

VAHEARUANNE**Projekti nimetus:****Veealuse müra mõju hindamine kalastikule****3. etapp (20 mai 2019.a.)**

Tellija: Keskkonnaministeerium

Projekti läbiviiv organisatsioon: Tallinna Tehnikaülikool

Vastutav täitja: Aleksander Klauson, uurimisrühma juht

E-mail: aleksander.klauson@taltech.ee

Tel.: +372 55 60 41 37

1. Sissejuhatus

1.1 Müra mõju kaladele – uued andmed

Aruandeperioodil on ilmunud uusi artikleid, milles käsitletakse allveeheli mõju kalastikule. Üks põhjapaneev ülevaateartikkel ilmus 2019. aastal ajakirjas *Journal of Fish Biology* [Popper *et al* 2019]. Artiklis jõutakse järgnevatele järeldustele:

- seniajani on heli mõju kaladele uuritud peamiselt laboritingimustes, samas on teada, et kalade käitumine vangistuses erineb oluliselt vabaduses elavate kalade käitumisest;
- valdavalt on pööratud tähelepanu helirõhu mõju uurimisele, kuid kala käitumise peamiseks mõjuriks on veosakeste liikumine;
- kui impulsshelide mõju on palju uuritud, siis teadmised pidevmüra mõjust kalastikule on veel puudulikud, eriti populatsioonide tasemel;
- keskkonnamõjude hindamisel soovitatakse kasutada suunistes [ASA S3/SC1.4 TR-2014] toodud kriteeriume. Selgub, et helide tajumiseks ujupõit kasutavate kalade puhul (nendeks on ka kilu ja räim) toimub pikaajaline kuulmisläve nihkumine valgemüra intensiivsusel 158dB re 1 μ Pa 12 tunni jooksul. Katsed viidi läbi kuldkaladega ja särgadega.
- on katseliselt näidatud, et müra mõjutab saaklooma-kiskja vahekorda [Simpson *et al.* 2017], kuid tihti on problemaatiline tulemuste üldistamine teiste sarnase helitajuga kalaliikide jaoks.

1.2 Müra mõju kalapüügile

Euroopas ja Austraalias on avaldatud teadusartikleid, kus jälgiti kalapüügi efektiivsust peale mürarikaste geo-akustiliste uuringute (õhukahur) läbiviimist. Kuna tegemist on väga tugevate vette kiiratud helitasemetega, siis on oodata, et mõju kalapüügile ilmneb paremini. Olulist

pelaagiliste kalade ruumilise paiknemise muutmisi peale geo-akustilisi uuringuid on näidatud ka teadusartiklis [Slotte *et al.* 2004]. Samas märgitakse, et tihti on raske eraldada inimtegevuse tagajärjel toimunud muutusi tavapäraest kala migratsioonidest. Norra teadlased [Vabø *et al.*, 2002, Handegard *et al.* 2005] on uurinud kalakoondiste liikumisi kala- või uurimislaeva möödaskõidu ajal. Täheldati kala sukeldumist ~15 minutit enne laeva kohale jõudmist. Samuti on täheldatud, et suurimad kala liikumised toimuvad suundades, kus laeva müra kiirus on suurim.

Aruandes „Effects of Noise on Fish, Fisheries, and Invertebrates“ [Normandeau Associates, Inc. 2012] käsitleb S. Murawski kalapüügi andmete sobilikkust kalakoondiste paiknemise kirjeldamiseks. Autor tõstatab küsimuse kalapüügi andmete proportsionaalsusest kala arvukusega, ning leiab, et vastavus enamasti puudub. Põhjuseks tõi autor asjaolu, et kalavarude nappuse korral pingutavad kalamehed rohkem kulutades rohkem aega saagi püüdmiseks. Autori arvamusel annab parema hinnangu annab püügikogus ühikpingutuse kohta (CPUE – Catching per Unit Effort). Peamiste probleemidena mainiti statistiliste andmete puudulikkust ning raskesti arvutatavaid kalapüügi gradiente.

2 Projekti ettevalmistustegevused

Peale 2018. aasta modelleerimistulemuste kalibreerimist otsustatakse järgnevate ajaperioodide modelleerimist lähtuvalt projekti eesmärkide täitmise vajadusest.

3 Katkestused ja häiringud tavapärasel tööl

Projekti teisel etapil ajal esinesid häiringud, mis aeglustasid tööde täitmist kolmandal etapil.

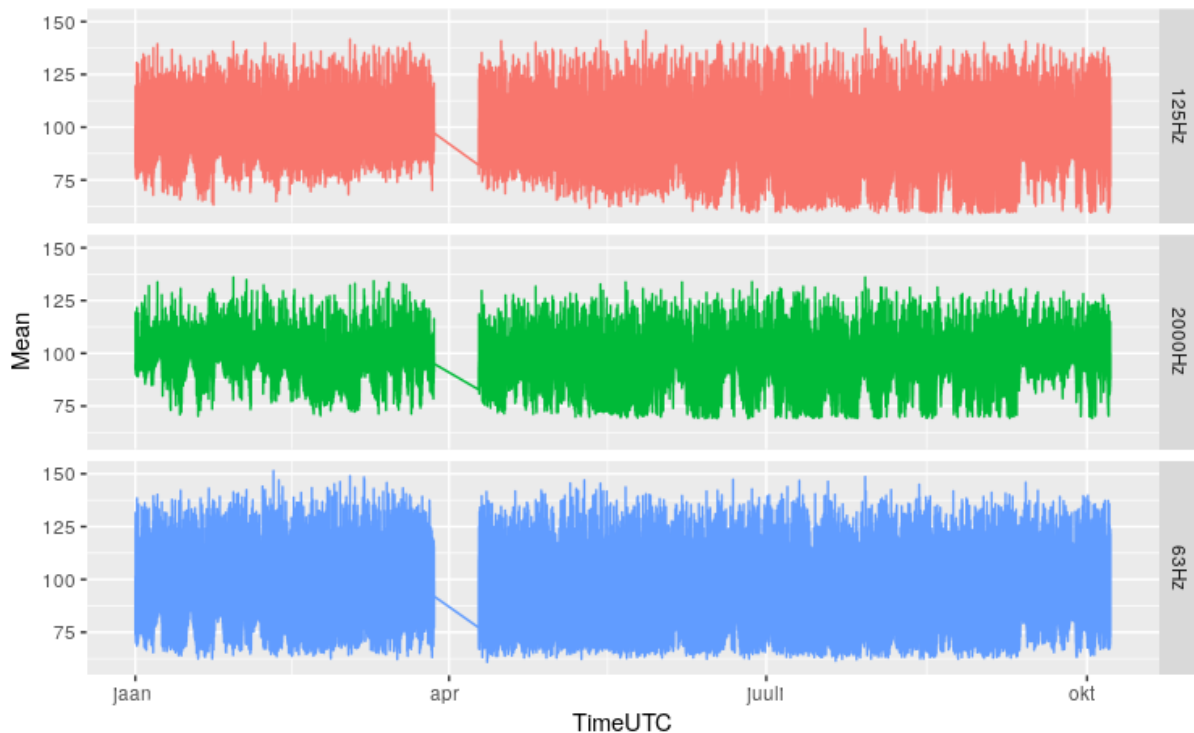
Uurimislaeva „Salme“ rikke tõttu ei olnud võimalik mõtteseadet paigaldada/välja võtta. Selle tõttu ei tekkis mõõtmistulemustes lünk novembri ja detsembri kuudes. Samas ei oma selline lünk, kriitilist tähtsust projekti eesmärkide saavutamisel, kuna statistiline andmete analüüs on ka kogutud andmete põhjal võimalik.

4 Lühikokkuvõte saadud tulemustest (3. etapp)

4.1 2018.a. allveeheli mõõtmistulemuste analüüs

Helirõhu mõõtmiseks paigaldati mõõteseade Soome lahe keskel olevasse mõõtmispunkti BIAS20. Viimane mõõtmisperiood algas 09. aprill 2018 ja seade lõpetas salvestamise sama aasta oktoobris. Salvestamine toimus 30 minutit tunnis ning mõõtmisperioodi kestvus oli 6 kuud. Mõõtmisseadme vahetamine on toimunud 2019.a. jaanuaris.

Mõõtmistulemuste aegread on toodud joonisel 1. Mõõtmised ja andmetöötlus on sooritatud vastavalt BIAS standarditele [Verfuß *et al.* 2016] kasutatades Wildlife Acoustics SM2M+ andmelogereid HTI standardhüdrofonidega. Aegread joonisel 1 on toodud 20 sekundi keskmistatud helirõhutasemete väärtustena tertsribades 125, 2000 ja 63 Hz. Aegridadel on näha märtsis-aprillis tekkinud lünka, mis tekkis seoses merereiside planeerimisega. Veel ilmneb, et suvekuudel vaikse ilmaga langeb helitase tihti alla hüdrofoni omamüra taset. See avaldub aegridade alumise serva “ära lõigatusena”. Probleemi lubab lahendada uute salvestussüsteemide Soundtrap kasutamine.



Joonis 1. Helirõhutasemete mõõtmiste aegread 2018. aastal. Ühikud – dB re 1µPa.

Mõõtmistulemuste statistiline analüüs on esitatud tabelites 1 ja 2, kus on toodud kuu keskmistatud helirõhu tasemed tertsi-ribades 63 ja 125 Hz. 2018. aasta kümne kuu veetaluste helirõhutasete statistilistest arvukarakteristiketest, on esitatud järgnevad: protsendilised ületamise määrad L05, L50 (mediaan) ja L95. Protsendilise ületamise määra mõistet võib selgitada järgmise näite abil: kui L95 väärtus on 70 dB, siis see tähendab, et 95% mõõtmisajast oli veetalune helirõhutase madalam kui 70 dB (ehk 5% ajast kõrgem kui 70 dB). Seega L05 näitab helivälja lühiajalist valjemat osa, mis on tüüpiliselt inimtekkeline, L95 aga näitab pikaajalist ning vaiksemat osa, mis on seotud looduslike heliallikatega, nagu tuule poolt genereeritud merelained.

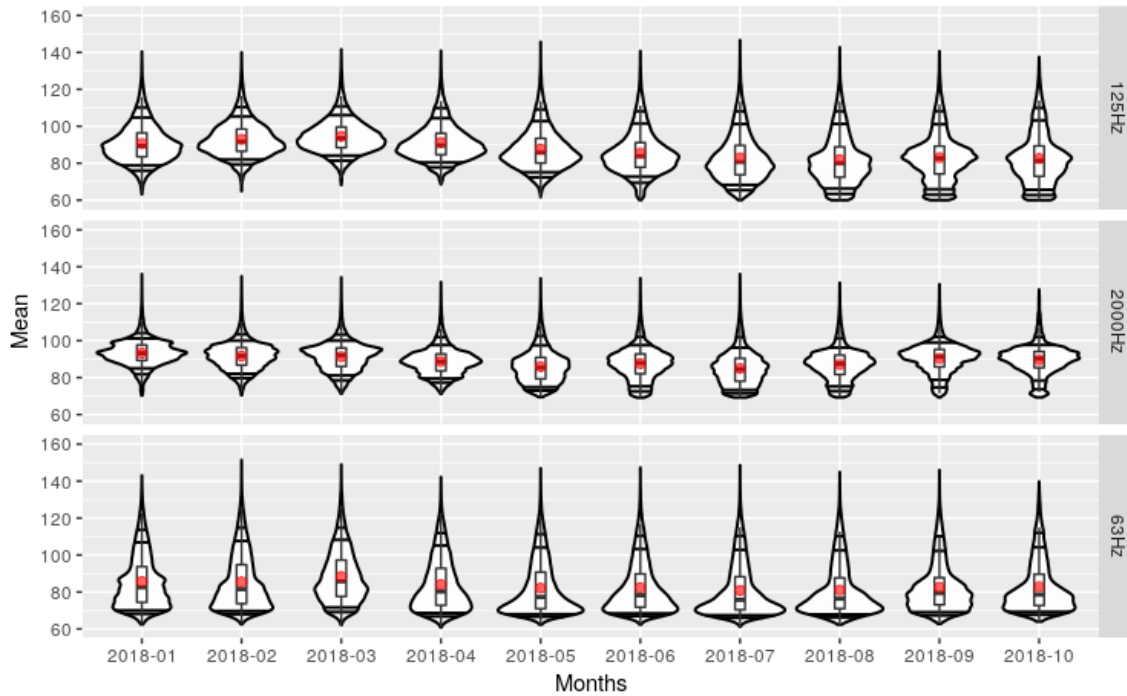
	2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10
L95	69	68	69	67	67	67	66	67	68	68
L50	83	82	86	80	77	78	76	76	79	79
L05	114	115	115	112	111	110	110	110	110	112

Tabel 1. Mõõdetud tertsi-riba 63Hz protsendilised ületamise määrad kuude kaupa, dB re 1 μ Pa.

	2018-01	2018-02	2018-03	2018-04	2018-05	2018-06	2018-07	2018-08	2018-09	2018-10
L95	76	79	82	78	72	70	65	63	62	62
L50	89	92	94	90	86	84	81	80	83	81
L05	110	110	111	110	109	108	108	108	108	110

Tabel 2. Mõõdetud tertsi-riba 125Hz protsendilised ületamise määrad kuude kaupa, dB re 1 μ Pa.

Hea ülevaate aastastest tertsi-ribades mõõdetud veetalustest helirõhutasetest annab empiirilise tihedusfunktsiooni graafiline esitus [Klauson et al 2017], mis on toodud Joonisel 2. Tihedusfunktsiooni alune pindala on võrdne ühega ja suurem väärtus tihedusfunktsioonis näitab suuremat helirõhutasete esinemiste arvu mõõtmistulemustes. Märkides tihedusfunktsiooni graafikule erinevate arvukarakteristikute punkthinnangud saab aastastest mõõtmistulemustest veel parema ülevaate. Joonisel toodud tihedusfunktsioonid näitavad seda, kuidas sesoonsus mõjutab ümbritseva heli tasemeid. On näha, et suvekuudel tekkiv veesamba temperatuuride gradient muudab helilevi selliselt, et tertsi-ribades 125Hz ja 2kHz muutub madalate helitasemetega mõõtmine raskemaks.



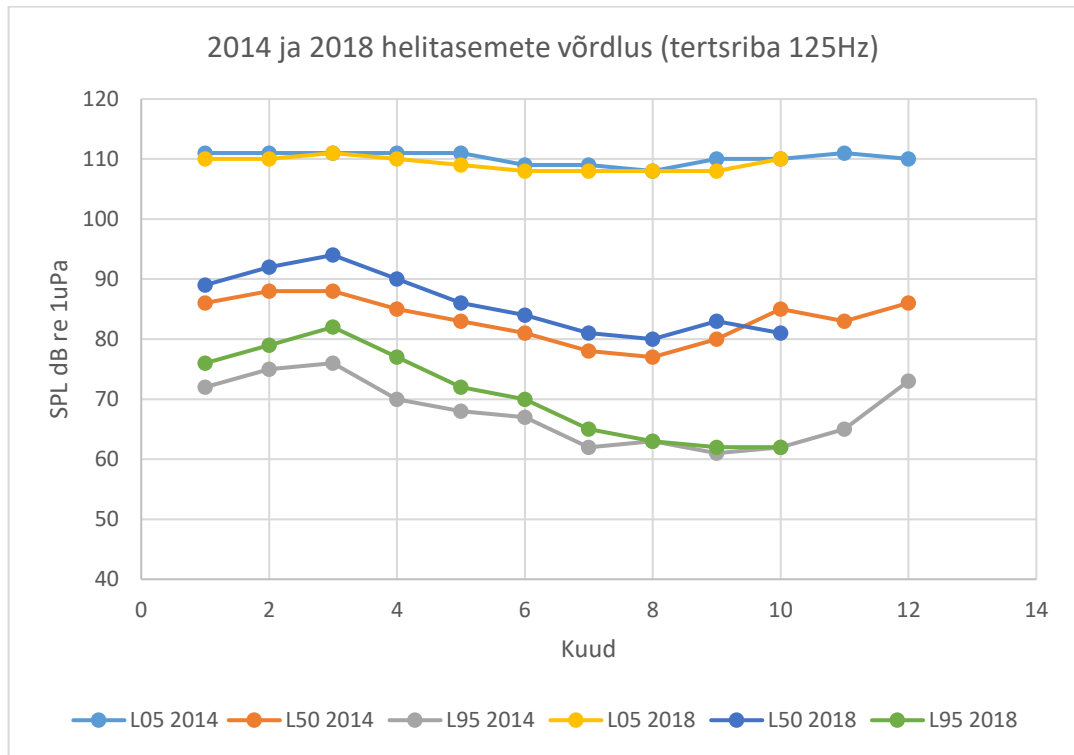
Joonis 2. Helimõõtmiste empiirilised tihedusfunktsioonid. Vertikaaltelg – helitase, mida laiem graafik, seda sagedamini esineb antud helitase. Punane punkt – aritmeetiline keskmine, horisontaaljooned ülevalt alla L05, L10, L25, L50, L75, L90, L95.

4.2 Kahe mõõtmisperioodi tulemuste võrdlus

Joonisel 3 on näidatud kahe mõõtmisperioodi võrdlus. Esimene periood – 2014.a. oli BIAS projekti ajal Teiseks perioodiks on aasta 2018 (jaanuar - oktoober). Andmed on esitatud kuude kaupa ning vastavad numbrilised väärtused on toodud tabelis 3. Graafikute numbrilised väärtused on antud tabelis 3.

Saadud mõõtmistulemused lubavad teha järgmiseid järeldusi:

1. Kõige tugevamad ja lühiajalised müratasemed (L05), mis on seotud eeskätt laevaliiklusega, ei ole kahe mõõtmisperioodi võrdluses oluliselt muutunud.
2. Madalama intensiivsusega pikaajalised müratasemed (L95), mis on seotud tuule ja lainetusega, on talveperioodil 2018 ligi 5 dB kõrgemad. Selline muutus on ilmselt põhjustatud muutustest ilmastikus. Selleks, et vastata küsimusele, kas tegu on trendiga või erakordselt tuulise talvega, peab täiendavalt uurima kogu perioodi tuulekiiruse andmeid.



Joonis 3. Helitasemete võrdlus 2014. ja 2018. aastal.

	jaanuar	veebruar	märts	aprill	mai	juuni	juuli	august	september	oktoober	november	detsember
L05 2014	111	111	111	111	111	109	109	108	110	110	111	110
L50 2014	86	88	88	85	83	81	78	77	80	85	83	86
L95 2014	72	75	76	70	68	67	62	63	61	62	65	73
L05 2018	110	110	111	110	109	108	108	108	108	110		
L50 2018	89	92	94	90	86	84	81	80	83	81		
L95 2018	76	79	82	77	72	70	65	63	62	62		

Tabel 3. Mõõdetud tertsriba 125Hz protsendilised ületamise määrad kuude kaupa kahel mõõtmisperioodil.

4.3 Modelleerimine

Modelleerimise tulemusena on arvutatud 2018. aasta allveeheli kaardid. Helikaardid on arvutatud kuude kaupa erinevate ajalise ületamise määrade jaoks ning erinevate veesamba osade jaoks. Helirõhutasemeid modelleeriti tertsrribades 63 ja 125 Hz, nagu seda nõuab MSRD. Teaduskirjanduse kohaselt on see sagedusvahemik hästi kuuldav Eesti majandusvööndis esinevate kalaliikide poolt (räim, kilu). Helirõhutasemeid modelleeriti kolme erineva veesamba osa jaoks: kogu veesamba keskmine, veesamba pindmiste kihtide keskmine (sügavused 0-15m) ja põhjakihtide keskmine (sügavused 30m – põhi). Arvestades kilu ja räime ööpäevaringseid

migratsioone veesambas, on seoste leidmiseks oli valitud kogu veesamba keskmistatud helitasemed. Ületamismääraks valiti L05, mis tähendab, et 5% ajast oli veealune helirõhutase antud helitasemest kõrgem. Valikut põhjendab just lühiajaliste valjude sündmuste võimalik mõju kalade käitumuslike reaktsioonide põhjustamisel.

5 Järgmiseks vahearuande perioodiks kavandatavad tegevused

- Viiakse lõpuni valitud piirkondade veealuse müra modelleerimised kalibreerides modelleerimist mõõtmistulemustega.
- Aastatel 2014 ja 2018 sooritatud modelleerimise ja statistilise analüüsi põhjal määratakse ajaperioode, kus kalapüügi ja veealuse heli seosed ilmnevad selgemini ning nendel ajaperioodidel planeeritakse veealuse heli modelleerimist ajavahemikus 2016-2020.a.
- Jätkatakse veealuse ümbritseva müra seiret Soome lahes mõõtmispunktis BIAS 20.
- Uuendatakse uurimisrühma veebilehte, kus kajastatakse kõiki olulisi projekti tulemusi.

6 Võimalikud riskid ja tegevused riskide maandamiseks

Riskid on seotud eeskätt meretööde läbiviimisega ning mõõtmisaparatuuri võimalike riketega. Mõõtmisaparatuuri rikete tekkimise riske maandatakse seadmete õigeaegse hooldamise ning standardite järgimisega. Meretööde läbiviimisega seotud riskide maandamiseks järgitakse ja täiustatakse protseduurilisi reegleid.

7 Asjaolud, millega pole arvestatud lepingu sõlmimisel ja ettepanekud nende lahendamiseks

Projekti kolmandal etapil on ilmnunud häiringud (vt. punktis 3), mis aga ei ole kriitilise tähtsusega projekti eesmärkide täitmiseks. Seireandmetes tekkiv lünk ei avalda suurt mõju projektis tehtavale statistilisele analüüsile.

8 Kasutatud kirjandus

ASA S3/SC1.4 TR-2014 Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. Springer.

Handegard, N.O. et al. (2003) Avoidance behavior in cod, *Gadus morhua*, to a bottom trawling vessel. *Aqua. Liv. Res.* 16, 265–270

Handegard, N. O., and Tjøstheim, D. (2005). When fish meet a trawling vessel: examining the behaviour of gadoids using a free-floating buoy and acoustic split-beam tracking. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2409–2422.

Klauson, A., Laanearu, J., Mustonen, M. (2017) Veelaluse akustilise müra seire Soome lahes. Aruanne. KIK.

Normandeau Associates, Inc. 2012. Effects of Noise on Fish, Fisheries, and Invertebrates in the U.S. Atlantic and Arctic from Energy Industry Sound-Generating Activities. A Workshop Report for the U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management. Contract # M11PC00031. 72 pp. plus Appendices.

Popper AN, Hawkins AD. An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *J Fish Biol.* 2019;1–22. <https://doi.org/10.1111/jfb.13948>

Simpson, S. D. et al. Anthropogenic noise increases fish mortality by predation. *Nat. Commun.* 7:10544 doi: 10.1038/ncomms10544 (2016).

Slotte, A., Hansen, K., Dalen, J., & Ona, E. (2004). Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fisheries Research*, 67(2), 143–150. doi:10.1016/j.fishres.2003.09.046

Vabø, R. et al. (2002) The effect of vessel avoidance of wintering Norwegian spring-spawning herring. *Fish. Res.* 58, 59–77

Verfuß, U.K., Andersson, M., Folegot, T., Laanearu, J., Matuschek, R., Pajala, J., Sigra, P., Tegowski, J., Tougaard, J. (2015). BIAS Standards for noise measurements. Background information, Guidelines and Quality Assurance. Amended version.

Aruande koostaja: Aleksander Klauson

Esitamise kuupäev: 20.05.2019.a.