui põhjamaade meetod enamasti alahindab müraolukorda. Prantsuse meetodi ülehindamist on kajastatud ka teistes uuringutes³¹. Lisaks on seda näha ka müra hajumist kujutavatel mürakaartidel Joonis 1- Joonis 30 (Lisa 2). Käesoleva uuringu tulemuste põhjal on näha, et selget tulemust ühe meetodi eelistamiseks konkreetselt välja tuua ei saa. See aga tähendab, et kuna Eestis kasutatakse liikluse müra modelleerimisel nii Prantsuse kui ka põhjamaade meetodit, pole kummagi meetodi kasutamisel saadud tulemused eeldatavalt valed. Kui anomaalsed tulemused välja jätta, on siiski Prantsuse meetodi puhul modelleerimistulemuste ja mõõtmistulemuste keskmine vahe (+0,2 dB) väiksem, kui põhjamaade meetodi puhul (-0,4 dB).

Käesolevas uuringus arvutustes ilmnenu anomaalsed tulemused, on eeldatavalt põhjustatud modelleerimisel arvestatud ja müra mõõtmiste ajal konkreetselt mõõtmispunktis valitsenu ilmastikutingimustest. Mõõtmiste ajal pole mõõtmispunktis kohapeal määratud müra hajumist oluliselt mõjutavaid ilmastikutingimusi- tuule kiirus, tuule suund jne., vaid andmed on võetud Riigi Ilmateenistuse andmetest. Meteoroloogiajaamades mõõdetud tuule kiirus ja suund võivad oluliselt erineda mõõtmispunktis valitsenu ilmastikutingimustest. Lisaks võisid liikluse müra mõõtmisi mõjutada täiendavad mürasündmused või käesoleva töö koostajale mitte teadaolevad asjaolud, mida pole mõõtmisprotokollides kajastatud ning mida modelleerimisel arvesse ei saa võtta.

³¹ Bertellino, F, *et al.* 2016. Noise mapping of agglomerations: a comparison of Interim standards vs new CNOSSOS-EU method in a real case study. Hamburg

4 JÄRELDUSED JA SOOVITUSED

Käesoleva uuringu tulemuste põhjal on näha, et selget tulemust ühe meetodi eelistamiseks konkreetselt välja tuua ei saa. See aga tähendab, et kuna Eestis kasutatakse liiklusrüüa modelleerimisel nii Prantsuse kui ka põhjamaade meetodit, pole kummagi meetodi kasutamisel saadud tulemused eeldatavalt valed. Kui anomaalsed tulemused välja jätta, on siiski Prantsuse meetodi puhul modelleerimistulemuste ja mõõtmistulemuste keskmine vahe (+0,2 dB) väiksem, kui põhjamaade meetodi puhul (-0,4 dB).

Töö lähteandmeteks kasutatavate liiklusrüüa mõõtmiste raames polnud mõõtmispunktis kohapeal määratud rüüa hajumist oluliselt mõjutavaid ilmastikutingimusi- tuule kiirus, tuule suund jne., vaid andmed olid võetud Riigi Ilmateenistuse andmetest. Meteoroloogiajaamades mõõdetud tuule kiirus ja suund võivad oluliselt erineda mõõtmispunktis valitsenud ilmastikutingimustest. Lisaks võisid liiklusrüüa mõõtmisi mõjutada täiendavad rüüasündmused või käesoleva töö koostajale mitte teadaolevad asjaolud, mida pole mõõtmisprotokollides kajastatud ning mida modelleerimisel arvesse ei saa võtta. Seetõttu oleks täpsemate hinnangute ja tulemuste saamiseks soovituslik läbi viia konkreetselt käesoleva töö eesmärgipäraseid liiklusrüüa mõõtmisi ja nende põhjal Temanord 1996:525 ja NMPB Routes-96 meetoditega rüüa hajumise modelleerimised. Antud rüüa mõõtmiste puhul tuleks kindlasti teostada mõõtmistega samaaegselt liiklusloendus, määrata mõõtmispunktis meteoroloogilised tingimused, määrata võimalusel rüüaallikat iseloomustavad olulised parameetrid (Tabel 2) ning valida mõõtmispunktid selliselt, kus oleks võimalik välistada teiste rüüaallikate või -sündmuste mõjud. Soovituslik oleks teostada antud mõõtmised ka erinevatel kaugustel rüüaallikast, et näha, kuidas kauguse muutumisel allikast, erinevad meetodid rüüa hajumist arvutavad.

Euroopa komisjon on kehtestamas liikmesriikidele ühtset rüüa arvutuste meetodit (CNOSSOS³²). Prantsuse meetodi ja CNOSSOS meetodite kohta on teostatud käesolevale uuringule sarnaseid töid³³ ning nendest tulemustest on näha, et CNOSSOS meetod, sarnaselt põhjamaade meetodile alahindab vähesel määral rüüataset, samas kui Prantsuse meetod veidi ülehindab rüüaolukorda. Kui CNOSSOS meetod muutub Euroopa komisjoni kohaselt kohustuslikuks (strateegiliste rüüakaartide koostamisel), on väga oluline hinnata sarnaselt käesolevale tööle selle meetodi sobivust Eesti tingimustesse. Samuti tekib vajadus võrrelda CNOSSOS meetodi arvutustulemusi liiklusrüüa mõõtmistulemustega. Antud uuring peaks toimuma enne 2022. aasta strateegiliste rüüakaartide koostamise perioodi, ehk hiljemalt aastal 2020.

³² <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/reference-reports/common-noise-assessment-methods-europe-cnossos-eu>

³³ Bertellino, F, *et al.* 2016. Noise mapping of agglomerations: a comparison of Interim standards vs new CNOSSOS-EU method in a real case study. Hamburg

KASUTATUD ALLIKAD

1. Atmosfääriõhu kaitse seadus, RTI, 05.07.2016,1
2. Bertellino. F, *et al.* 2016. Noise mapping of agglomerations: a comparison of Interim standards vs new CNOSSOS-EU method in a real case study. Hamburg
3. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2002/49/EÜ 25.juuni 2002, mis on seotud keskkonnamüra hindamise ja kontrollimisega
4. European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.1 Road traffic noise-Description of the calculation method.
5. European Commission. 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping. WP 3.1.2 Road traffic noise-Noise emissions:databases.
6. Keskkonnaministri 16.12.2016 määrus nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“
7. Keskkonnaministri 20.10.2016 määrus nr 39 „Välisõhu mürakaardi, strateegilise mürakaardi ja müra vähendamise tegevuskava sisu kohta esitatavad tehnilised nõuded ja koostamise kord“
8. Road traffic: Measurement of noise immission - Engineering method (NT ACOU 039)
9. Temanord Environment. 1996. Road Traffic noise- Nordic Prediction Method. Temanord 1996:525. Kopenhaagen
10. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/reference-reports/common-noise-assessment-methods-europe-cnossos-eu>

LISAD

Lisa 1. Liiklusmüra mõõtmise protokollid

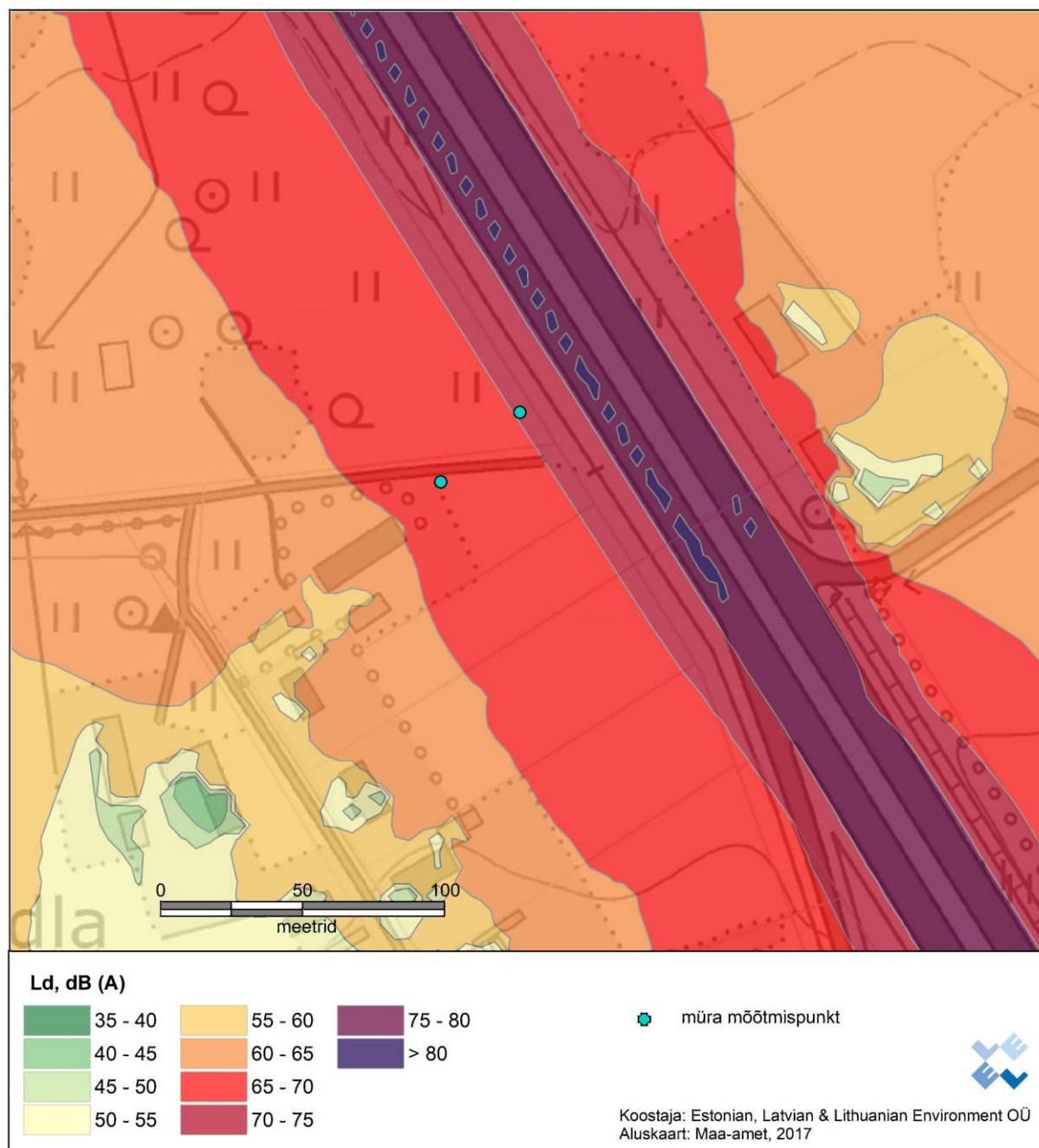
Lisatud tööle.

Lisa 2. Liiklusmüra hajumiskaardid

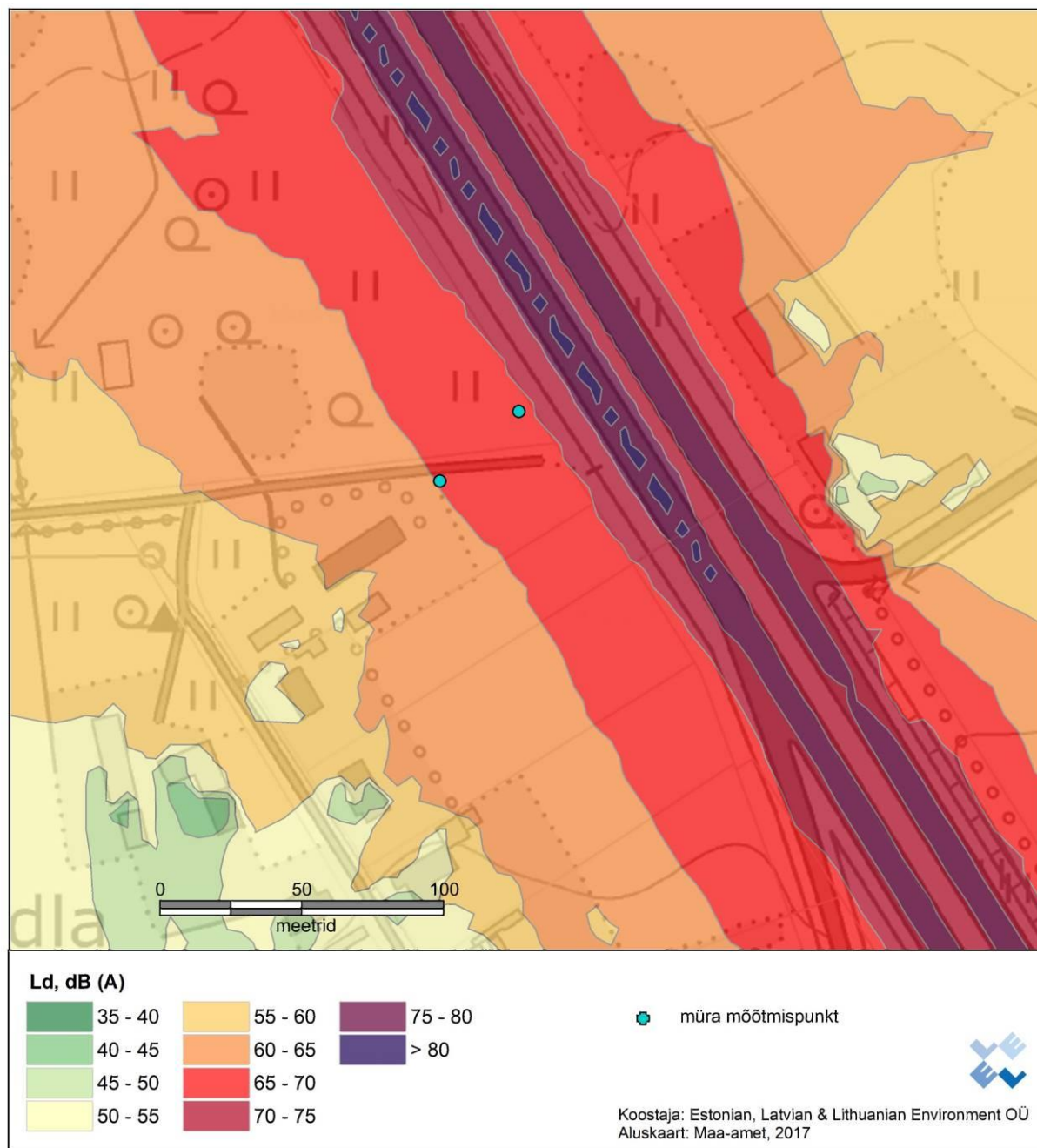
Lisa 3. Analüüsitulemused

Lisatud tööle.

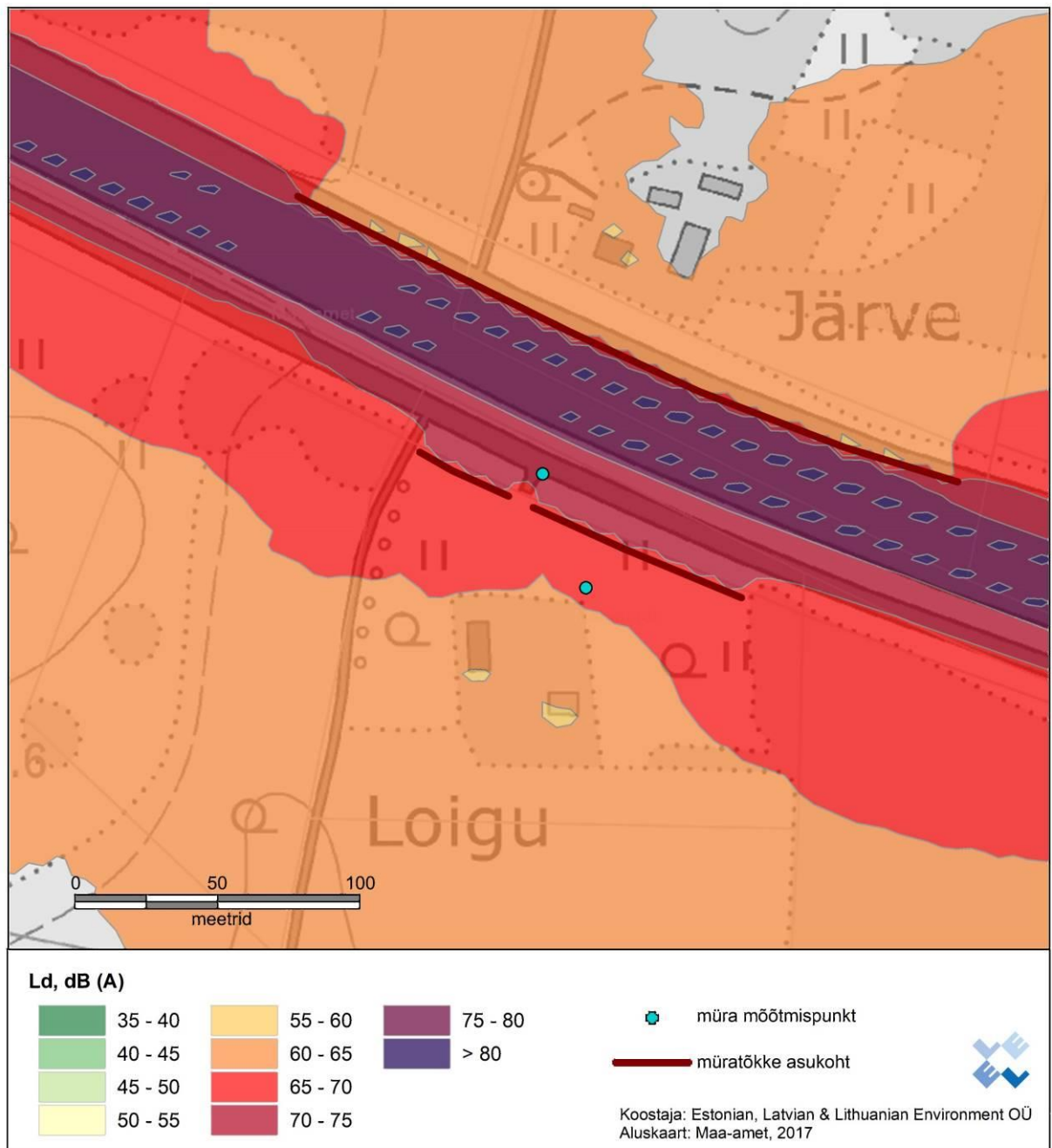
Lisa 2. Liikluse müra hajumiskaardid



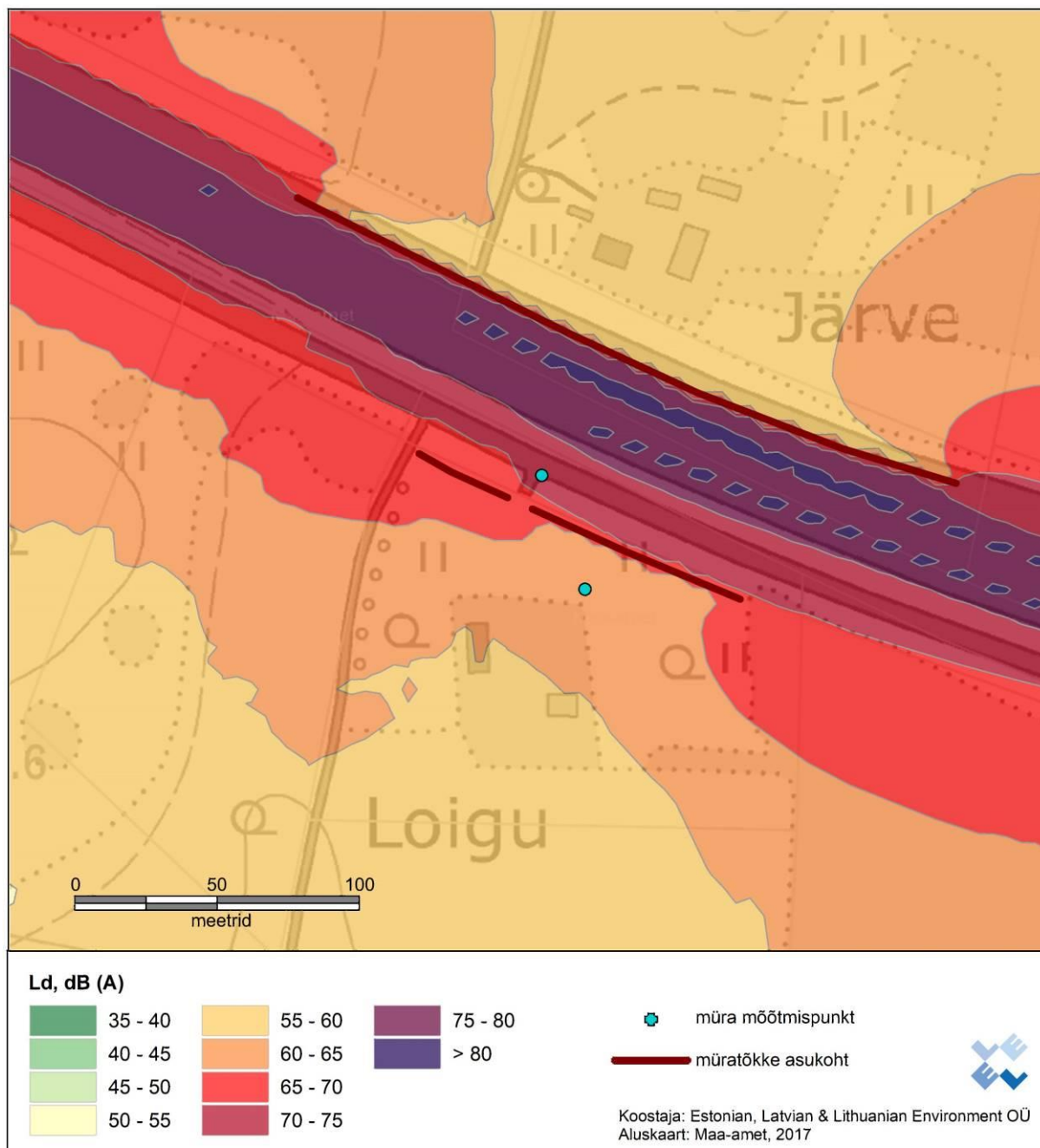
Joonis 1. Mõõtmiste 1-2 müratase päeval ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



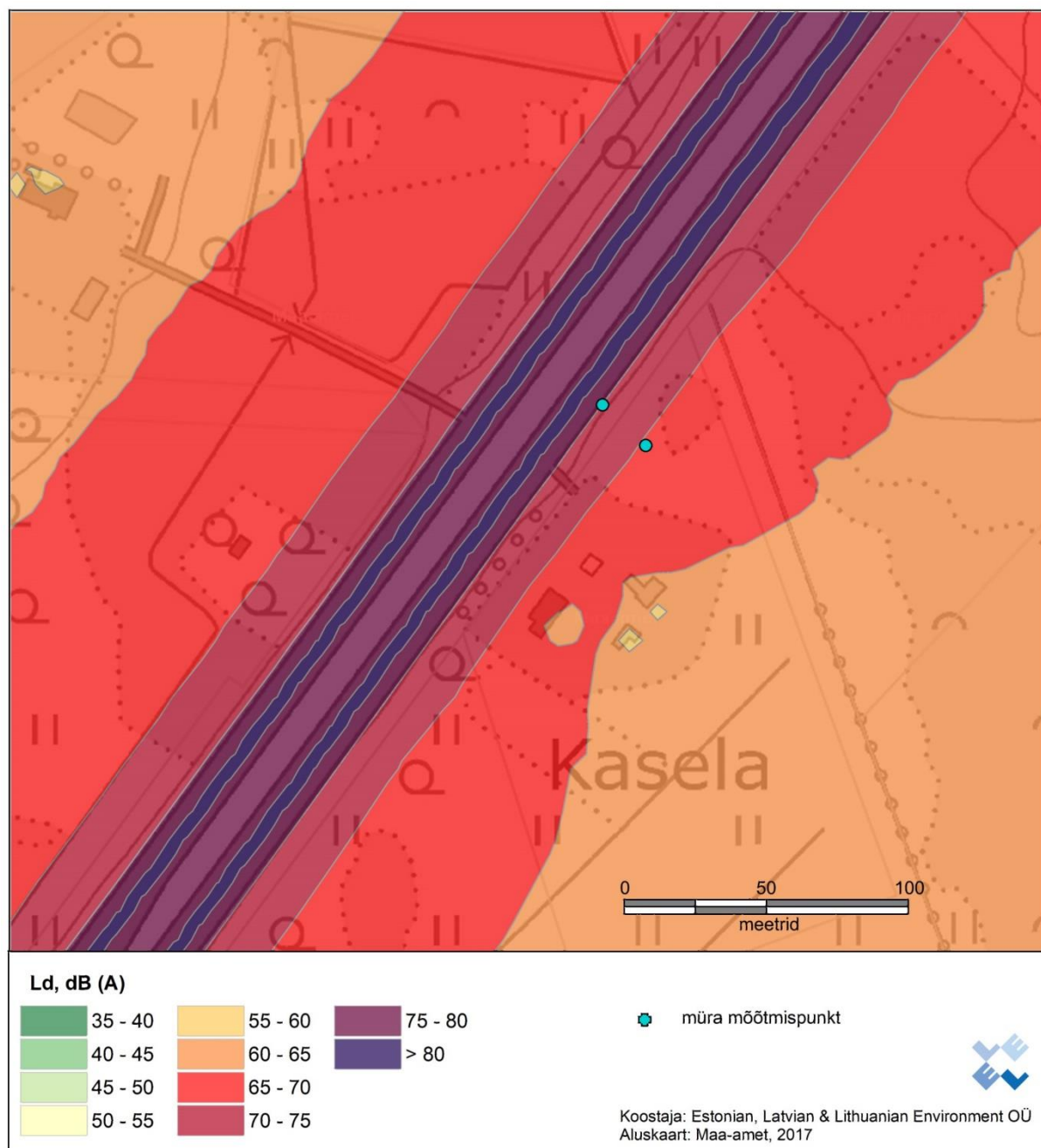
Joonis 2. Mõõtmiste 1-2 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



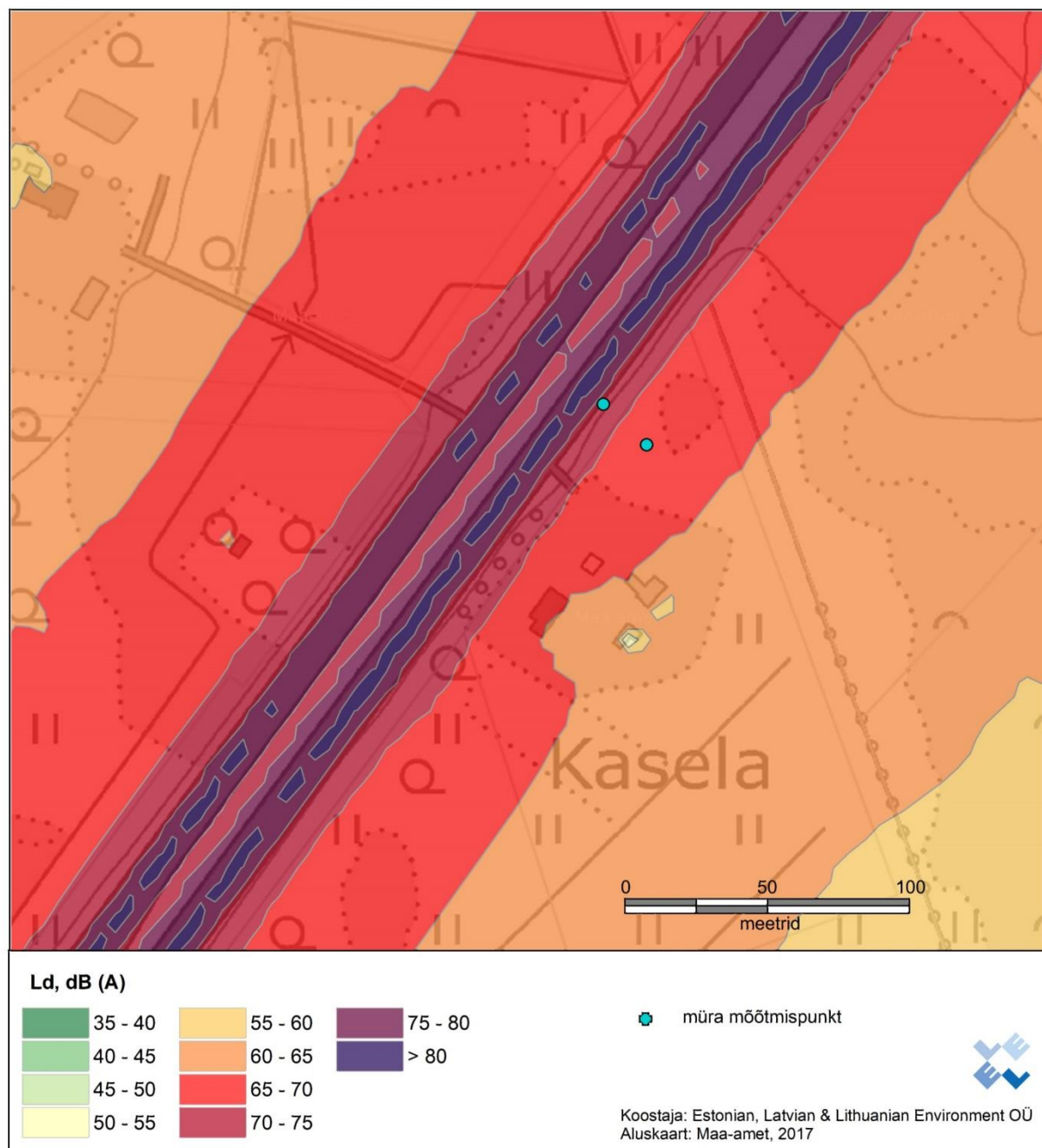
Joonis 3. Mõõtmiste 3-4 müratase päevasel ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



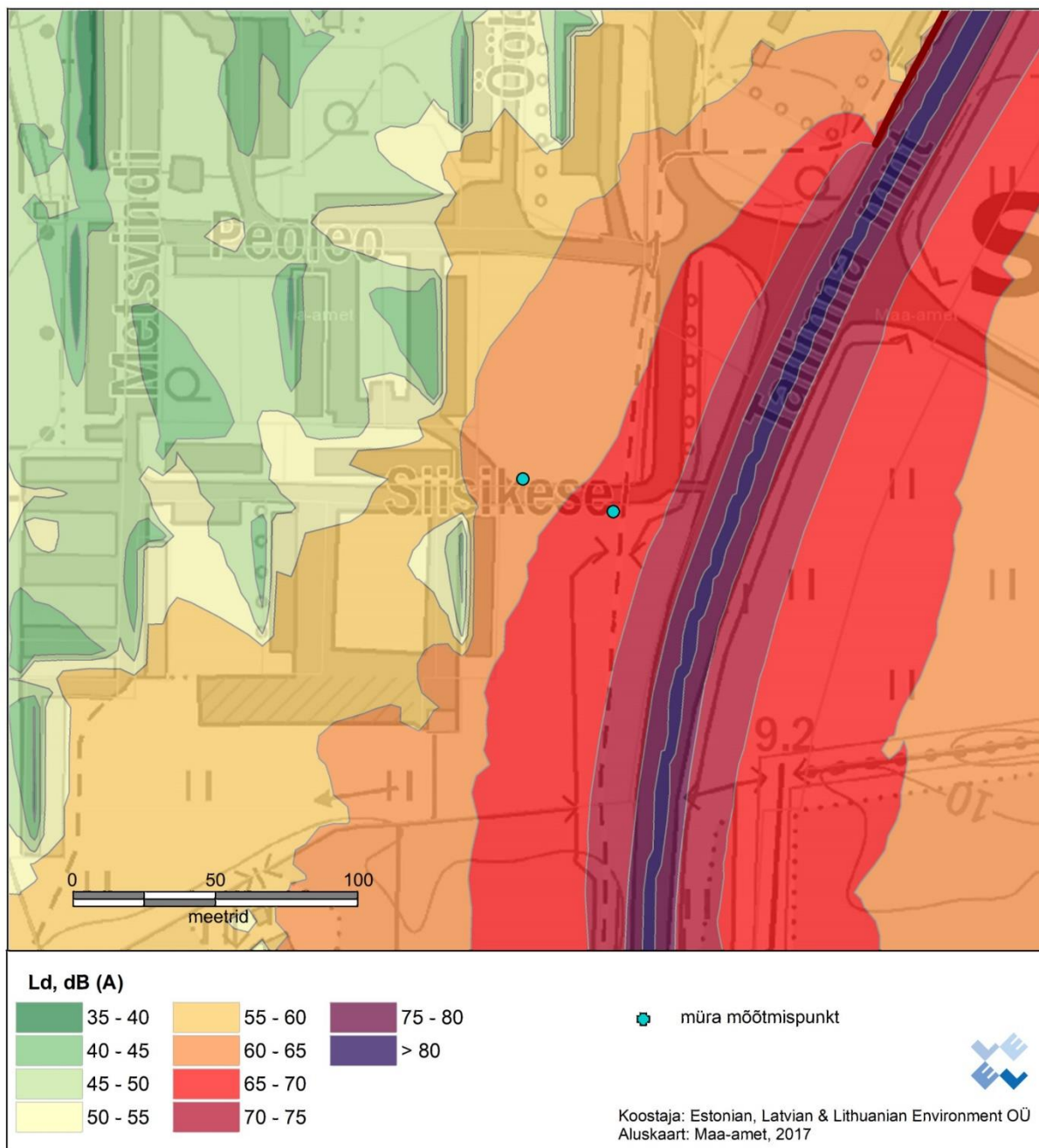
Joonis 4. Mõõtmiste 3-4 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



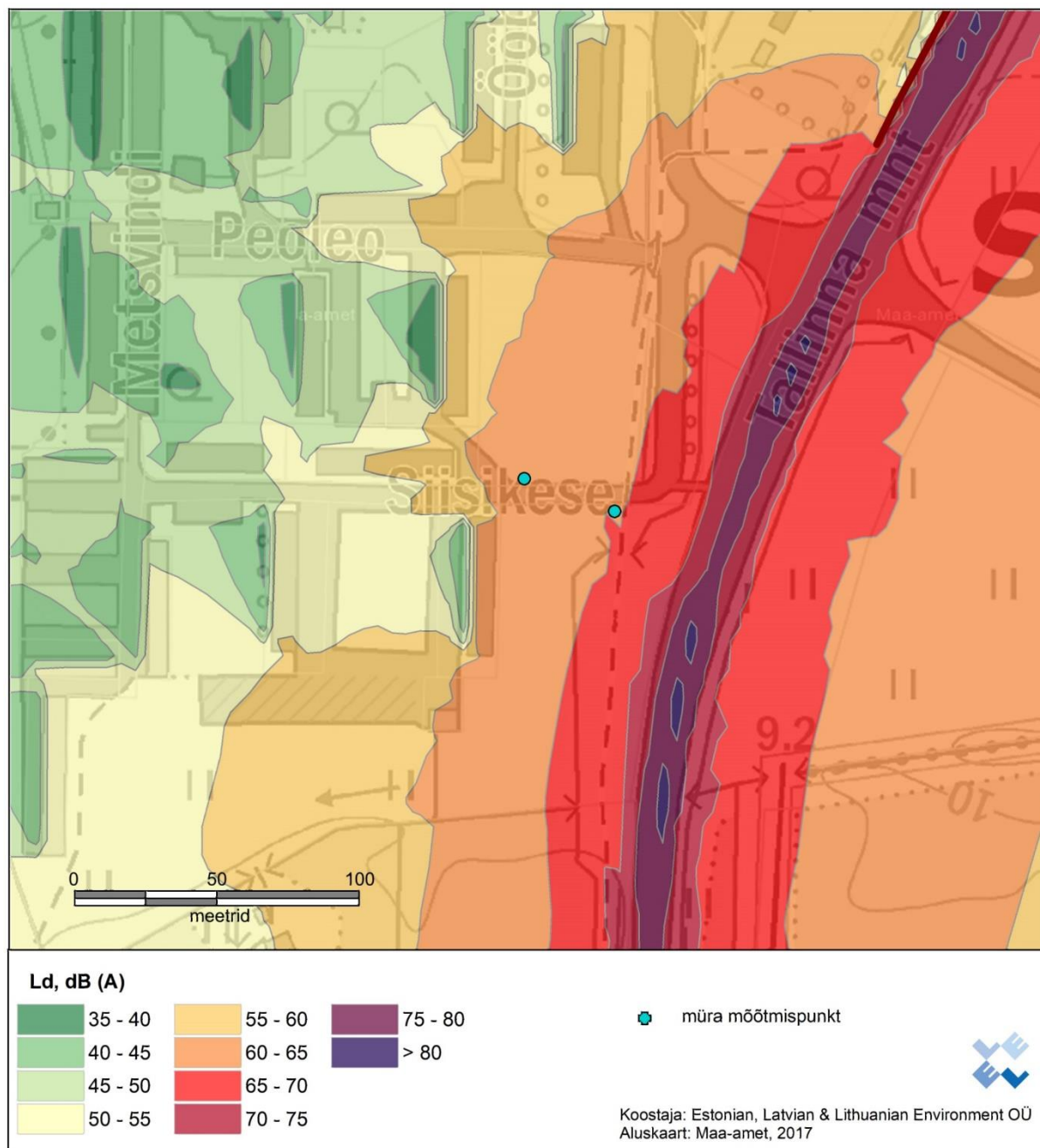
Joonis 5. Mõõtmiste 5-6 müratase päevasel ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



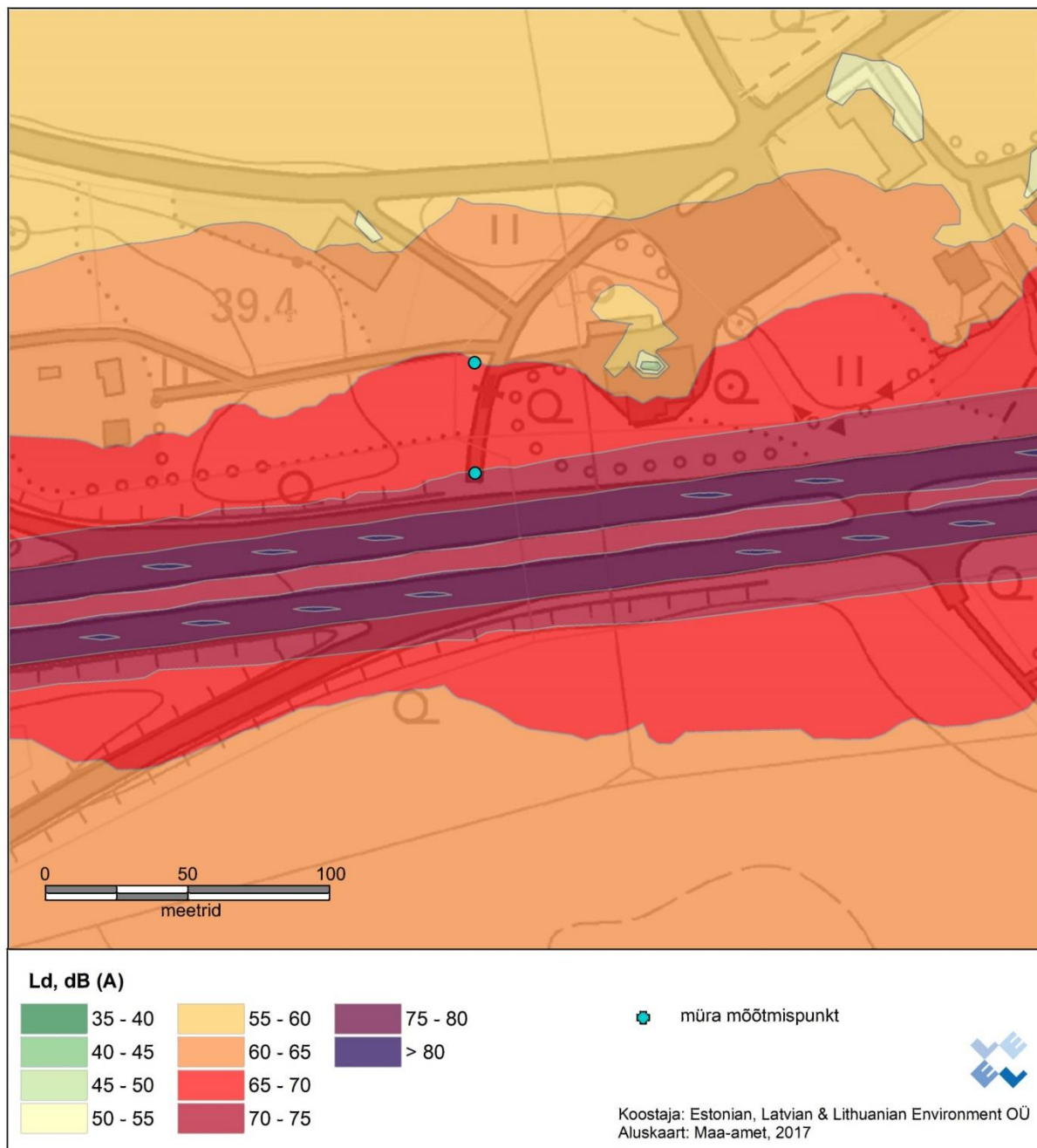
Joonis 6. Mõõtmiste 5-6 müratase päeval ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



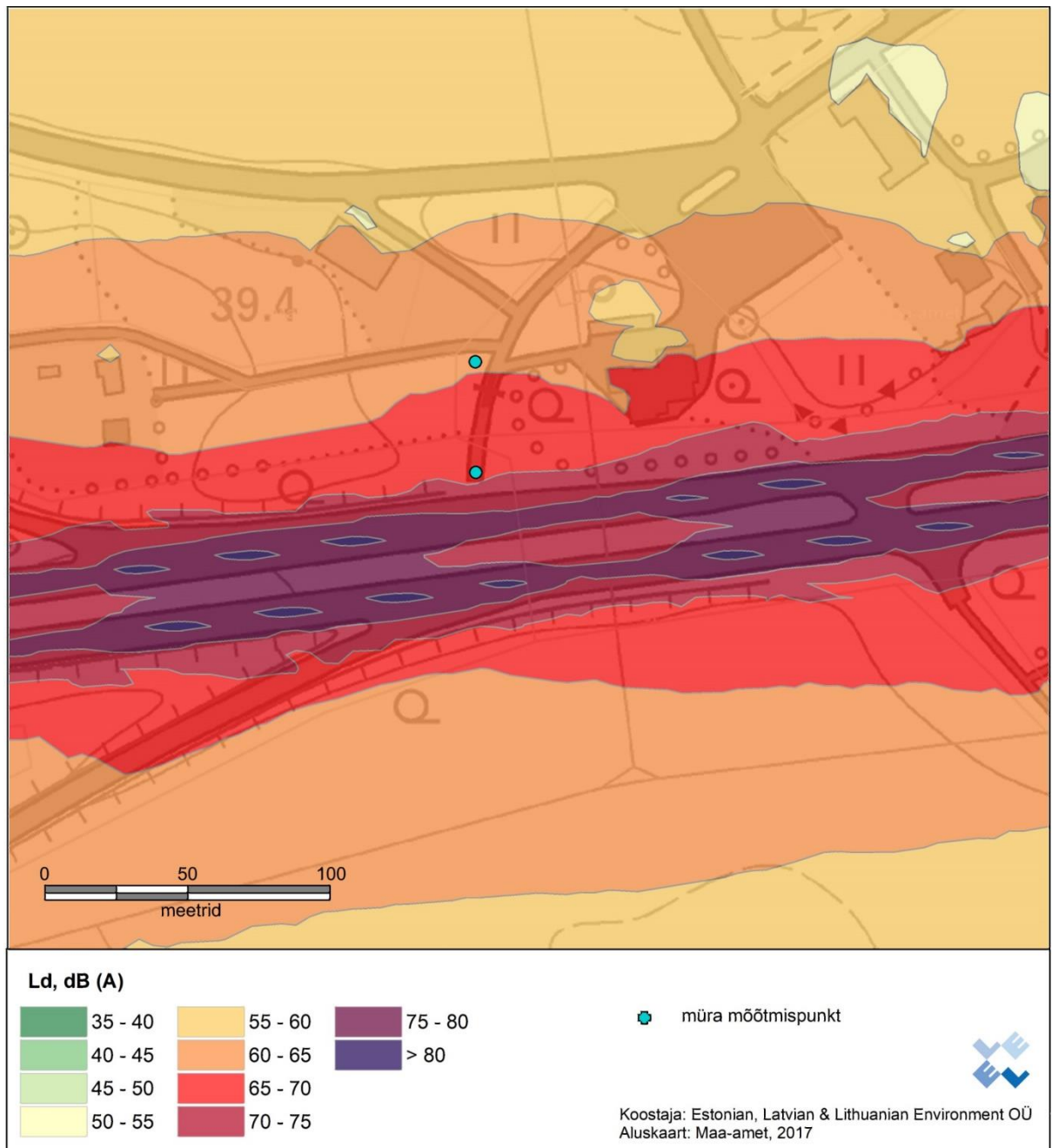
Joonis 7. Mõõtmiste 7-8 müratase päevasel ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



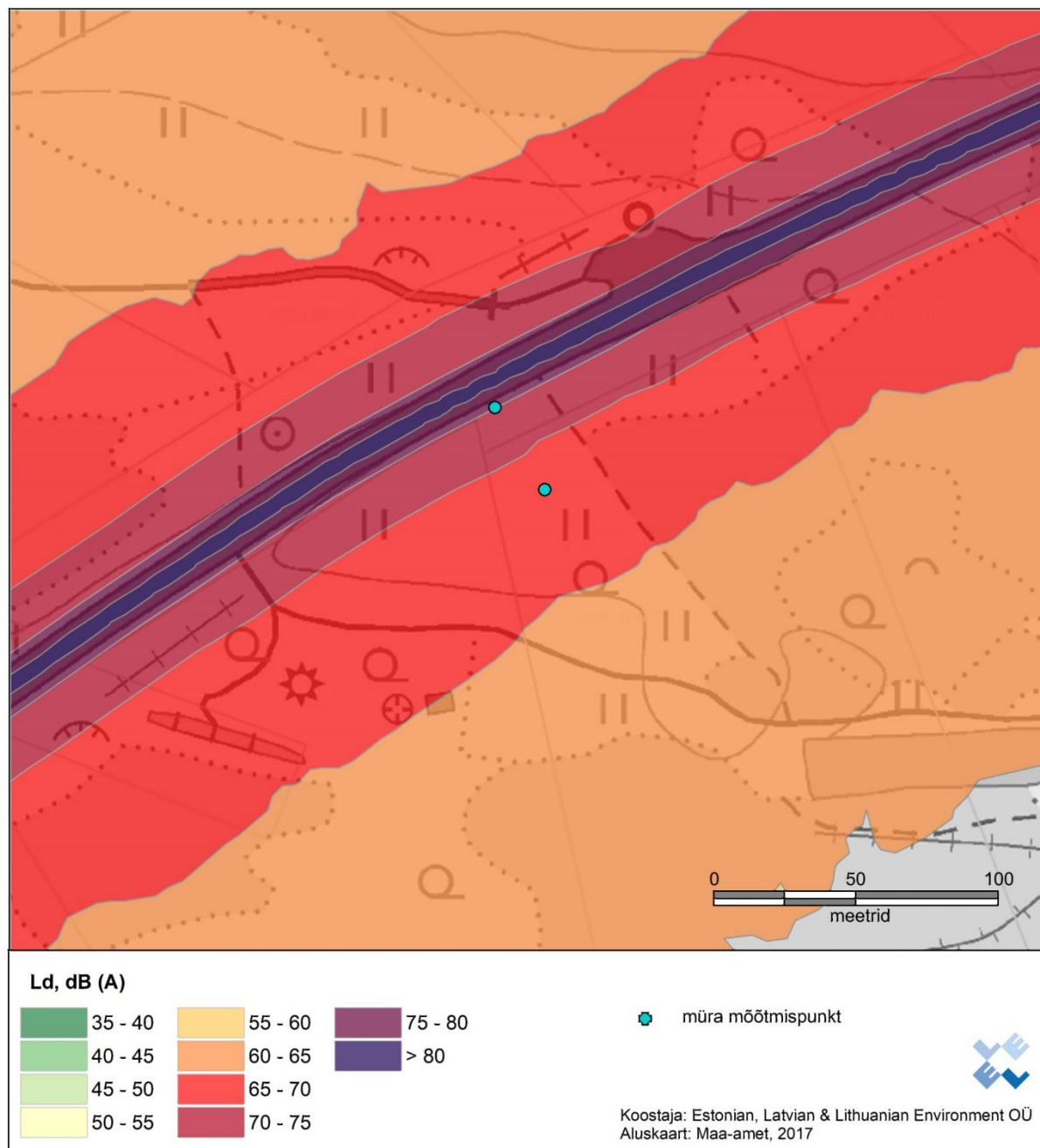
Joonis 8. Mõõtmiste 7-8 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



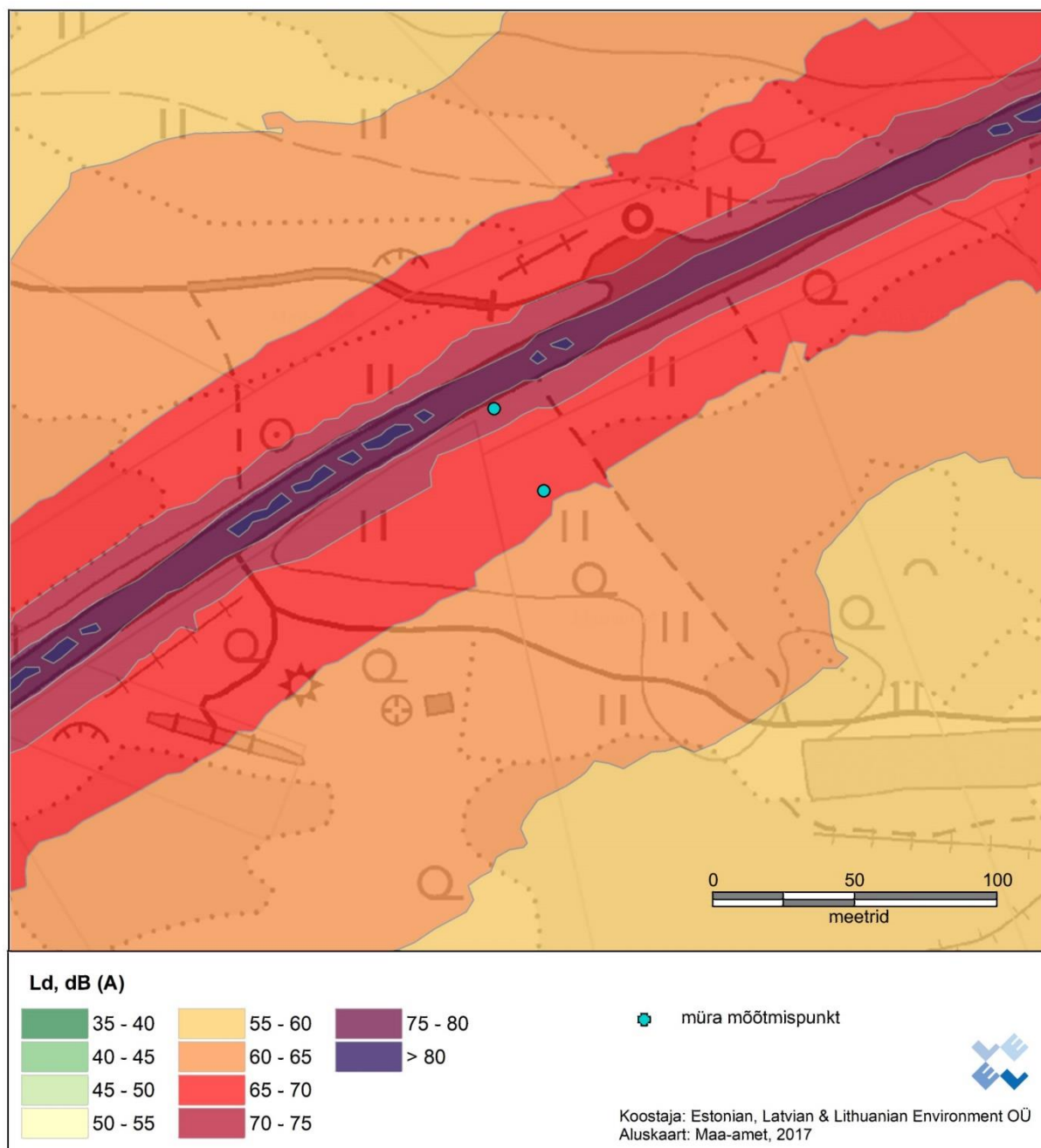
Joonis 9. Mõõtmiste 9-10 müratase päevasel ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



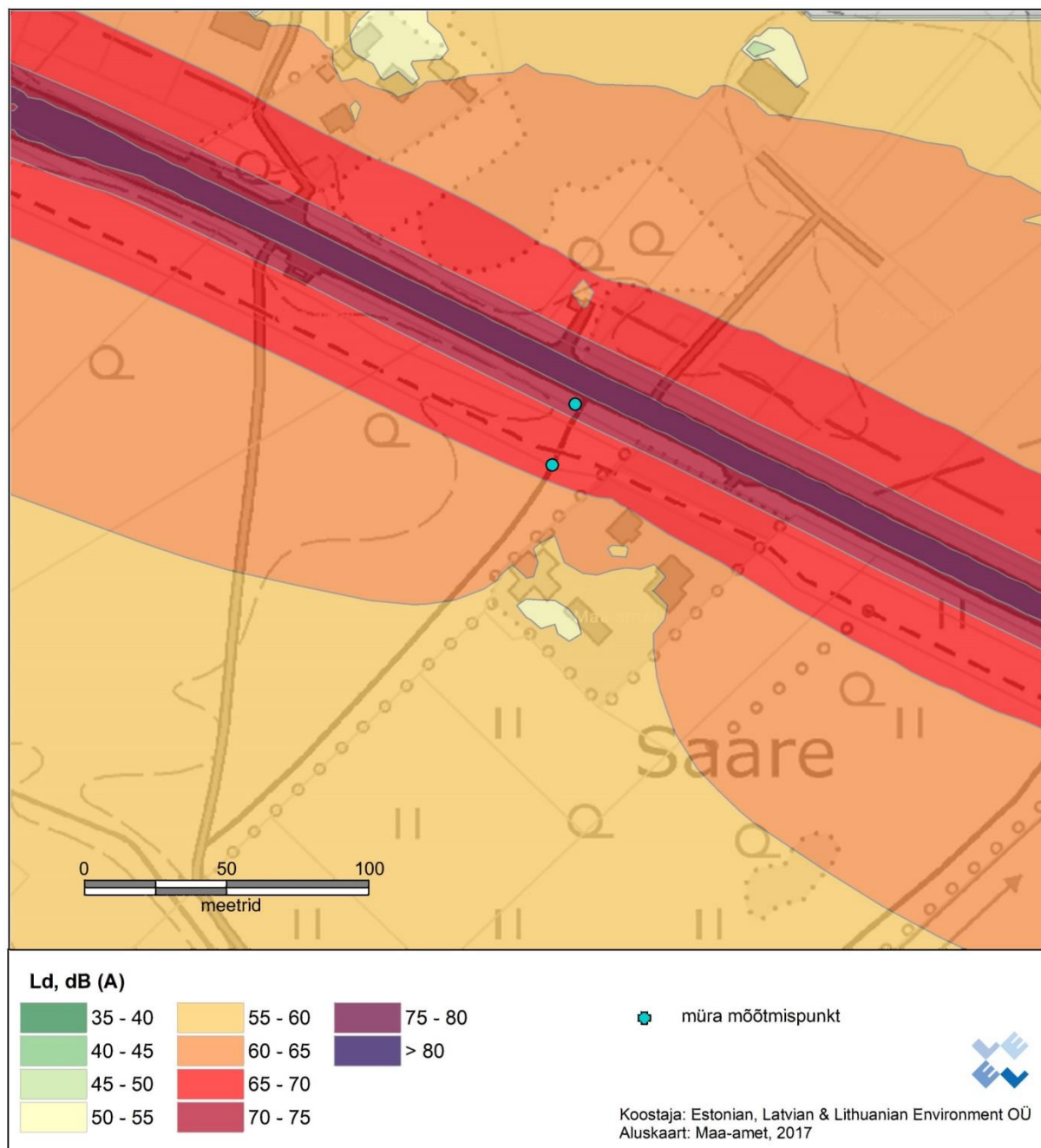
Joonis 10. Mõõtmiste 9-10 müratase päeval ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



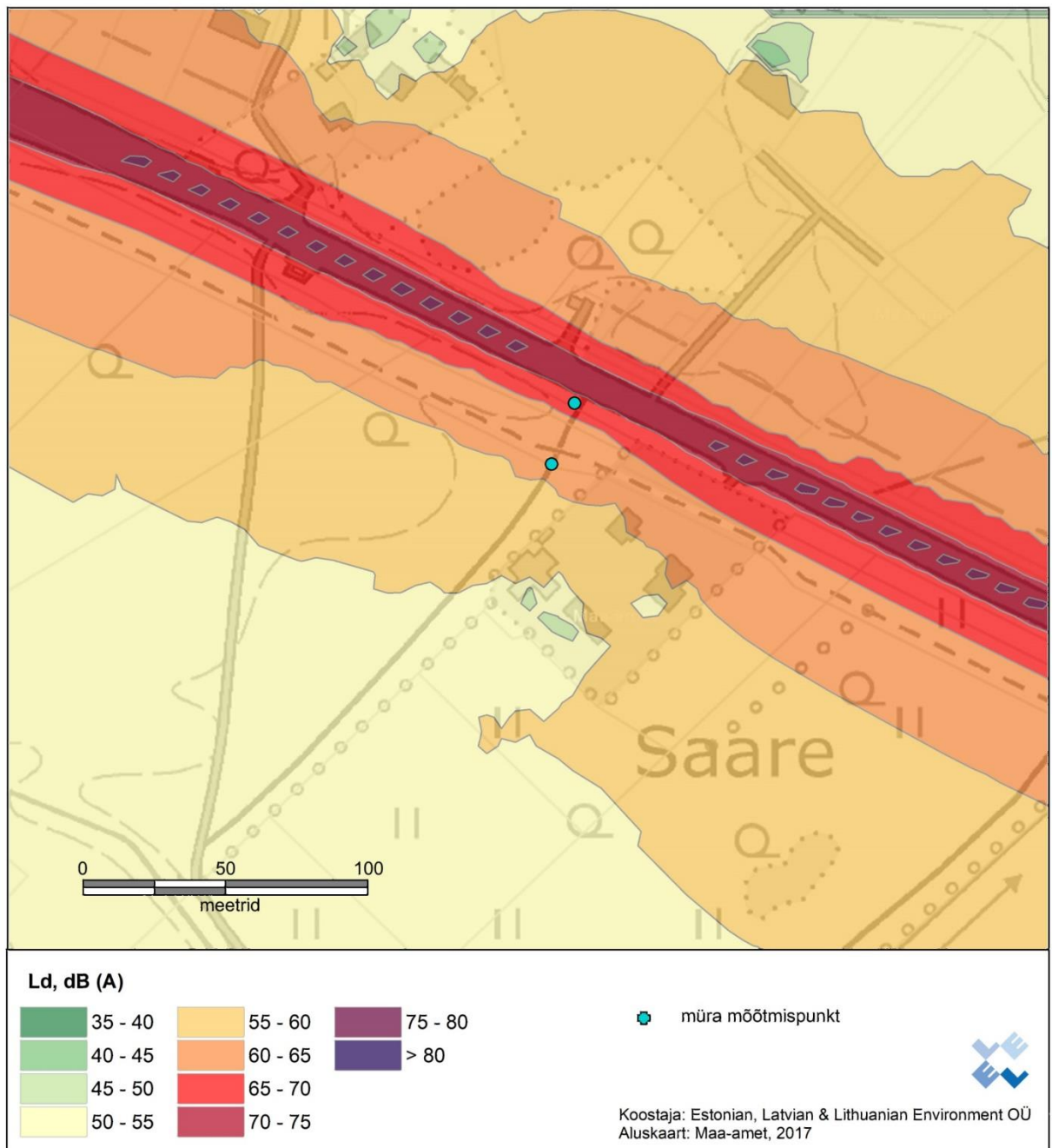
Joonis 11. Mõõtmiste 11-12 müratase päeval ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



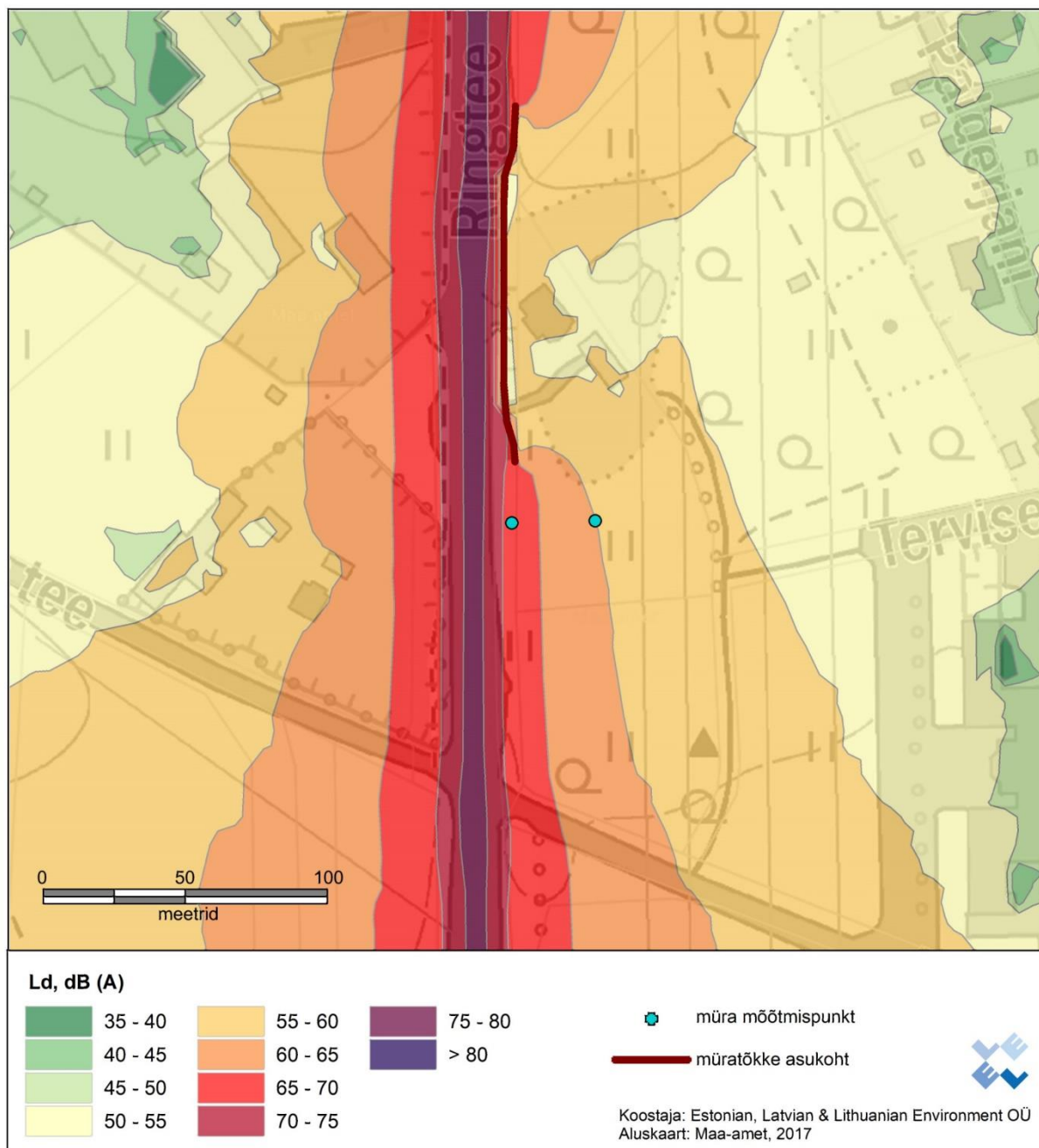
Joonis 12. Mõõtmiste 11-12 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



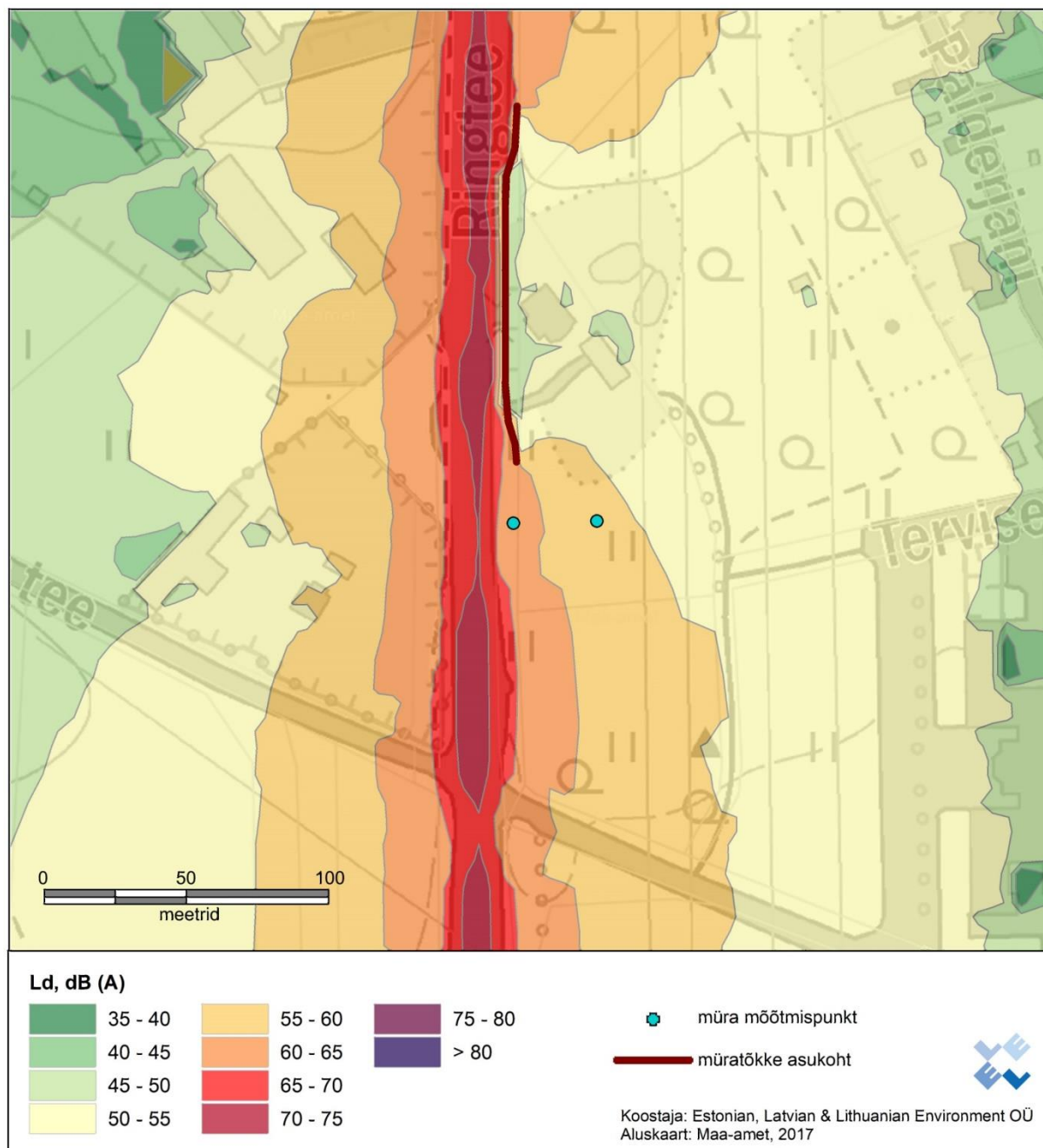
Joonis 13. Mõõtmiste 13-14 müratase päevasel ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



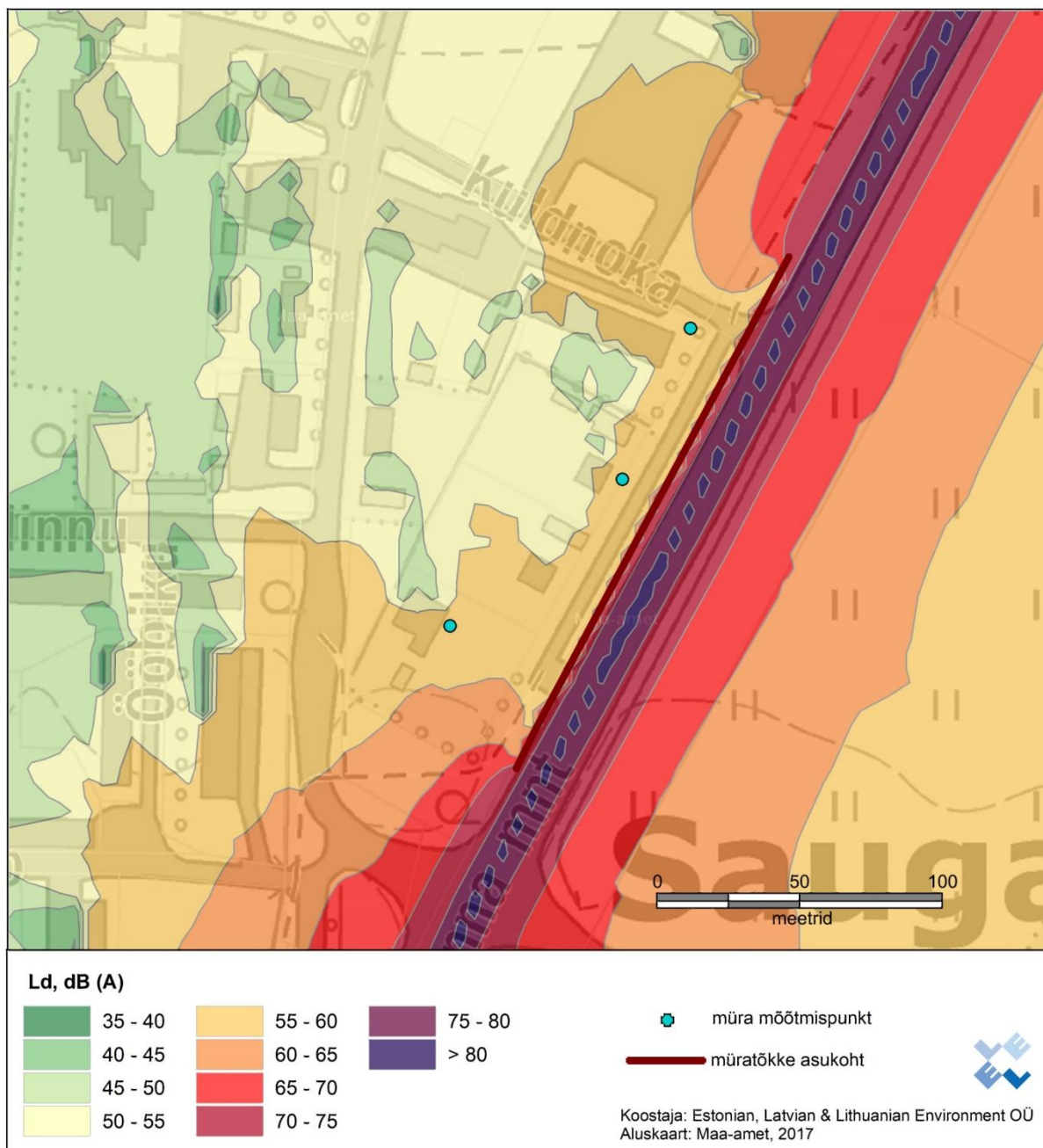
Joonis 14. Mõõtmiste 13-14 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



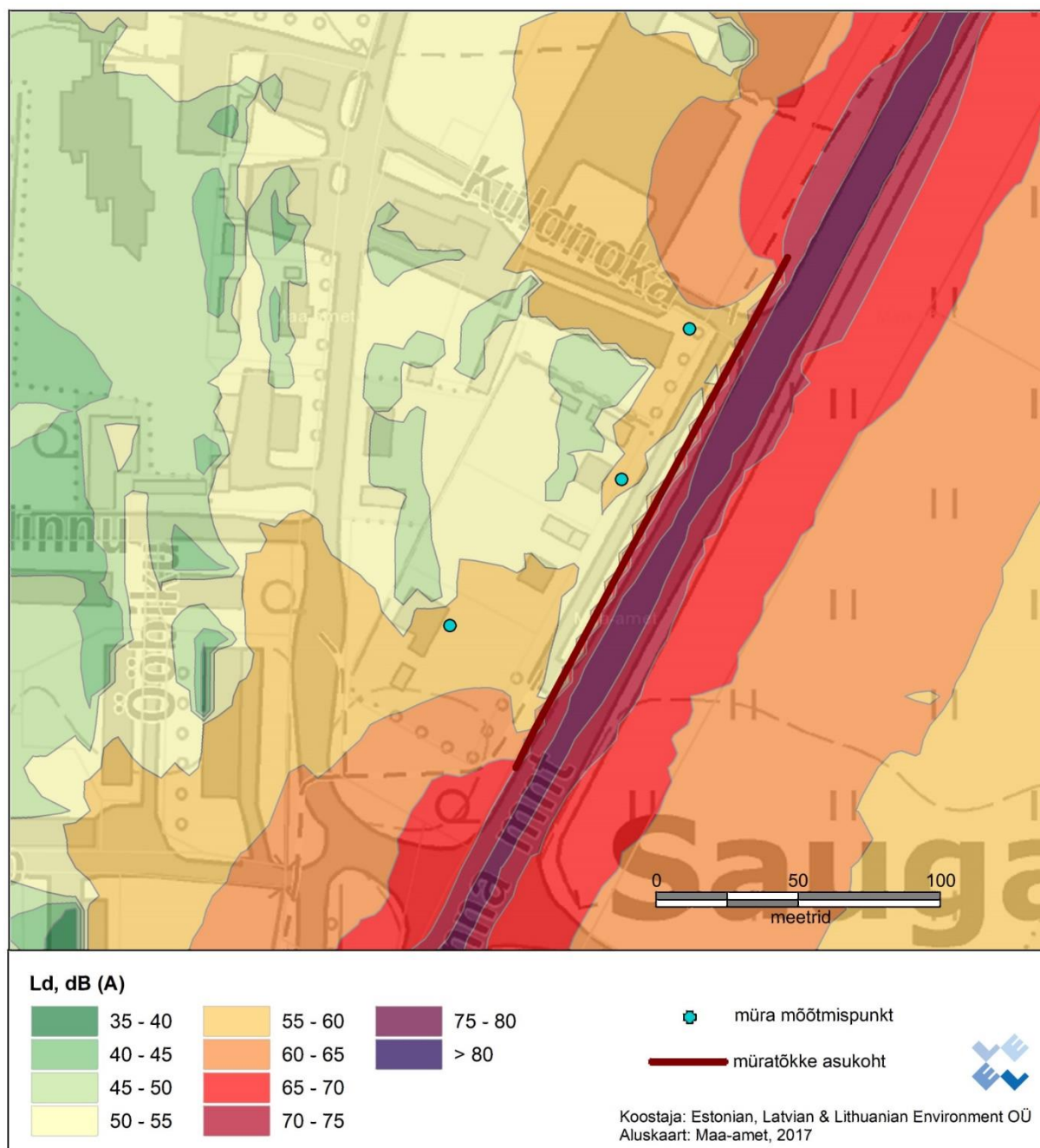
Joonis 15. Mõõtmiste 15-16 müratase päeval ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



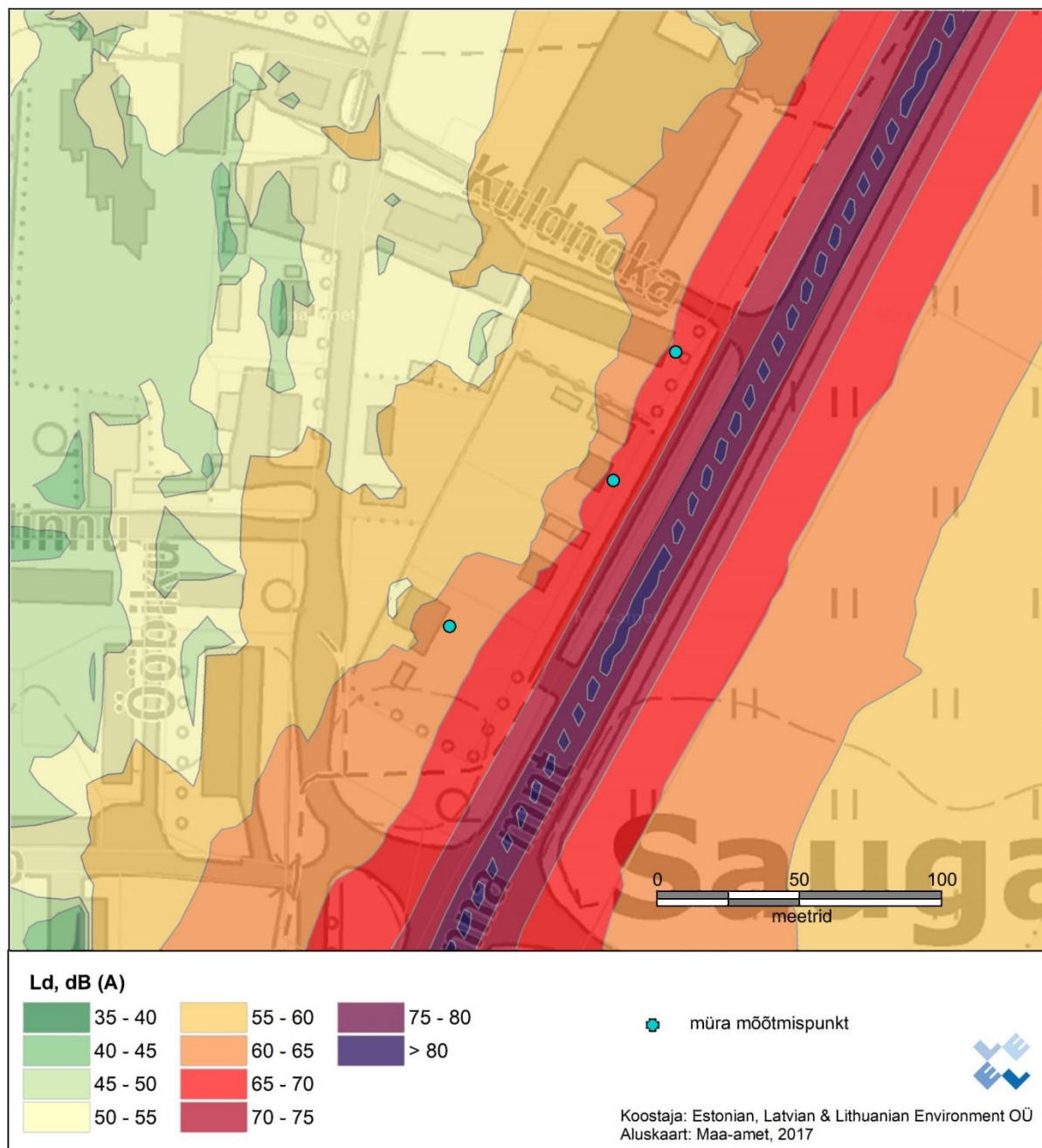
Joonis 16. Mõõtmiste 15-16 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



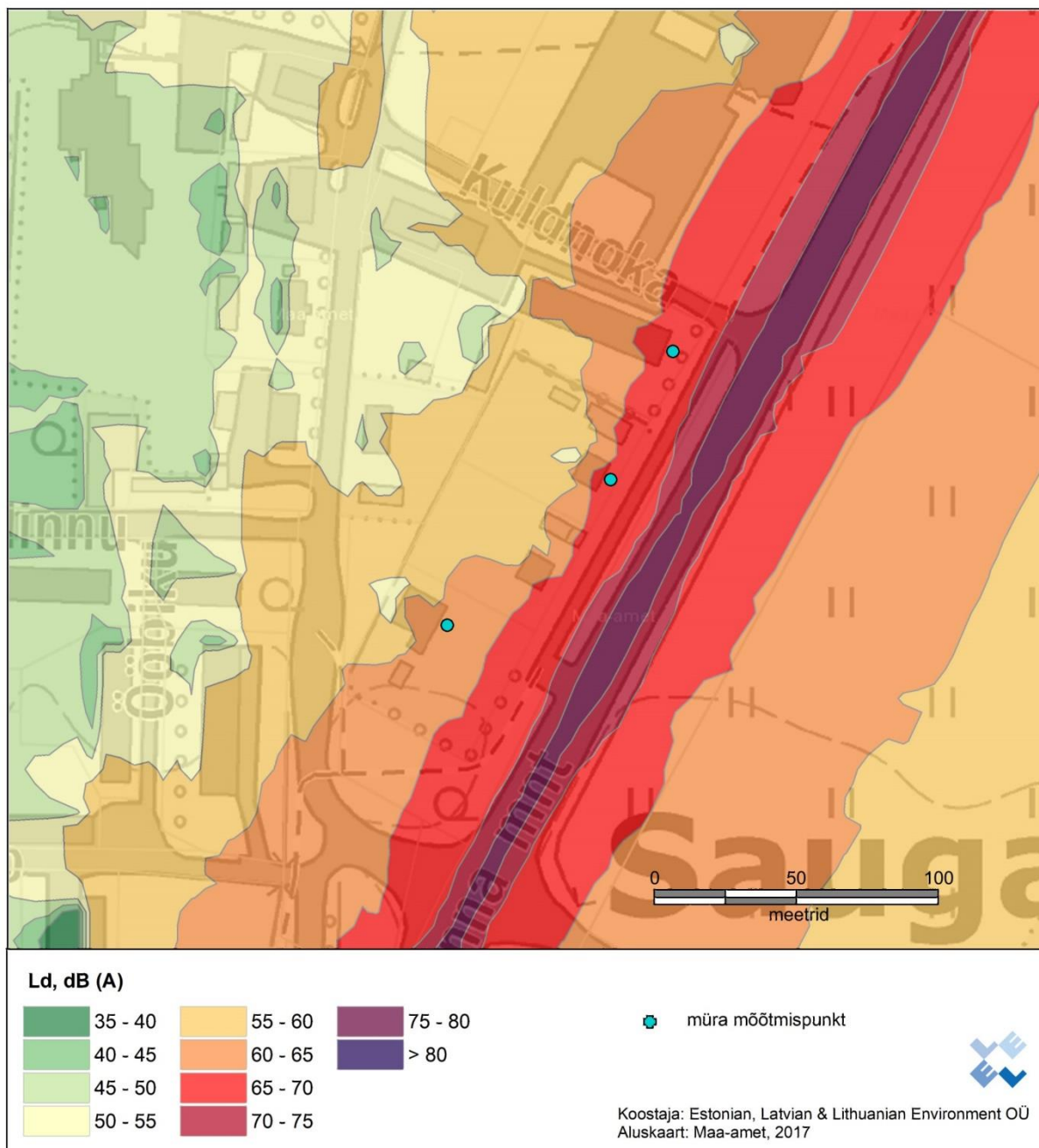
Joonis 17. Mõõtmiste 17-19 müratase päeval ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



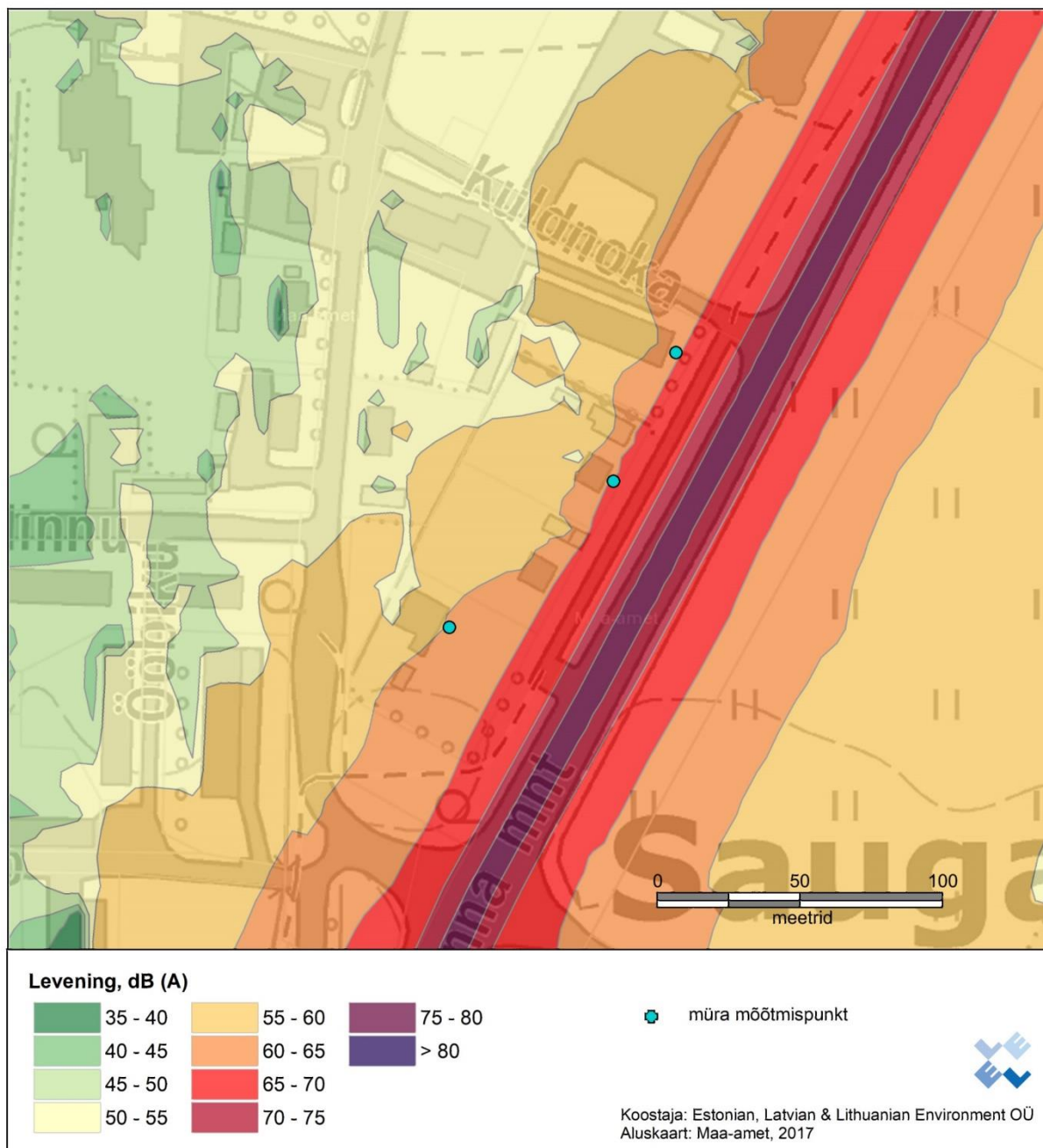
Joonis 18. Mõõtmiste 17-19 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



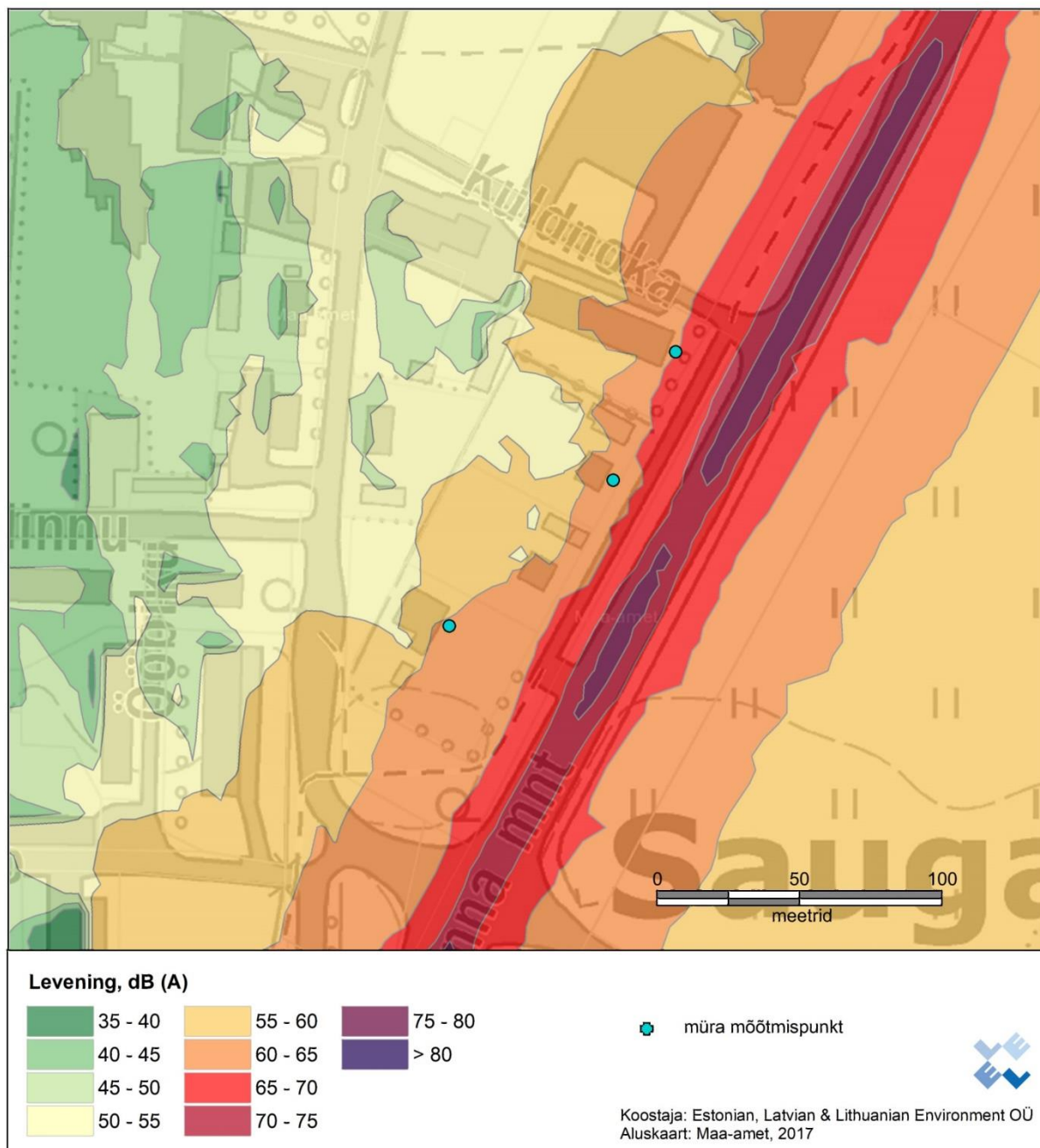
Joonis 19. Mõõtmiste 20,23,24,27,28,31 müratase päeval ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



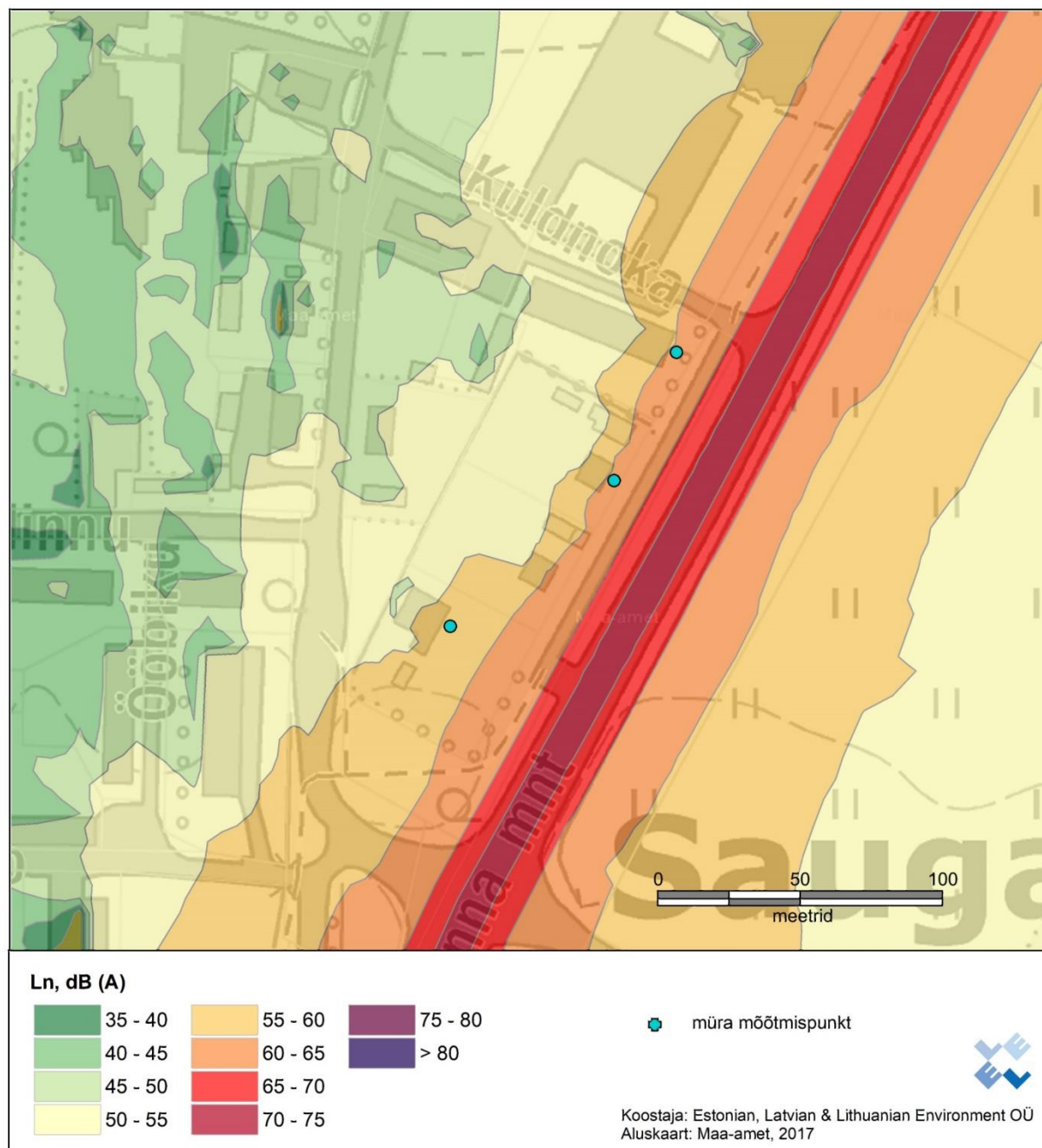
Joonis 20. Mõõtmiste 20,23,24,27,28,31 müratase päeval ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



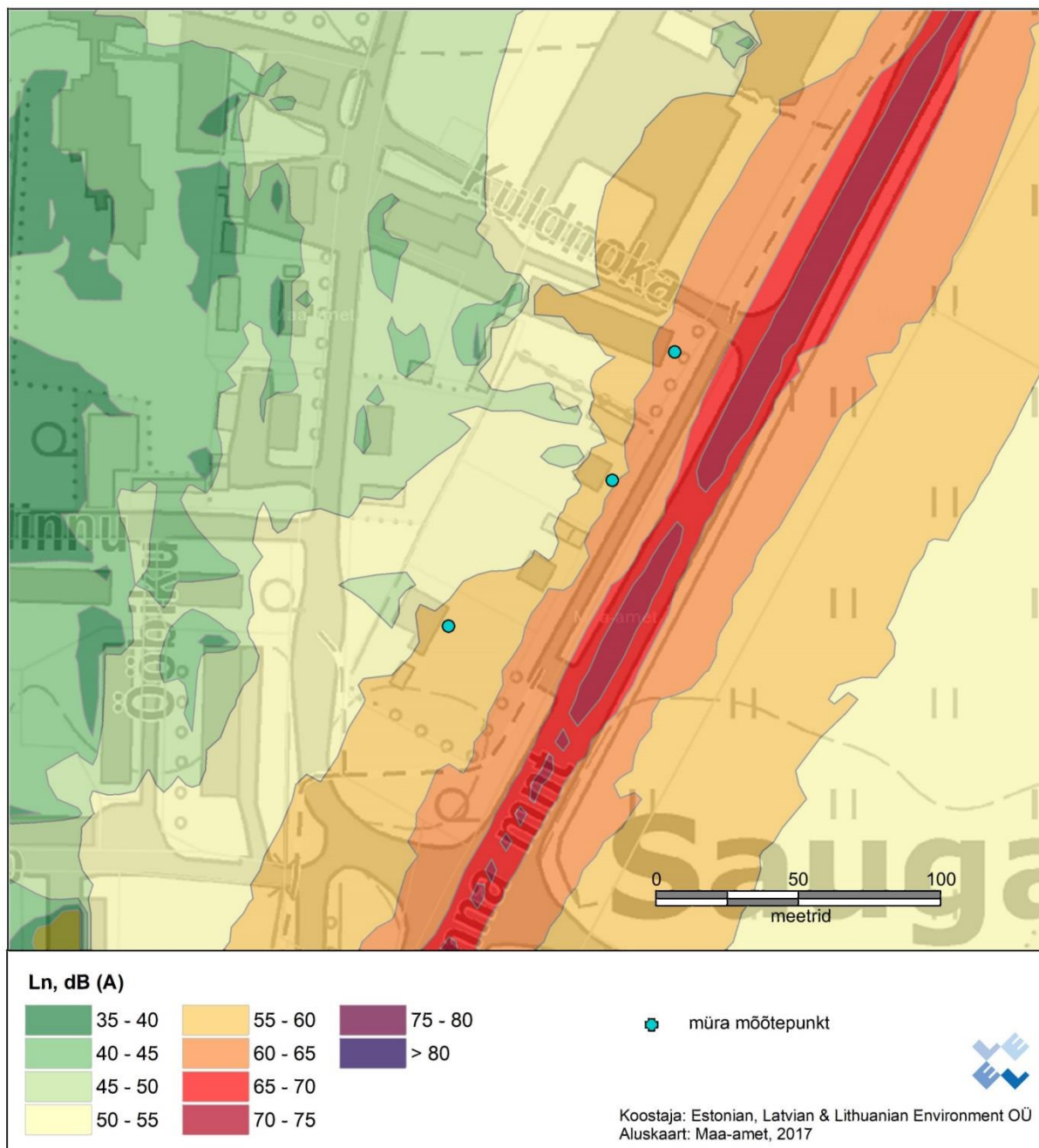
Joonis 21. Mõõtmiste 21,25,29 müratase õhtuse ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



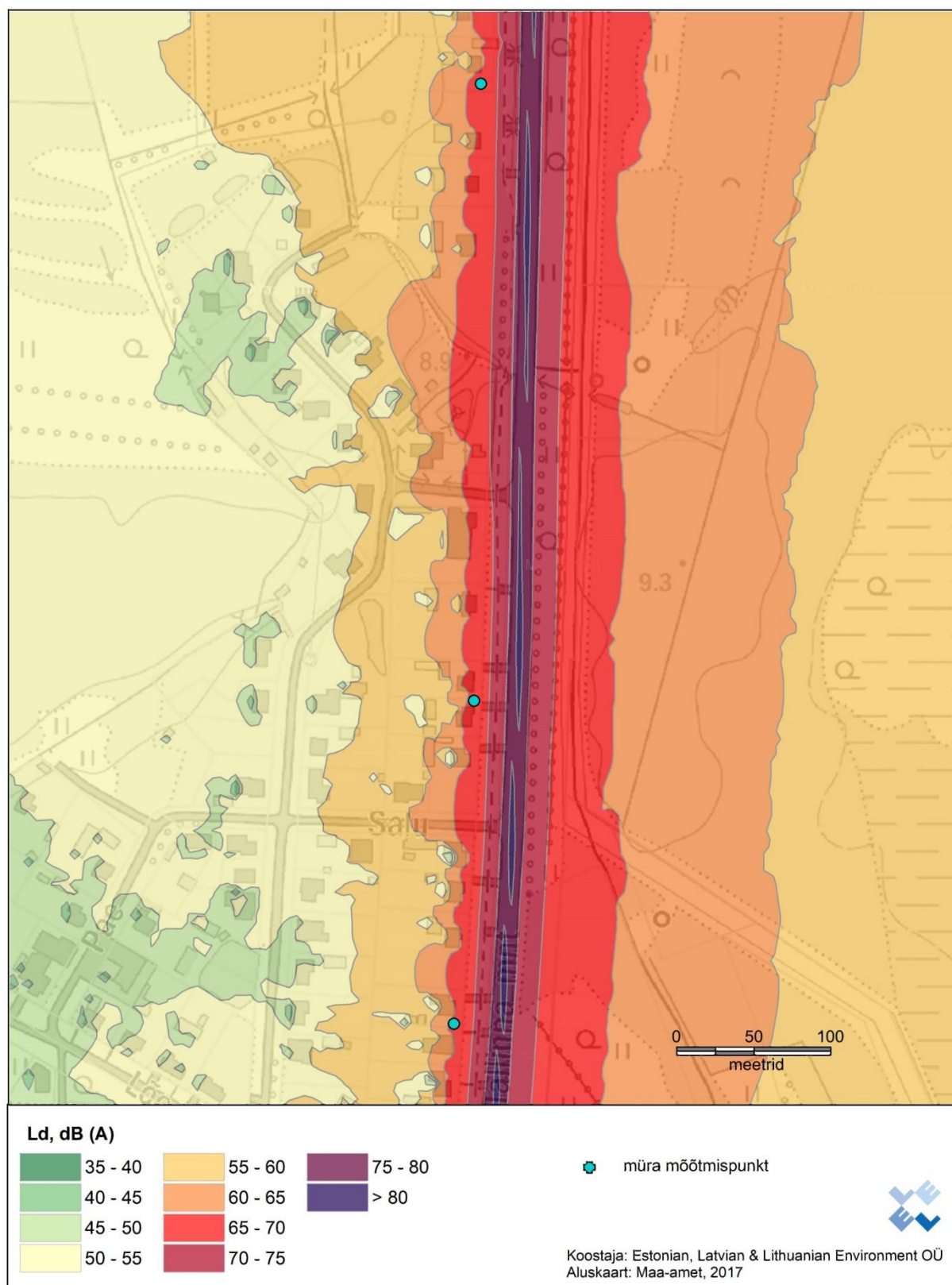
Joonis 22. Mõõtmiste 21,25,29 müratase õhtuse ajal põhjamaade meetodi kohaselt.



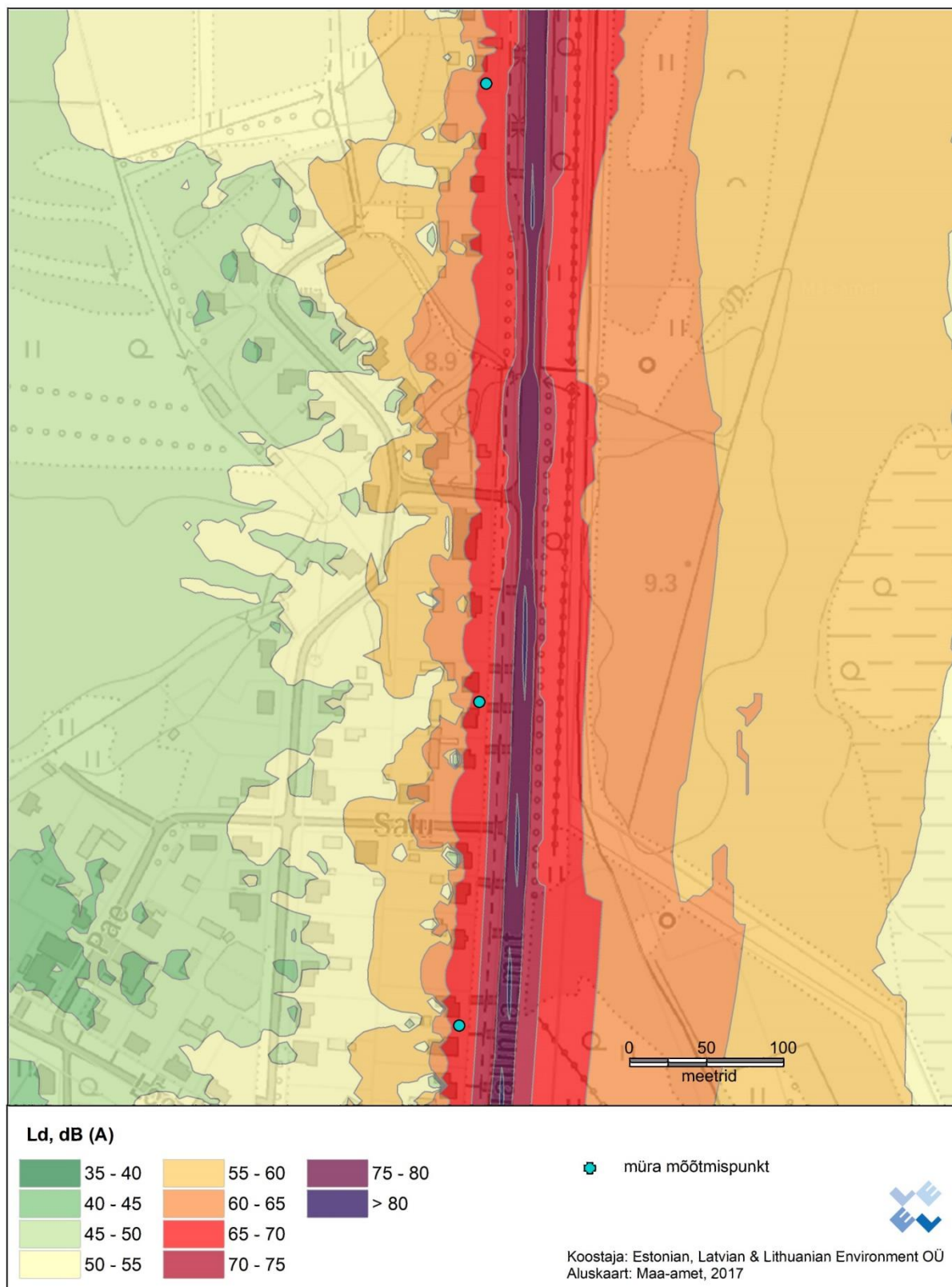
Joonis 23. Mõõtmiste 22,26,30 müratase öisel ajal Prantsuse meetodi kohaselt.



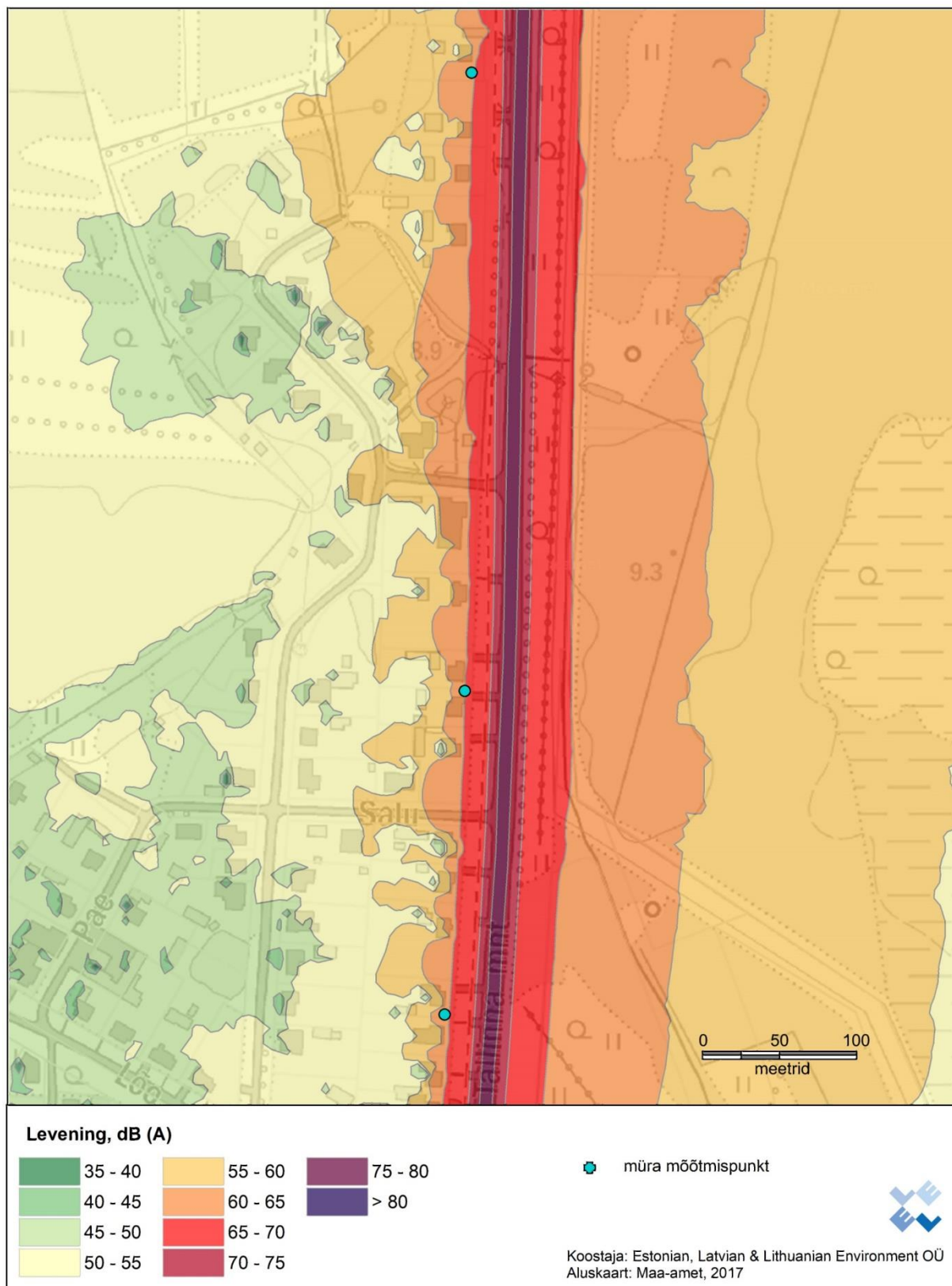
Joonis 24. Mõõtmiste 22,26,30 müratase öisel ajal põhjamaade meetodi kohaselt



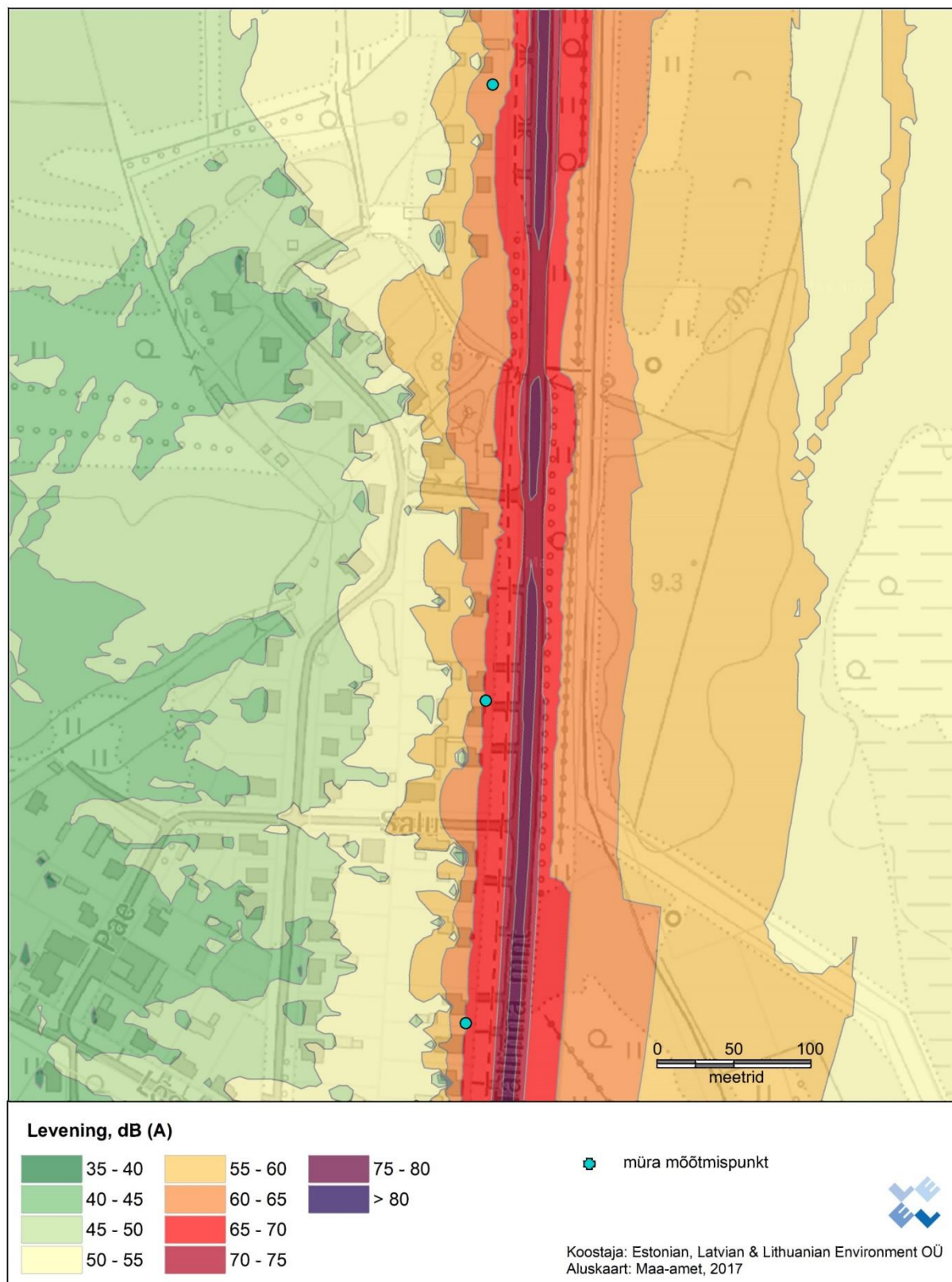
Joonis 25. Mõõtmiste 56,59,60,63,64,67 müratase päevasel ajal Prantsuse meetodi kohaselt



Joonis 26. Mõõtmiste 56,59,60,63,64,67 müratase päevasel ajal põhjamaade meetodi kohaselt



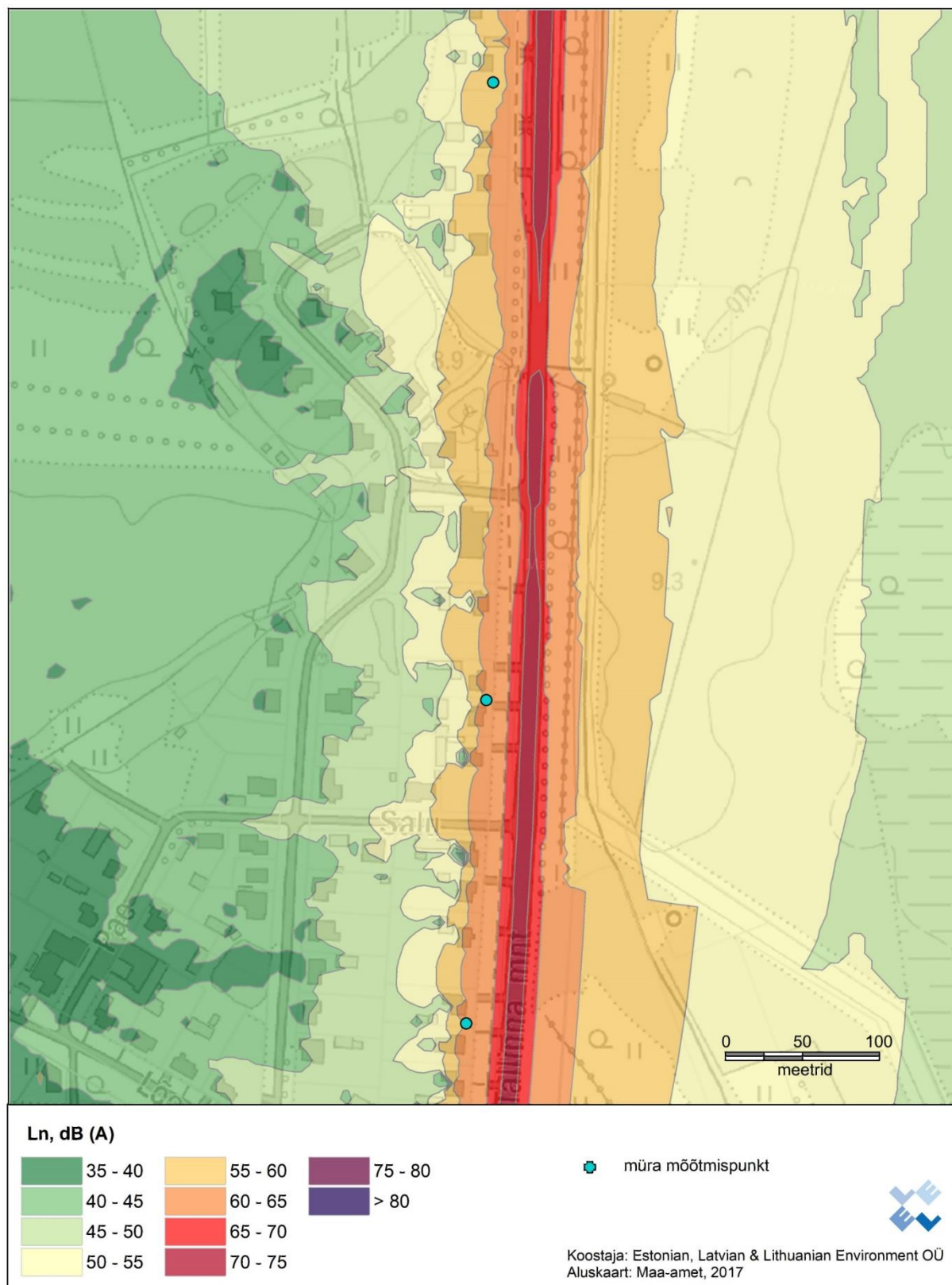
Joonis 27. Mõõtmiste 57,61,65 müratase õhtusel ajal Prantsuse meetodi kohaselt



Joonis 28. Mõõtmiste 57,61,65 müratase õhtusel ajal põhjamaade meetodi kohaselt



Joonis 29. Mõõtmiste 58,62,66 müratase öisel ajal Prantsuse meetodi kohaselt



Joonis 30. Mõõtmiste 58,62,66 müratase öisel ajal põhjamaade meetodi kohaselt