



KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS



Interreg Est-Lat projekt “*Daily Allowable Maximum Loads to decrease nutrient load to the Gulf of Riga (DAML), Est-Lat 168*”

**Toitainete koormuse vähendamine Liivi lahele kasutades
jõgede maksimaalse päevase koormuse (MPK) hindamise
metoodikat**

Arvo Iital, Enn Loigu, Karin Pachel, Viktoria Voronova

Tallinna tehnikaülikool

Tallinn, 2021

Disclaimer

This document reflects the views of the authors. The managing authority of the programme is not liable for how this information may be used.

Sissejuhatus

HELCOMi hinnangul oli 2014. aastal lämmastiku ja fosfori kogukoormus Liivi lahele vastavalt 83 000 ja 2300 tonni. Suurem osa toitaineid sisenes jõgede kaudu, moodustades 87% kogu lämmastiku koormusest ja 97% kogu fosfori koormusest. Liivi lahe seisund toitainete sisalduse alusel on halb või isegi väga halb. Seetõttu on selle koormuse edasine vähendamine ülimalt oluline, et saavutada lahes vähemalt hea ökoloogiline seisund.

Läänemere tegevuskava raames on kokku lepitud maksimaalsetes toitainete koormustes riigiti ja ka Läänemere osade kaupa. Ette on antud vähendamise kohustus. Kõik riigid on seadnud ka veekvaliteedi eesmärgid ning kohustuvad vähendama toitainete koormust seal, kus see realistlikum ja tuluefektiivsem. Selleks on vaja teada, millistel hüdrooloogilistel sesoonidel keskkonna eesmäärke ületatakse ja millisel määral. Samuti ka seda, millistest allikatest on koormuse vähendamine vajalik (ja ka võimalik) ning millistel hüdrooloogilistel sesoonidel. Sellest omakorda sõltub meetmete vajadus ja tõhusus.

Selle eesmärgi saavutamiseks arendati ja testiti meetodikat Liivi lahe jõgede päevaste maksimaalsete lämmastiku- ja fosforikoormuste (PMK) määramiseks ja selle vähendamiseks valitud jõgede valglates (Salatsi ja Pärnu) arvestades varieeruvust nii veekvaliteedis kui ka äravoolus.

Aktsepteeritav päevane maksimaalne koormus (PMK) on kumulatiivne N ja/või P koormus (kg/tonni päevas) erinevatest allikatest (punkt- ja hajukoormus), ilma, et ületatakse veekvaliteedi või veemajanduse eesmäärke ning veekogu looduslikku puhverdusvõimet. Meetodika tugineb voolukestuse kõverale (vooluhulga ületamise tõenäosuskõverale) (EPA, 1991 and 2007). Voolukestuse kõver näitab vooluhulkade (Q) ja nende esinemise tõenäosuse suhet. Näiteks Q_{25} esineb 25 % ajast. Kasutades päeva keskmisi või mediaanvooluhulkasid näitab voolukestuse kõver protsenti ajast, mil uuritava perioodi jooksul on vooluhulk võrdne või ületab mingit meid huvitavat taset.

Kasutatud meetodika

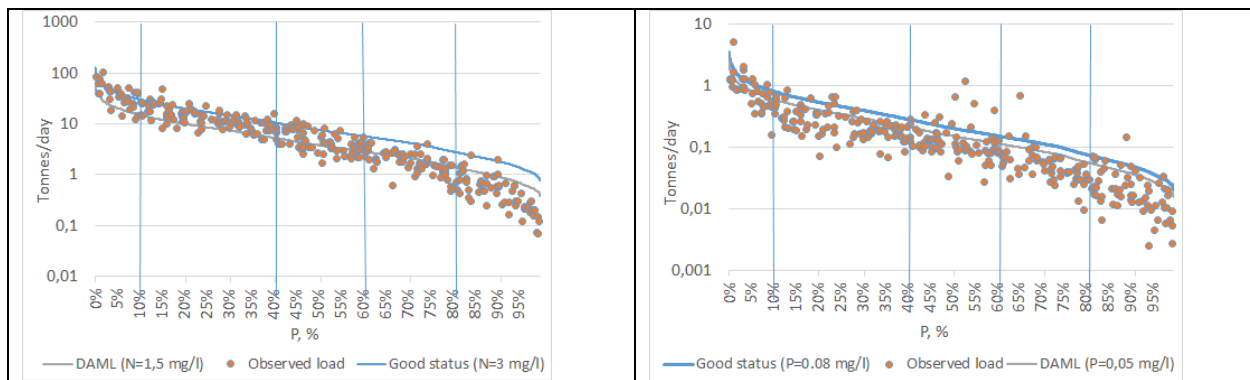
Kasutatud meetodiga võetakse arvesse vee kvaliteedi suurt muutlikkust, mis on seotud varieeruvusega vee vooluhulgas, ning vajab seetõttu vastavat analüüsi ja saasteainete aktsepteeritava päevase maksimaalse koormuse (PMK) hindamist. PMK on konkreetse jõe jaoks lubatav ja valgla erinevatest allikatest sisenev lämmastiku ja/või fosfori maksimaalne kumulatiivne koormus (kg/tonni päevas), mille puhul ei ületata kvaliteedistandardeid ja vooluveekogu puhverdusvõimet või mis on ette nähtud valgala veemajanduskava eesmärkide saavutamiseks.

Meetodika põhineb voolukestuse kõveral ja vooluhulga ületamise tõenäosuskõveral. Vooluhulga ületamise tõenäosuskõver näitab parameetri väärtust (nt nii vooluhulka kui ka reostuskoormust), mis on võrdne mõne konkreetse huvipakkuva väärtusega või ületab mõnda tõenäosuslikku väärtust.

Tegelikke hetkekoormusi, mis on arvutatud vee kvaliteedi andmete põhjal, mis on mõõdetud või hinnatud proovivõtu päeva veekvaliteedi näitajatega jaamas X, võrreldakse päevase lubatud maksimaalse koormusega, mis on arvutatud samal päeva keskmise või mediaanvooluhulga alusel jaamas X (joonis 1).

Seega on võimalik arvutada protsent perioodist (päevadest), kui kontsentratsioon/koormus võrdub voolu kestuse kõvera väärtusega või ületab seda. Kõvera kohal olevad koormused näitavad veekvaliteedi kriteeriumi ületamist, samas kui koormuse kestuse kõverast madalamad koormused näitavad selle vastavust. Tulemused väljendatakse graafikuna, kus vertikaalteljel on ööpäevane reostuskoormus (kg/d või t/päevas) ja horisontaalteljel on koormuse ületamise protsent.

Ületamise tõenäosus null vastab mõõdetud suurimale koormusele (st äärmuslikult veerohke periood) ja 100 madalaimale (st äärmuslik pöud) (joonis 1). Niiske, keskmise vahemiku ja kuiva tsooni keskpunktid asuvad vastavalt 25., 50. ja 75. protsentiili (st kvartiilide) vahemikus. Suure vooluhulga tingimusi kirjeldava perioodi (0–10%) keskpunkti märgib 5. protsentiil ja madalveeperioodi (90–100%) 95. protsentiil.

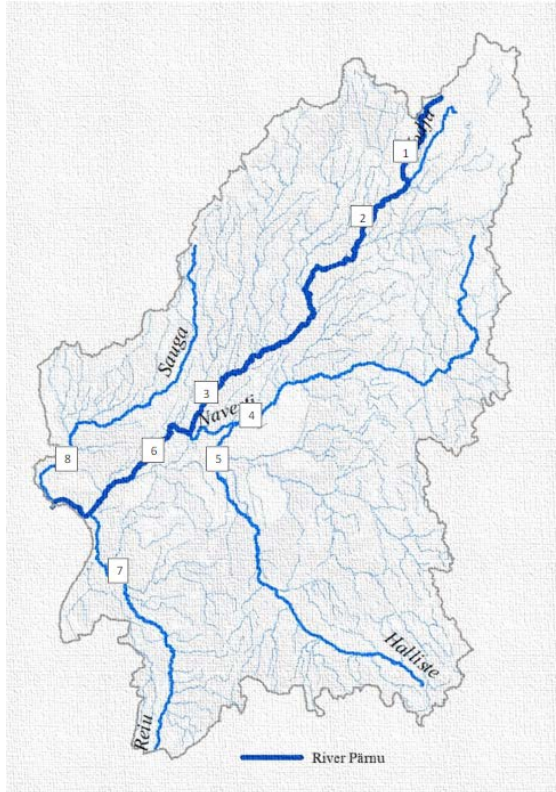


Joonis 1. N_{üld} (vasakul) ja P_{üld} (paremal) koormuse ületamise tõenäosuskõverad.

Veekvaliteedi eesmärk on tavaliselt konstantne kõigi äravoolu tingimuste korral (koormused on otseselt proportsionaalsed äravooluga). Teoreetiliselt on võimalik rakendada erinevaid veekvaliteedi eesmärke olenevalt vooluhulgast ja teades, et vee kvaliteedi parameetrid on sageli seotud vooluhulgaga (nt lämmastik).

Uuringuala Pärnu jõe vesikonnas ja kasutatud andmed

Uuring hõlmas seitset alamvesikonda Pärnu jõe vesikonnas - Vodja, Navesti, Halliste, Reiu, Sauga, Pärnu Tahkuse ja Pärnu Oore (joonis 2). Kuna Pärnu-Türi-Alliku jaama (kaardil nr 2) päevaste vooluhulkade andmestik oli PMK analüüsiks ebapiisav, kasutati seda teiste Pärnu jõe seirejaamade jaoks referentsina.

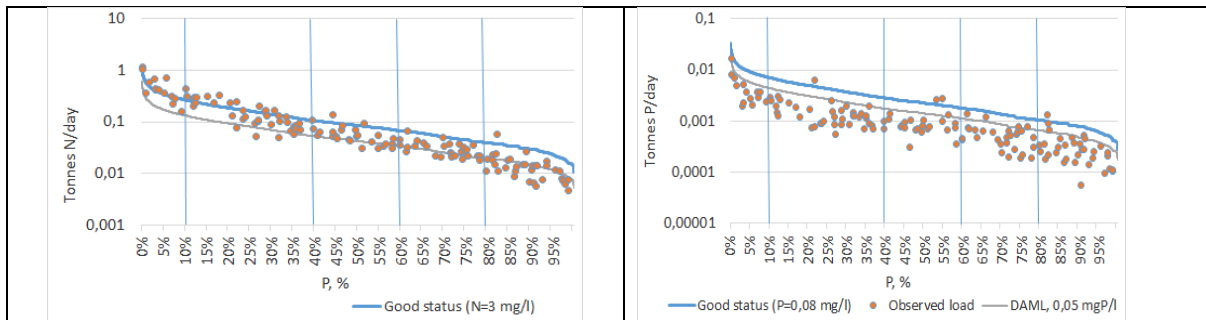


Joonis 2. Pärnu jõe vesikonna alamvesikondade seirejaamad.

Hüdromeetria seierjaamade igapäevased keskmised vooluhulga andmed aastatel 1993–2019 (Reiu ja Sauga jõgedel aastatel 2007–2019) saadi Riigi Ilmateenistuselt. Riikliku keskkonnaseire programmi raames kogutud jõgede hüdrokeemia andmed saadi Keskkonnaagentuurilt ning heitveekoormuse andmed uuritud valglates keskkonnaseire infosüsteemist KESE.

DAML Pärnu jõe valgalas

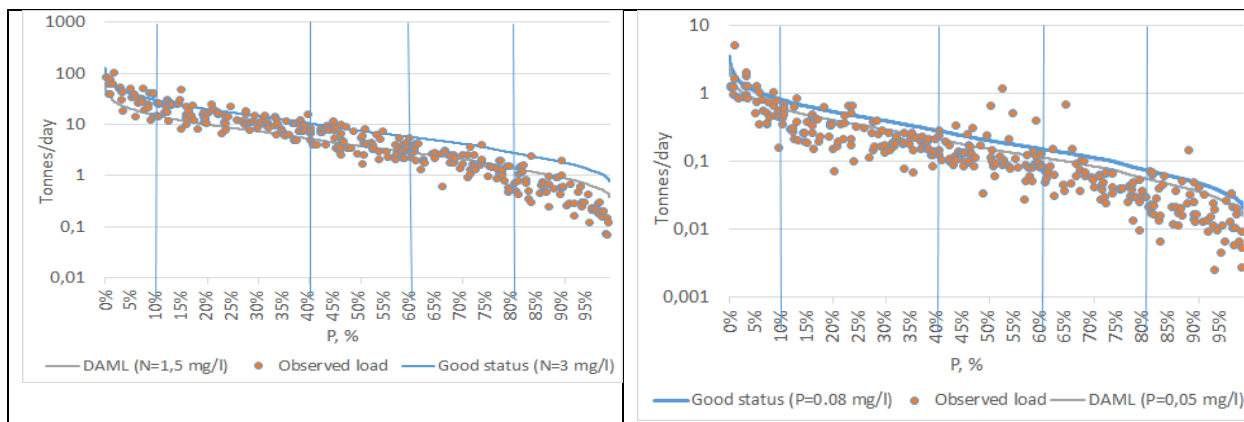
Joonisel 3 on toodud tegelike hetkekoormuste kõverad, mis on arvutatud Vodja jõe Vodja jaamas proovivõtu päeva vee kvaliteedi ja päevase keskmise vooluhulga andmete põhjal. Tabelis 1 on toodud igapäevased koormuse ületamise tõenäosused erinevatel hüdrooloogilistel perioodidel.



Joonis 3. Nüld (vasakul) ja Püld (paremal) koormuse ületamise tõenäosuskõverad Vodja jõe Vodja jaamas.

Tabel 1. Igapäevane koormuse ületamise tõenäosus hüdrooloogilistel perioodidel Vodja jões. Punane värv tähistab ületamist sõltuvalt kvaliteedieesmärgist ja roheline vastavust PMK-le. Ületamise protsent näitab erinevust tegeliku koormuse ja tõenäosusliku koormuse vahel N ja P sisalduse hea või väga hea seisundi korral.

Ületamise tõenäosus, %	N, tonn/päev	PMK, tonni (3 mg/l)	PMK, tonni (1,5 mg/l)	P, tonn/päev	P, 0,08 mg/l	P, 0,05 mg/l	Nerin., tonni (3,0 mg/l)	%	Nerin., tonni (1,5 mg/l)	%	Perin., tonni (0,08 mg/l)	%	Perin., tonni (0,05 mg/l)	%
0–10	7,1	6,2	3,1	0,07	0,17	0,10	0,92	0,13	4,03	0,56	-0 099	-1,5	-0 036	-0,2
10–20	3,2	2,5	1,3	0,02	0,07	0,04	0,62	0,20	1,89	0,60	-0 045	-2,0	-0 019	-0,3
20–30	1,9	2,4	1,2	0,02	0,06	0,04	-0,43	-0,22	0,76	0,39	-0 040	-1,8	-0 017	-0,3
30–40	1,4	1,8	0,9	0,02	0,05	0,03	-0,44	-0,32	0,47	0,34	-0 032	-1,9	-0 014	-0,3
40–50	0,9	1,3	0,6	0,01	0,03	0,02	-0,40	-0,45	0,25	0,28	-0 023	-1,9	-0 010	-0,3
50–60	0,5	0,9	0,4	0,01	0,02	0,01	-0,37	-0,71	0,07	0,14	-0 011	-0,9	-0 002	-0,1
60–70	0,4	0,6	0,3	0,01	0,02	0,01	-0,22	-0,61	0,07	0,19	-0 009	-1,2	-0 003	-0,2
70–80	0,5	0,8	0,4	0,01	0,02	0,01	-0,36	-0,75	0,06	0,12	-0 014	-1,8	-0 006	-0,3
80–90	0,3	0,5	0,3	0,01	0,01	0,01	-0,25	-0,86	0,02	0,07	-0 008	-1,2	-0 003	-0,2
90–100	0,2	0,4	0,2	0,00	0,01	0,01	-0,22	-1,37	-0,03	-0,18	-0 006	-1,7	-0 003	-0,3



Joonis 3. Nüld (vasakul) ja Püld (paremal) koormuse ületamise tõenäosuskõverad Pärnu jõe Oore jaamas.

Tabel 1. Igapäevane koormuse ületamise tõenäosus hüdrooloogilistel perioodidel Pärnu jõe Oore jaamas. Punane värv tähistab ületamist ja roheline vastavust DAML-ile.

Ületamise tõenäosus, %	N, tonn/päev	PMK, tonnides (3 mg/l)	PMK, tonnides (1,5 mg/l)	P, tonn/päev	P, tonnides (0,08 mg/l)	P, tonnides (0,05 mg/l)	N erinevus, tonnides (3,0 mg/l)	%	N erinevus, tonnides (1,5 mg/l)	%	P erinevus, tonnides (0,08 mg/l)	%	P erinevus, tonnides (0,05 mg/l)	%
0–10	1437,0	1598,9	799,5	33,95	42,64	31,98	-161,9	11	637,6	44	-8,7	26	2,0	6
10–20	659,8	817,3	408,7	12,18	21,80	16,35	-157,6	24	251,1	38	-9,6	79	-4,2	34
20–30	367,2	455,7	207,7	7,46	12,15	8,31	-88,5	24	159,5	43	-4,7	63	-0,9	11
30–40	322,6	426,0	198,2	5,96	11,36	7,93	-103,3	32	124,5	39	-5,4	91	-2,0	33
40–50	225,7	311,4	155,7	5,08	8,30	6,23	-85,6	38	70,1	31	-3,2	63	-1,1	23
50–60	125,8	218,4	105,3	5,60	5,82	4,21	-92,6	74	20,4	16	-0,2	4	1,4	25
60–70	72,7	138,4	69,2	2,67	3,69	2,77	-65,6	90	3,6	5	-1,0	38	-0,1	4
70–80	51,6	114,5	55,1	1,34	3,05	2,20	-62,9	122	-3,5	7	-1,7	128	-0,9	64
80–90	25,5	72,3	33,3	1,02	1,93	1,33	-46,8	183	-7,8	30	-0,9	89	-0,3	31
90–100	12,6	46,3	21,2	0,53	1,23	0,85	-33,7	266	-8,6	68	-0,7	132	-0,3	60

Tulemuste tõlgendamine

Lubatava koormuse ületamine madalvee perioodil (ületamise tõenäosus 80(85) kuni 100%), on iseloomulik reovee ebapiisavale käitlemisele ja toitainete koormusele punktreostusallikatest, samuti selle vähesele lahjendusele jõgedes (joonis 3). Ületuse tõenäosus 0–10% iseloomustab suure äravoolu perioodi, üleujutusi ja muid äärmuslikke hüdrooloogilisi tingimusi. Lubatava koormuse ületamine suurvee perioodil viitab üldjuhul hajureostusele mõjule jõgede veekvaliteedile. 10–40% ületamise tõenäosus peegeldab niisket või märga perioodi ja tingimusi, kus muld on veega küllastunud ning valitsevad anaeroobsed tingimused, kus orgaanilise materjali laguproduktid kantakse jõkke. Vooluhulga ületamise tõenäosus vahemikus 60–80% peegeldab kuiva perioodi ja aeroobseid tingimusi mullas. Ületamise tõenäosus vahemikus 40–60% on üleminekutsoon niiske ja märja perioodi vahel.

Vodja jõgi

Üldfosfori koormus Vodja jões näitab vastavust eesmärkidele, st Püld tegelik koormus ei ületa hea ja ka väga hea seisundi koormust, välja arvatud vähene ületamine kuival aastaajal. Üldlämmastiku koormus ületab suurvee perioodil ($P = 0\text{--}20\%$) hea seisundi sihteesmärki 1,5 tonni võrra päevas. Väga hea seisundi koormust ületaks enamikul hüdroloogilistel perioodidel, eriti suurvee ja märjal perioodil, mis osutab hajukoormuse võimalikule mõjule valgla. Baasaravoolu suur osakaal (77%) ja suhteliselt kõrge NO_3 ja $\text{N}_{\text{üld}}$ sisaldus viitab põhjavee olulisusele veekvaliteedi formeerumisel. Vooluhulgaga keskmistatud N koormus Vodja jões on väga kõrge (15 kg/ha/a). Selle põhjuseks on ilmselt ka põllumajanduslik hajukoormus.

Summaarne päevaste koormuste ületamise kogumaht on ligi 8 tonni, mida tuleks vähendada, et saavutada Nüld väga hea seisund. Sellest tulenevalt on vajalik rakendada meetmeid hajukoormuse vähendamiseks nii valgla kui ka ülemjooksu põhjaveekogumis. Madalvee- ja keskmise äravoolu perioodil on sobivaks meetmeks vee viibeaja pikendamine (settebasseinid, seadedrenaaz jm). Kõrgveeperioodil on nende tõhusus aga väike ja veekvaliteedi eesmärgi saavutamiseks on vajalik kehtivate Veeseaduse nõuete järgimine.

Heitvee koormuse osakaal Vodja valgla N ja P kogukoormusest aastatel 2015–2019 on isegi kuival perioodil ($P = 90\text{--}100\%$) üsna madal, moodustades vastavalt ainult 1,0 ja 3,6%. Seega on tõenäoline märkimisväärne P hajukoormuse sisend, mis põhjustab üksikuid hea seisundi ületamisi ka keskmise või isegi suure äravooluga perioodidel. Seetõttu on vajalikud meetmed koormuse vähendamiseks sarnased lämmastiku koormuse vähendamise meetmetega.

Pärnu-Oore

Nüld ja Püld koormus Pärnu jõe Oore jaamas näitab üldist eesmärgi täitmist, st head seisundit nii lämmastiku kui fosfori alusel, kuigi koormuse kestuse kõvera mitmeid ületamisi esineb nii kõrgvee kui ka märjal perioodil ning Püld ületamisi üleminekutsoonis (joonis 3). Tegelik Nüld päevane koormus ületab enamikel aastaegadel väga hea seisundi eesmärki, mis viitab hajukoormuse võimalikule mõjule. Päevaste lämmastiku koormuse ületamiste summa on vähemalt 1267 tonni, mida tuleks vähendada, et saavutada Nüld väga hea seisund. Kõrgveeperioodi N koormuse alandamiseks on vaja rakendada meetmeid selle sisalduse vähendamiseks jõevees.

Tegelik Püld päevane koormus ületab suurvee perioodil ($P = 0\text{--}10\%$) veekvaliteedi väga hea seisundi eesmärki, nii nagu ka keskmise äravoolu perioodil ($P = 50\text{--}60\%$) kokku 3,4 tonni võrra. Vajalike meetmetena oleks sobivad vee viibeaja pikendamiseks kuivendussüsteemides, ehkki selle tehniline teostus on keeruline.

Heitvee koormuse osakaal N ja P koormuse osakaal kogukoormusest jõe aastatel 2015–2019 on isegi kuival perioodil ($P = 90\text{--}100\%$) üsna madal, vastavalt 0,7 ja 1,3%.

Nüld ja Püld koormuste analüüs vaatlusperioodil näitab statistiliselt olulist nitraatide ja fosfaatide ärakande tõusutrendi ning ammoniaagi vähenemise trendi alates 1993. aastast.

Pikaajaline (1993–2019) keskmine päevane baasäravool moodustab 61% ja varieerub vahemikus 51 kuni 75%, mis viitab seega üsna suurele hooajalisele ja aastasele varieeruvusele.

Järeldused

- Testitud PMK meetodika võimaldab tõhusalt hinnata toitainete koormuste sesoonseid ületamisi ning valida ja põhjendada sobivaid meetmeid jõgede toitainete koormuse alandamiseks Liivi lahele ja Läänemerele.
- Suurem osa lämmastiku ja fosfori alusel hea seisundi saavutamiseks vajalike maksimaalsete päevaste koormuste ületamisi leiab uuritud jõgede valglates aset suurvee perioodil, mis näitab äravoolust suuresti mõjutatud hajukoormuse olulisust.
- Pärnu jõe ülemjooksu alamvalglates viitavad nii lämmastiku kui fosfori lubatava koormuse ületamised põhjavee olulisusele veekvaliteedi formeerumisel ning põllumajandustootmise ja punktreostuse olulisusele.
- Seetõttu on Pärnu jõe päevase maksimaalse koormuse ületamise minimeerimiseks sobivateks meetmeteks vee viibesaja pikendamine alamvalglates ja kuivendussüsteemides madalvee ja keskmise äravoolu tingimustes ning põllumajanduse keskkonnameetmete ja seadusega sätestatud nõuete rakendamist, mis aitab kaasa toitainete sisalduse alanemisele, eelkõige suurema äravoolu tingimustes.
- Spetsiifiliste meetmete määratlemine toitainete koormuse alandamiseks Liivi lahele ja Läänemerele ja jõgede hea seisundi saavutamine kõikidel hüdroloogilistes perioodidel ning rannikumeres vajab täiendavaid valgla põhiseid uuringuid. Enamikku põllumajandusliku hajukoormuse vähendamiseks sobivaid meetmeid tuleks rakendada põllumajandusettevõtetes ja põllu tasandil ning need nõuavad hea kvaliteediga veeseire ja maakasutuse andmeid paljude aastate kohta.

Projekti tulemuste põhjalikum ülevaade on esitatud aruannetes, mis on kättesaadavad projekti veebilehel:

<https://www.envir.ee/en/est-lat-project-dam/>

Viited

EPA, 1991. Guidance for Water Quality-based Decisions: The TMDL Process. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. EPA 440/4-91-001, 59pp. EPA, 2007. An Approach for Using

Load Duration Curves in the Development of TMDLs. Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, U.S. Environmental Protection Agency, EPA 841-B-07-006, 69p.