

**EL merestrateegia raamdirektiivi (2008/56/EÜ) kohane merekeskkonna
seisundihinnang: tunnus D5 (eutrofeerumine)**

Koostajad: Stella-Theresa Stoicescu ja Urmas Lips

Tallinn, 2023

Töö nimetus: EL merestrateegia raamdirektiivi (2008/56/EÜ) kohane merekeskkonna seisundihinnang: tunnus D5 (eutrofeerumine)

Töö autorid: Stella-Theresa Stoicescu ja Urmas Lips

Eutrofeerumise seisundi hindamiseks vajaliku lisa-informatsiooni andis Kaire Torn (Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut)

Töö tellija: Kliimaministeerium

Töö teostaja:

Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide instituut

Akadeemia tee 15a

12618 Tallinn, Eesti

telefon: 620 4300

e-post: msi@msi.ttu.ee

Riigihanke number: 254242

Töö valmimisaeg: 10.12.2023

Sisukord

Sisukord.....	3
ANNOTATSIOON	4
1. SISSEJUHATUS.....	5
1.1. Eutrofeerumine kui probleem	5
1.2. Aruande struktuur.....	6
2. EUTROFEERUMISE SEISUNDI HINDAMINE.....	7
2.1. Hinnangu agregeerimine ja lõpphinnangu andmine	7
2.2. Hinnangu usaldusväärsus.....	9
2.3. Ülevaade kasutatud andmetest	10
2.4. Hinnangu ruumiline ulatus.....	11
2.5. Hea keskkonnaseisundi määratlemine	12
3. TULEMUSED	15
3.1. Eutrofeerumise seisundi koondhinnang	15
3.2. Toitainete kriteeriumigrupi hinnang.....	16
3.3. Eutrofeerumise otseste mõjude kriteeriumigrupi hinnang	17
3.4. Eutrofeerumise kaudsete mõjude kriteeriumigrupi hinnang	18
3.5. Seisundihinnangu pindalapõhised tulemused	19
3.6. Seisundi muutus võrreldes eelmise perioodiga	20
4. ANALÜÜS JA JÄRELDUSED.....	23
LISA 1.....	27

ANNOTATSIOON

Käesolev töö on hankelepingu „HELCOM Läänemere ja Eesti mereala seisundihinnangute koostamine“ üheks osaks. Käesolev aruanne on Eesti mereala keskkonnaseisundi hinnang eutrofeerumise valdkonnas perioodiks 2017-2022 (osade indikaatorite jaoks 2016-2021). Seisundihinnang lähtub EL merestrateegia raamdirektiivist (2008/56/EÜ) ja vastavatest juhendmaterjalidest.

Aruandes on toodud eraldi kriteeriumigruppide (toitained, eutrofeerumise otsesed mõjud ja kaudsed mõjud) põhised seisundihinnangud ja eutrofeerumise koondhinnang. Hinnangus on kasutatud 15 erinevat indikaatorit, mis esindavad kolme primaarset kriteeriumit ja viit sekundaarset kriteeriumit. Aruandes on toodud kõik vajalikud andmed eutrofeerumise seisundi hindamiseks (indikaatorite tulemused, EQRS väärtused, kaalud, usaldusväärsus ja agregeerimise põhimõtted).

Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhiste eutrofeerumise seisundihinnangu tulemuste põhjal on HKS saavutatud ainult ühes veekogumis (EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi). Avameres ei ole HKS saavutatud üheski hindamisüksuses ühegi kriteeriumigrupi (toitained, otsesed mõjud ja kaudsed mõjud) alusel. Rannikumeres osutavad HKS mitte saavutamisele enamuses rannikuveekogumites toitainete ja otseste mõjude kriteeriumigrupi hinnangud.

Aruande koostasid Stella-Theresa Stoicescu ja Urmas Lips (TTÜ Meresüsteemide instituut). Indikaatorite kirjeldused ja tulemused ning vajalik sisendinfo põhjaelustiku kohta saadi TÜ Eesti Mereinstituudi ekspertidelt (Kaire Torn ja Georg Martin).

Uuringut rahastas Kliimaministeerium riigieelarvest ja kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise tulust.

1. SISSEJUHATUS

1.1. Eutrofeerumine kui probleem

Jõgedest ja atmosfäärist merekeskkonda jõudvad liigsed toitainete kogused põhjustavad selle eutrofeerumist. Toitained soodustavad fütoplanktoni kasvu ja orgaanilise aine akumulereerumist ökosüsteemis. Suurenenud orgaanilise materjali kogus omakorda vähendab vee läbipaistvust ja suurendab hapniku tarbimist veesambas ning mere põhjas. Selle tulemusena võib tekkida hüpoksia (madal hapnikusisaldus) ja/või anoksia (hapniku puudumine), mis võib põhjustada põhjaelustiku hävimist. Hapnikuvaegus merepõhja lähedal soodustab fosfaatide vabanemist setetest, mis on täiendavaks toitainete allikaks merekeskkonnas. Fosfaatide kõrge kontsentratsioon hoogustab tsüanobakterite kasvu, sest tsüanobakterid (erinevalt teistest bakteri- ja vetikaliikidest) võivad omastada lämmastikku gaasilisel kujul (õhust). Kõik need muutused mõjutavad toitainete ringlust, elustiku liigilist koosseisu ja toiduvõrgustiku toimimist. Näiteks oportunistlikud liigid, mis saavad kasu eutroofsetest tingimustest, mõjutavad otseselt või kaudselt elupaiga kvaliteeti ja toitumistingimusi.

Läänemere eutrofeerumine on seotud eelkõige inimtegevusest põhjustatud liigse toitainete koormusega. Peamine fosfori ja lämmastiku sissekanne tuleb Läänemerre sinna suubuvatest jõgedest. Põllumajandusel on jõgedega merre jõudvas toitainete koormuses selgelt kõige suurem osakaal. Muudeks toitainete allikateks on metsandus, tööstus, olmeveed läbi asulate veepuhastusjaamade ja hajaasustusest, sademeveed ja vesiviljelus. Läbi atmosfääri jõuab merekeskkonda ligikaudu kolmandik kogu lämmastikukoormusest, mis pärineb laevandusest, maanteetranspordi ja energia tootmisega seotud põlemisprotsessidest ja põllumajandusest. Fosfori koormus atmosfäärist on väike.

Eutrofeerumise leevendamiseks on regionaalsel tasandil HELCOM-i koostöös kokku lepitud toitainete koormuse vähendamise eesmärgid - alates 1988. aastal seatud eesmärgist vähendada koormusi 50% võrra kuni 2021. aastal vastu võetud uuendatud Läänemere tegevuskava eesmärgini vähendada koormust kogu Läänemerele ja igale selle alambasseinile, mis vastab maksimaalselt lubatud koormusele (HELCOM, 2021). Viimase Läänemere reostuskoormuse hinnangu põhjal ei ole toitainete koormusi suudetud vähendada maksimaalselt lubatud koormuste tasemeni ei kogu Läänemere ega ühegi Eestit ümbritseva Läänemere alambasseini jaoks (Soome laht, Liivi laht ja Läänemere avaosa; HELCOM, 2023b). Eestis on veemajanduskavade osadena koostatud vastavad meetmeprogrammid koormuste vähendamiseks (viimane meetmete programm on aastateks 2022-2027, Keskkonnaministeerium, 2022) ja MSRD meetmeprogrammid (viimane aastateks 2022-2027, Keskkonnaministeerium, 2023).

Keskkonnaseisundi eesmärgiks on Läänemere tegevuskava eutrofeerumise valdkonnas „Eutrofeerumisest mõjutamata Läänemeri“, mis sisaldab järgmisi ökoloogilisi eesmärgi: looduspärane toitainete sisaldus; selge ja läbipaistev merevesi; looduspärane vetikaõitseng; taimede ja loomade looduslik jaotumine ning esinemine; loomulikud hapnikutasemed. MSRD nõuetele vastavalt kirjeldatakse head keskkonnaseisundit HKS kriteeriumite ja indikaatorite abil. Eutrofeerumise valdkonnas on primaarseteks kriteeriumiteks C1 – Toitainete sisaldus veesambas; C2 – Klorofüll *a* sisaldus veesambas; C5 – Lahustunud hapniku sisaldus veesambas ja sekundaarseteks kriteeriumiteks C3 – Kahjulikud vetikaõitsengud; C4 – Veesamba läbipaistvus; C6 – Oportunistlikud suurvetikad; C7 - Makrofüüdid; C8 - Makrofauna (Euroopa Komisjon, 2017). MSRD rakendamise eesmärgiks on saavutada hea keskkonnaseisund kogu Eesti merealal.

Keskkonnaseisundi kirjeldamisel tuleb arvestada ka Läänemere ja sealhulgas Eesti mereala looduslike tingimustega. Vastavalt nendele on defineeritud iga indikaatori läviväärtus. Kuid eutrofeerumise

valdkonnas võib keskkonnaseisundit ja indikaatorite väärtusi mõjutada ka looduslike tingimuste varieerumine (sh Põhjamere soolasema vee sissevoolude kordumine või puudumine) ja kliimamuutused. Näiteks on tuvastatav Läänemere veepinna temperatuuri kasv viimastel aastakümnetel (HELCOM/Baltic Earth, 2021), mis võib olla mõjutanud tsüanobakterite vohamist, veesamba stratifikatsiooni ja hapnikutingimusi. Meetmete kavandamisel ja rakendamisel on samuti vajalik arvestada võimalike kliimamuutuste mõjudega.

1.2. Aruande struktuur

Käesolev aruanne koosneb sissejuhatavast osast (sh probleemi kirjeldusest), eutrofeerumise seisundi hindamise metoodika kirjeldusest ja eutrofeerumise seisundihinnangutest kriteeriumigruppide ja koondhinnangu tasemel. Lisaks on toodud rannikuveekogumite HKS jaotuse pindalaline jaotus ja seisundi muutus võrreldes eelmise hindamisperioodiga. Kõigi käesolevas hinnangus kasutatud indikaatorite tulemused on toodud Lisas 1 (tabel L1-1), kus on ära toodud ka nende EQRS¹ väärtused (tabel L1-2) ja usaldusväärsuse hinnangud (tabel L1-3) ning kriteeriumigruppide EQRS väärtused ja usaldusväärsuse hinnangud (tabel L1-4).

¹ EQRS (*scaled ecological quality ratio*) on indikaatorite tulemuste normaliseeritud väärtus nullist üheni, kus referentsväärtus on võrdne ühega ja halvim võimalik väärtus on võrdne nulliga.

2. EUTROFEERUMISE SEISUNDI HINDAMINE

2.1. Hinnangu agregeerimine ja lõpphinnangu andmine

Eesti mereala eutrofeerumise seisundihinnang koosneb erinevate indikaatorite (tabel 1) hinnangutest (tabel 2), mida antakse rannikumeres veekogumite ja avameres HELCOM hindamisüksuste põhisel (käesolevas aruandes vastab rannikumeri rannikuveele ja avameri rannikuveest väljapoole jäävale territoriaalmerele ning majandusvööndile Eesti merealal). Indikaatorid on välja töötatud arvestades MSRD ja VPRD nõudeid ja vastavaid soovitusi, on avamere osas kooskõlastatud HELCOM tasemel ja iseloomustavad toidainetest lähtuvat survet merekeskkonnale ning eutrofeerumise otseseid ja kaudseid mõjusid (joonis 1).

Esimese sammuna koostati indikaatorite põhine hinnang igale veekogumile ja hindamisüksusele. Järgmisena koostati MSRD kriteeriumigrupi põhised hinnangud, mille tulemus on indikaatorite normeeritud väärtuste kaalutud keskmine (käesolevas hinnangus kasutatud indikaatorite kaalud on toodud tabelis 2). Veekogumi-põhine eutrofeerumise lõpphinnang on saadud kriteeriumigrupi hinnangute põhjal printsiibil *one-out-all-out*, mis tähendab, et kogu veekogumi eutrofeerumise hinnang näitab HKS-i mitte-saavutamist juhul, kui isegi ainult ühe grupi hinnang on alla HKS piiri. Kogu Eesti mereala eutrofeerumise seisundihinnangu andmiseks on leitud mereala pindala proportsioonid, mille ulatuses HKS on saavutatud või mitte saavutatud.

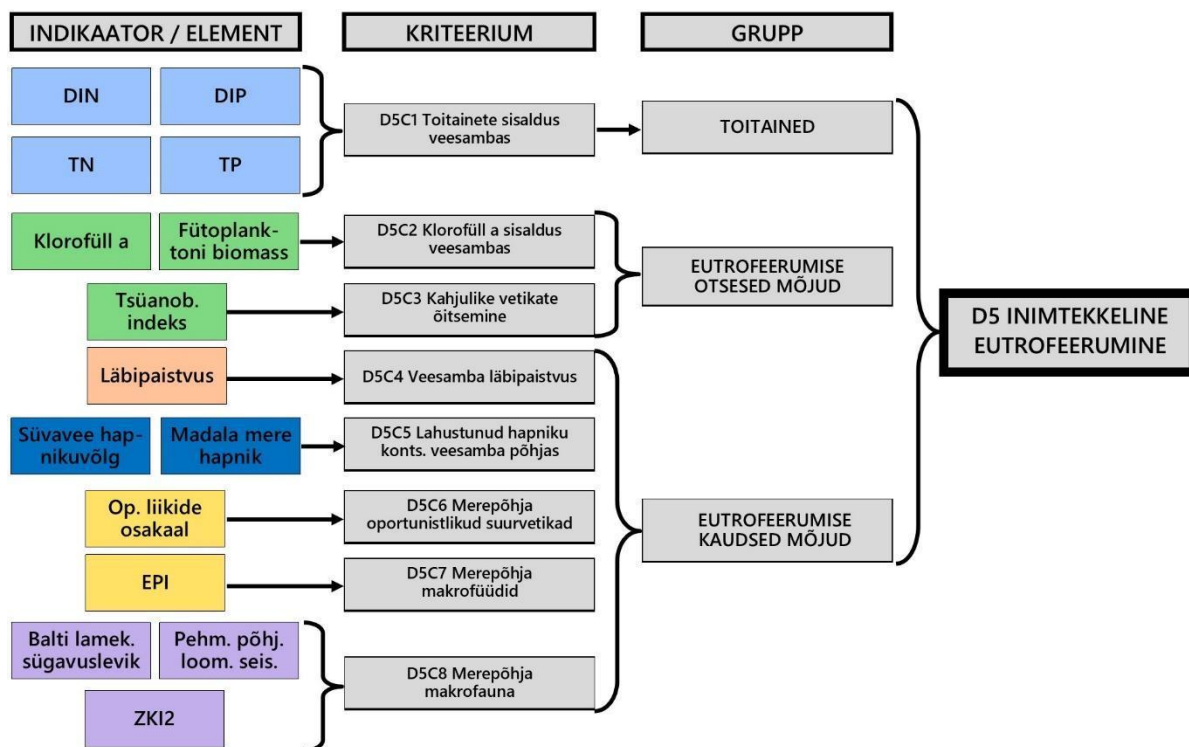
Indikaatorite hinnangute agregeerimiseks rakendati regionaalselt kasutatavat metoodikat (sarnaselt HELCOM HEAT tööriistale; HELCOM, 2023a). Selleks viidi indikaatori arvutatud väärtused ühtsele skaalale (EQRS) vahemikus nullist üheni, kus '1' tähistab referentsväärtust, ehk looduslikke võrdlustingimusi ja '0' halvimat võimalikku indikaatori väärtust. HKS piir vastab EQRS väärtusele 0.6.

Tabel 1. Eutrofeerumise hinnangus kasutatud indikaatorid. Roheline märgib indikaatori kasutamist ava- ja/või rannikumeres ja '*' tähistab indikaatoreid, mille puhul on avameres kasutatud HELCOM HOLAS3 tulemusi.

Lühend aruandes	Kood	Kirjeldus	Rannikumeri	Avameri
DIN	BALEED5C1.3	Anorgaanilise lämmastiku (NO ₃ -N + NO ₂ -N + NH ₄ -N) talvine kontsentratsioon merevees		
DIP	BALEED5C1.4	Fosfaatide (PO ₄ -P) talvine kontsentratsioon merevees		
TN	BALEED5C1.1	Üldlämmastiku suvine/aastane kontsentratsioon rannikuvees/avameres		
TP	BALEED5C1.2	Üldfosfori suvine/aastane kontsentratsioon rannikuvees/avameres		
CHLA	BALEED5C2.1	Merevee suvine klorofüll-a sisaldus		
FBIOM	BALEED5C2.2	Fütoplanktoni suvine biomass		
CYAB	BALEED5C3.1	Tsüanobakterite vohamise indeks		*
SECCHI	BALEED5C4.1	Merevee suvine läbipaistvus Secchi ketta järgi		
ODEBT	BALEED5C5.1	Süvavee hapnikuvõlg		*
SWOI	BALEED5C5.4	Madala mere hapnikutingimused		*
OP	BALEED5C6.1	Oportunistlike liikide osakaal		
EPI	BALEED5C7.4	Eesti põhjataimestiku indeks (EPI 1, EPI 2, EPI HPO, EPI PCF)		
ZKI2	BALEED5C8.1	Zoobentose koosluse indeks (ZKI2)		
PEHM	BALEED5C8.2	Pehmete põhjade loomastiku seisund		*
BALT	BALEED5C8.3	Balti lamekarbi (<i>Macoma balthica</i>) sügavuslevik		

Tabel 2. Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhistes hinnangutes kasutatud indikaatorid (märgitud rohelisega) ja nende kaalud kriteeriumigrupi põhistes hinnangutes. Kaalud vastavad avameres HELCOM HOLAS3 hinnangus kasutatud kaaludele (kui on kasutatud samu indikaatoreid) ja rannikumeres eksperthinnangutele, st indikaatoritele on rakendatud võrdseid kaalusid.

Kriteeriumi grupp	TOITAINED				EUTROFEERUMISE OTSESED MÕJUD			EUTROFEERUMISE KAUDSED MÕJUD							
	DIN	DIP	T N	TP	CH LA	FBIOM	CYAB	SECCH I	ODEBT	SWOI	O P	EPI	ZKI 2	PE HM	BA LT
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	25	25	25	25	50	50		25			25	25	25		
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	25	25	25	25	50	50		25			25	25	25		
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi			50	50	100			25			25	25	25		
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi			50	50	100			25			25	25	25		
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_10 Soela väina rannikuvesi			50	50	100			25			25	25	25		
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi			50	50	100			25			25	25	25		
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_14 Kassari-Ounaku lahe rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_16 Väinamere rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi			50	50	50	50		25			25	25	25		
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	25	25	25	25	50	50		100							
SEA-013B Soome lahe idaosa	25	25	25	25	66		34	25		25				25	25
SEA-013A Soome lahe lääneosa	25	25	25	25	66		34	25	25					25	25
SEA-012 Läänemere avaosa põhjabbasseini avamere osa	25	25	25	25	66		34	50	50						
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	25	25	25	25	66		34	25	25					25	25
SEA-011 Liivi lahe mereala avamere osa	17	17	33	33	75		25	65		35					



Joonis 1. Indikaatorite agregeerimise skeem eutrofeerumise lõpphinnanguks.

2.2. Hinnangu usaldusväärsus

Indikaatori tulemuse (seisundihinnangu) usaldusväärsus veekogumis või avamere hindamisüksuses on määratud ajalise, ruumilise hinnangu aluseks oleva keskvaartuse täpsuse ja metoodilise usaldusväärsuse põhjal. Kõik usaldusväärsuse elemendid määratakse kolme-klassilisel skaalal: kõrge (100%), keskmine (50%) ja madal (0%). Indikaatori tulemuse lõpliku usaldusväärsuse määrab kõigi nelja elemendi keskmine ($\geq 67\%$ kõrge; $< 67\% \& \geq 33\%$ keskmine; $< 33\%$ madal).

Veekogumi või hindamisüksuse põhise kriteeriumigrupi hinnangu usaldusväärsus on indikaatorite usaldusväärsuse kaalutud keskmine (indikaatorite kaalud on toodud tabelis 2). Veekogumi või hindamisüksuse põhise eutrofeerumise seisundi usaldusväärsus on kolme kriteeriumigrupi usaldusväärsuse keskmine ($\geq 67\%$ kõrge; $< 67\% \& \geq 33\%$ keskmine; $< 33\%$ madal).

Kogu Eesti mereala hinnangu usaldusväärsuseks on arvuliselt domineeriv usaldusväärsuse hinnang veekogumite ja hindamisüksuste kaupa.

2.3. Ülevaade kasutatud andmetest

Eutrofeerumise seisundihinnanguks kasutatud andmed on kogutud peamiselt Eesti riikliku keskkonnaseire programmis määratud seirejaamades. Hinnanguks kasutatud anorgaaniliste toitainete (DIN: $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ja NH_4 , DIP: PO_4) andmed kogutakse merevee pinnakihist (0-10 meetrit) talvisel perioodil (detsember kuni veebruar, käesolevas hinnangus on kasutatud andmeid perioodist 2017-2022). Üldtoitainete (TN, TP) andmed kogutakse samuti pinnakihist (0-10m), rannikuvees suvisel perioodil (juuni kuni september, käesolevas hinnangus perioodist 2017-2022) ja avameres läbi kogu aasta (samuti perioodist 2017-2022). Klorofüll a (CHLA) ja fütoplanktoni biomassi (FBIOM) andmed kogutakse merevee pinnakihist (0-10 meetrit) ja läbipaistvust (SECCHI) mõõdetakse suvisel perioodil (juuni kuni september, käesolevas hinnangus on kasutatud andmeid perioodist 2017-2022).

Tsüanobakterite vohamise indeksi (CYAB) tulemused põhinevad HELCOM-i indikaatori tulemustel. Nende arvutamisel on arvestatud suveperioodi (juuni – august, käesolevas töös perioodil 2016-2021) tsüanobakterite pinnaakumulatsioonide mahtu, kestust ja intensiivsust (satelliidi andmed) ning tsüanobakterite biomassi veesambas.

Süvavee hapnikuvõla indikaatori (ODEBT) tulemused põhinevad HELCOM-i indikaatori väärtustel. Nende arvutamisel on kasutatud hapniku, soolsuse ja temperatuuri andmeid (vertikaalseid profile), mis on kogutud läbi kogu aasta (käesolevas töös perioodil 2016-2020). Lisaks arvestatakse Läänemere sissevoolude (*Major Baltic Inflows*) ja lämmastiku koormuse andmeid samast perioodist.

Madala mere hapnikutingimuste (SWOI) tulemused põhinevad HELCOM-i indikaatori väärtustel. Hapniku tingimuste iseloomustamiseks kasutatakse Soome lahe idaosas kogu veesambas mõõdetud hapniku ja soolsuse andmeid perioodil juuli kuni oktoober ja Liivi lahes põhjalähedase hapniku andmeid perioodil juuli kuni september (käesolevas töös perioodil 2016-2021).

Oportunistlike liikide osakaalu indikaator (OP) määratakse kõikide niitjate rohevetikate ja niitjate pruunvetikate *Pylaiyella littoralis* ning *Ectocarpus siliculosus* biomassi osakaalu põhjal põhjataimestiku üldbiomassist. Käesoleva töö indikaatori tulemus põhineb 2016-2021 kogutud andmetel.

Eesti põhjataimestiku indeks (EPI) koosneb põhjataimestiku maksimaalsest sügavuslevikust (EPI 1, EPI 2), *Fucus spp.* sügavuslevikust (EPI 1, EPI 2), kõrgemate taimede sügavuslevikust (EPI HPO), mitmeaastaste liikide osakaalust üldbiomassis (EPI 1), oportunistlike liikide osakaalust üldbiomassis (EPI HPO), mitmeaastaste liikide osakaalust üldbiomassis (EPI PCF), mändvetikate katvuse osakaalust üldkatvuses (EPI PCF) ja *Fucus spp.* katvuse osakaalust üldkatvuses (EPI PCF). Käesoleva töö indikaatori tulemus põhineb 2016-2021 kogutud andmetel.

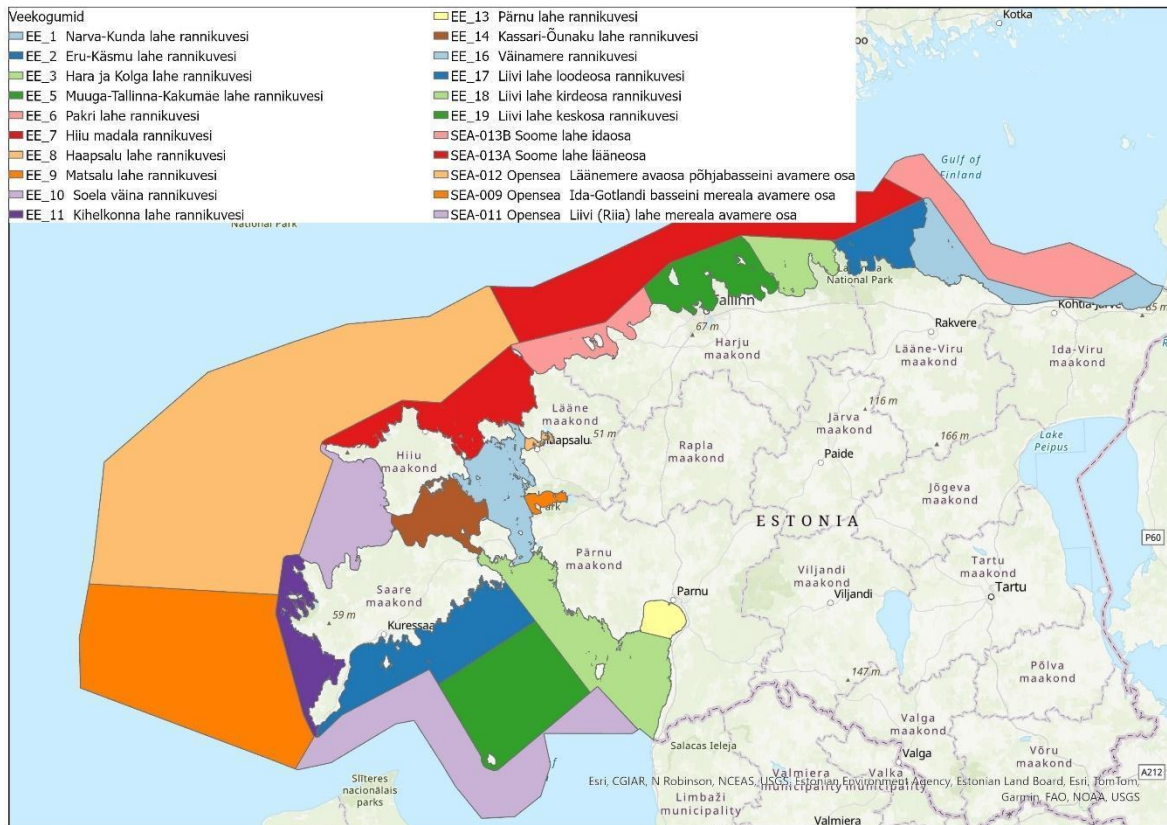
Zoobentose koosluse indeks (ZKI2) arvutatakse põhjaloomastiku biomassi põhjal. Käesoleva töö indikaatori tulemus põhineb 2016-2021 kogutud andmetel.

Pehmete põhjade loomastiku seisundi (PEHM) tulemused põhinevad HELCOM-i indikaatoril (leitnud perioodi 2016-2021 jaoks). Indikaatori arvutamisel läheb arvesse merepõhja elustiku liikide arvukus.

Balti lamekarbi (*Macoma balthica*) maksimaalse sügavusleviku (BALT) hindamiseks kogutakse põhjaloomastiku proove transektidel mööda sügavusgradienti. Käesoleva töö indikaatori tulemus põhineb 2016-2021 kogutud andmetel.

2.4. Hinnangu ruumiline ulatus

Käesoleva eutrofeerumise seisundi hinnangu esimese sammuna koostati rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhine seisundihinnang. Lõpptulemusena saadud eutrofeerumise seisundihinnang iseloomustab kogu Eesti mereala tervikuna. Veekogumite ja avamere hindamisüksuste jaotus on toodud joonisel 2 ning rannikumere veekogumite veetüüpide jaotus tabelis 3.



Joonis 2. Eesti rannikuveekogumite ja HELCOM avamere hindamisüksuste jaotus Eesti merealal.

Tabel 3. Rannikuveekogumite veetüübid. Musta kirjaga on Keskkonnaministri 16.04.2020 määrusest nr 19 (RT I, 21.04.2020, 61) lähtuvad veetüübid ja punase kirjaga TÜ Eesti Mereinstituudi (2023) parandusettepanekust lähtuv veetüüp.

Veekogum	Veetüüp
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	R1
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi	R1
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi	R3
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	R3
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi	R3
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi	R4

EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi	R5
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi	R5
EE_10 Soela väina rannikuvesi	R4
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi	R4
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi	R2
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi	R5
EE_16 Väinamere rannikuvesi	R5
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi	R6
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi	R6
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	R6

2.5. Hea keskkonnaseisundi määratlemine

Hea keskkonnaseisundi väärtus on väärtus, mille puhul indikaatori seisund peegeldab olukorda, kus inimõju on sellisel tasemel, mis ei häiri oluliselt ökosüsteemi funktsioneerimist. HKS piirid määratakse indikaatorite põhisel ja nende meetodika on erinev (täpsem informatsioon on toodud iga indikaatori vormis). Käesoleva seisundihinnangu koostamisel kasutati rannikumere puhul Keskkonnaministri 16.04.2020 määrusest nr 19 (RT I, 21.04.2020, 61) lähtuvaid rannikuveekogumite tüübipõhiseid HKS piire (koos parandusettepanekutega: TÜ Eesti Mereinstituut, 2023; tabel 4), mis vastavad veekvaliteedi klasside hea ja kesise piirile. Rannikumere veekogumite puhul on DIN ja DIP jaoks kasutusel HKS piir (Keskkonnaministeerium, 2018, tabel 5). Avamere indikaatorite HKS piirid on regionaalselt kokku lepitud HELCOM koostöös (tabel 6; vt <https://indicators.helcom.fi/>). Balti lamekarbi (*Macoma balthica*) sügavusleviku indikaatori tulemuste viimiseks skaalale 0-1 (EQRS) pakuti käesoleva töö raames ekspertide poolt välja miinimum ja maksimum sügavusleviku väärtused (tabel 7).

Tabel 4. Keskkonnaministri 16.04.2020 määrusest nr 19 (RT I, 21.04.2020, 61) tulenevad veekogumipõhised klassipiirid (musta kirjaga) ja TÜ Eesti Mereinstituudi (2023) parandusettepanekud (punase kirjaga) rannikumeres. Referentsväärtus vastab ökoloogilisele kvaliteedisuhte väärtusele 1, ehk looduslikele võrdlustingimustele.

ühik	Veekogumi tüüp	Referents-väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
TN			<=	<=	<=	<=	>
µmol/l	R1	17.90	21.60	26.80	54.20	81.40	Halb klass
µmol/l	R2	19.60	23.60	29.20	59.30	89.00	
µmol/l	R3	15.30	18.40	22.80	46.40	69.50	
µmol/l	R4	12.20	14.70	18.30	37.10	55.60	
µmol/l	R5	14.10	17.00	21.00	42.70	64.00	
µmol/l	R6	15.90	19.20	23.70	48.20	72.30	
TP			<=	<=	<=	<=	>
µmol/l	R1	0.56	0.67	0.84	1.70	2.55	Halb klass
µmol/l	R2	0.45	0.54	0.67	1.35	2.04	
µmol/l	R3	0.47	0.56	0.72	1.41	2.14	

ühik	Veekogumi tüüp	Referents -väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
µmol/l	R4	0.28	0.34	0.42	0.85	1.27	
µmol/l	R5	0.20	0.24	0.30	0.60	0.90	
µmol/l	R6	0.33	0.40	0.50	1.00	1.50	
CHLA			<=	<=	<=	<=	>
µg/l	R1	2.50	3.00	3.70	7.60	11.40	Halb klass
µg/l	R2	3.00	3.60	4.50	9.10	13.60	
µg/l	R3	1.80	2.20	2.70	5.50	8.20	
µg/l	R4	1.40	1.70	2.10	4.20	6.30	
µg/l	R5	1.60	1.90	2.40	4.80	7.10	
µg/l	R6	2.00	2.40	3.00	6.20	9.30	
FBIOM			<=	<=	<=	<=	>
mg/l	R1	0.45	0.54	0.67	1.32	2.05	Halb klass
mg/l	R2	-	-	-	-	-	-
mg/l	R3	0.28	0.34	0.42	0.84	1.26	
mg/l	R4	0.18	0.22	0.27	0.54	0.81	
mg/l	R5	0.10	0.12	0.15	0.30	0.45	
mg/l	R6	0.22	0.27	0.33	0.67	1.00	
SECCHI			>=	>=	>=	>=	<
m	R1	4.80	4.20	3.60	2.40	1.60	Halb klass
m	R2	4.20	3.70	3.20	2.00	1.50	
m	R3	6.00	5.20	4.50	2.80	2.10	
m	R4	8.30	7.40	6.50	3.90	3.00	
m	R5	6.50	5.70	4.90	3.10	2.30	
m	R6	5.50	4.90	4.20	2.60	2.00	
OP			<=	<=	<=	<=	>
%	R1	0.00	19.00	39.00	55.00	76.00	Halb klass
%	R2	0.00	8.00	19.00	35.00	56.00	
%	R3	0.00	14.00	29.00	45.00	66.00	
%	R4	0.00	14.00	29.00	45.00	66.00	
%	R5	0.00	19.00	39.00	55.00	76.00	
%	R6	0.00	14.00	29.00	45.00	66.00	
EPI			>=	>=	>=	>=	<
ühikuta	R1	1.00	0.98	0.86	0.30	0.10	Halb klass
ühikuta	R2	1.00	0.90	0.75	0.55	0.30	
ühikuta	R3	1.00	0.98	0.86	0.30	0.10	
ühikuta	R4	1.00	0.88	0.55	0.30	0.10	
ühikuta	R5	1.00	0.80	0.50	0.30	0.10	
ühikuta	R6	1.00	0.91	0.70	0.30	0.10	
ZK12			>=	>=	>=	>=	<
ühikuta	R1	0.74	0.29	0.18	0.13	0.06	Halb klass

ühik	Veekogumi tüüp	Referents -väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
ühikuta	R2	0.74	0.29	0.18	0.13	0.06	
ühikuta	R3	0.74	0.29	0.18	0.13	0.06	
ühikuta	R4	0.74	0.29	0.18	0.13	0.06	
ühikuta	R5	0.74	0.29	0.18	0.13	0.06	
ühikuta	R6	0.74	0.29	0.18	0.13	0.06	

Tabel 5. Rannikumere veekogumitele välja pakutud hea ja kesise veekvaliteediklassi tüübispetsiifilised piirid (ehk HKS piirid) DIN ja DIP jaoks (Keskkonnaministeerium, 2018).

ühik	Veekogumitüüp	DIN HKS	DIP HKS
μmol/l	R1	5.2	0.6
μmol/l	R2	15.5	0.52
μmol/l	R3	3.8	0.59
μmol/l	R4	5.1	0.3
μmol/l	R5	6.3	0.37
μmol/l	R6	7.4	0.43

Tabel 6. Avamere indikaatorite HKS piirid.

Avamere osa	DIN (μmol/l)	DIP (μmol/l)	TN (μmol/l)	TP (μmol/l)	CHLA (μg/l)	CYAB (ühikuta)	SECCHI (m)	ODEBT (mg/l)	SWOI	PEHM (ühikuta)
SEA-013B Soome lahe idaosa	4.3	0.68	22.3	0.56	2.3	0.91	5.3		14 km ³	0.5*
SEA-013A Soome lahe lääneosa	3.3	0.50	18.7	0.54	1.9	0.88	5.9	8.66		0.5*
SEA-012 Läänemere avaosa põhjasseini avamere osa	2.9	0.25	16.2	0.38	1.65	0.93	7.1	8.66		4
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	2.6	0.29	16.5	0.45	1.9	0.89	7.6	8.66		4
SEA-011 Liivi lahe mereala avamere osa	5.2	0.41	28.0	0.70	2.7	0.90	5.0		0.6 (EQRS)	

* Hinnatakse kogu Soome lahe avaosa koos. Käesolevas töös on kogu Soome lahe hinnang ja HKS piir võetud arvesse mõlema Soome lahe avaosa puhul.

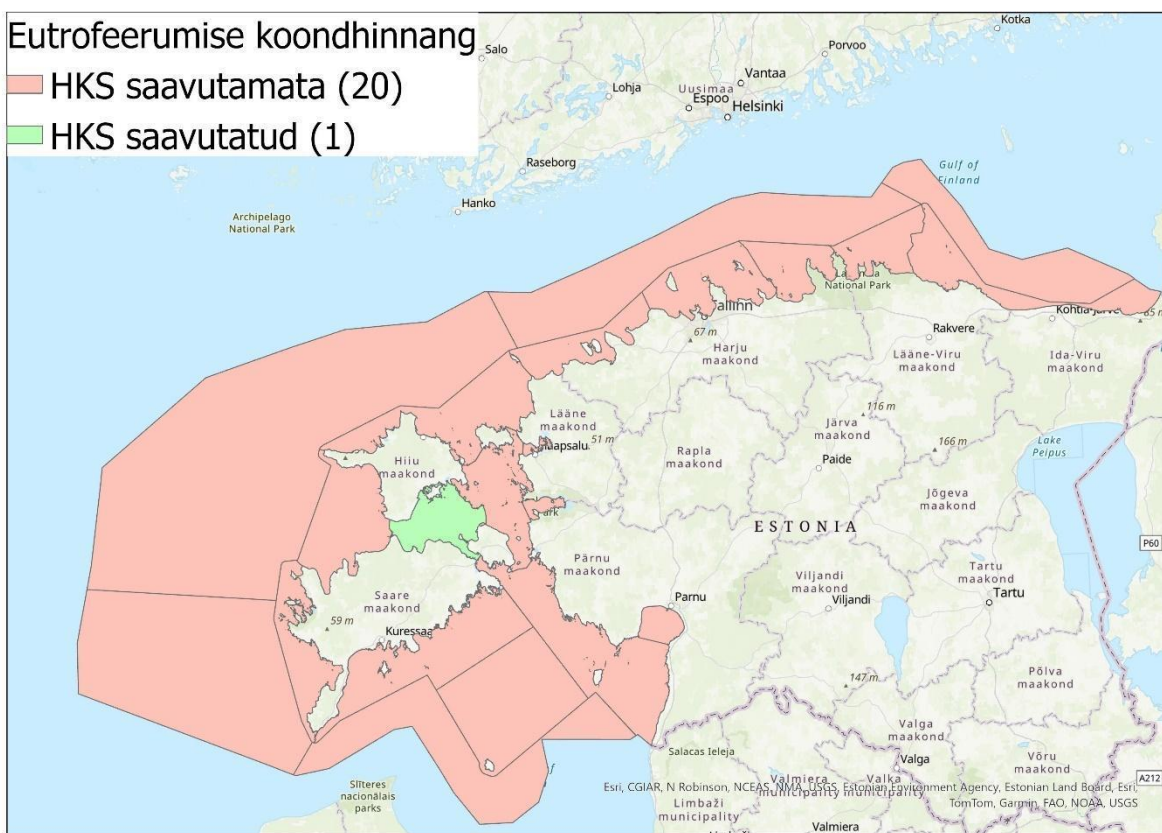
Tabel 7. Balti lamekarbi (*Macoma balthica*) sügavusleviku indikaatori (BALT) HKS piirid avamereosades ja maksimaalsed ja minimaalsed levikupiirid EQRS arvutamiseks.

Avamere osa	HKS (m)	EQRS = 1 (m)	EQRS = 0 (m)
SEA-013B Soome lahe idaosa	70	100	0
SEA-013A Soome lahe lääneosa	70	100	0
SEA-012 Läänemere avaosa põhjasseini avamere osa	-	-	-
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	75	100	0
SEA-011 Liivi lahe mereala avamere osa	-	-	-

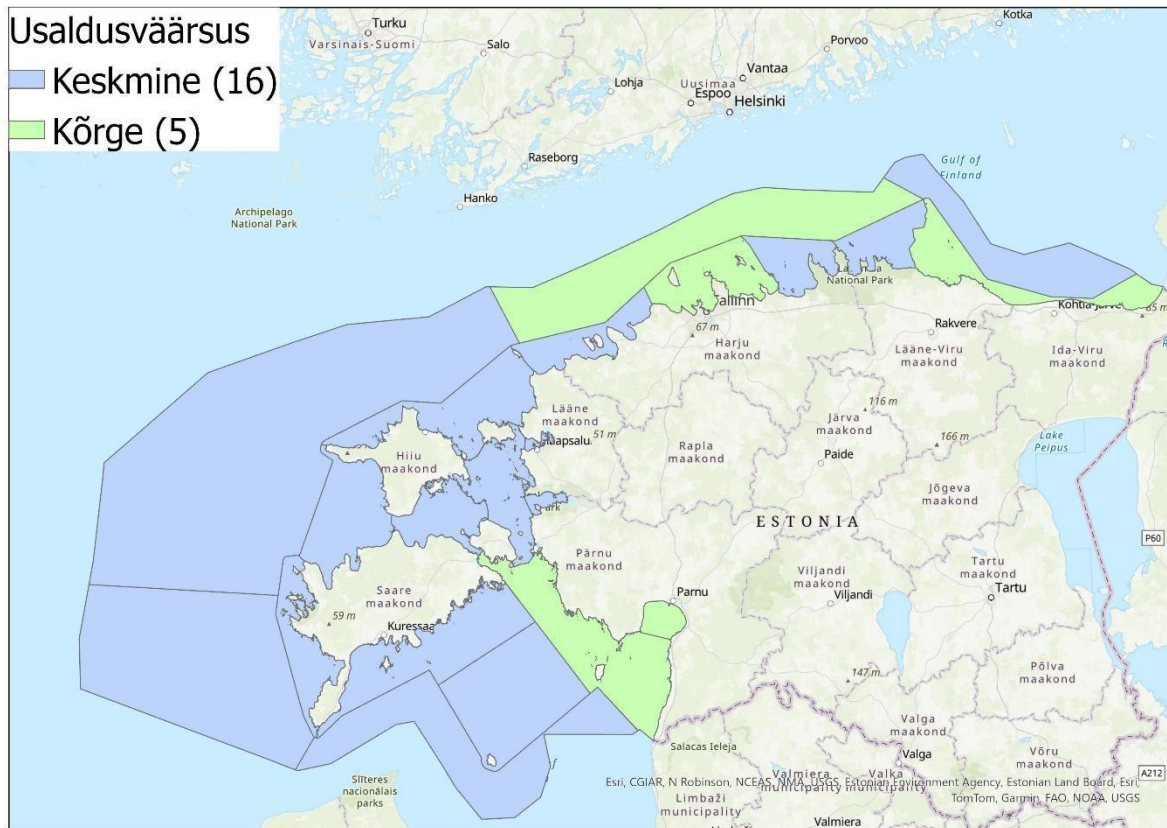
3. TULEMUSED

3.1. Eutrofeerumise seisundi koondhinnang

Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhiste eutrofeerumise seisundihinnangu tulemuste põhjal on HKS saavutatud ainult ühes veekogumis (EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi, joonis 3). Avameres ei ole HKS saavutatud üheski hindamisüksuses ühegi kriteeriumigrupi (toitained, otsesed mõjud ja kaudsed mõjud) alusel. Rannikumeres osutavad HKS mitte saavutamisele enamuses rannikuveekogumites toitainete ja otseste mõjude kriteeriumigrupi hinnangud. Eutrofeerumise seisundihinnangute usaldusväärsus on enamuses rannikuveekogumites ja avamere hindamisüksustes keskmine (joonis 4), välja arvatud iga-aastase seirega kaetud rannikumere veekogumites (EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi, EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi ja EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi) ja Soome lahe lääneosa hindamisüksuses (SEA-013A), kus hinnangu usaldusväärsus on kõrge.



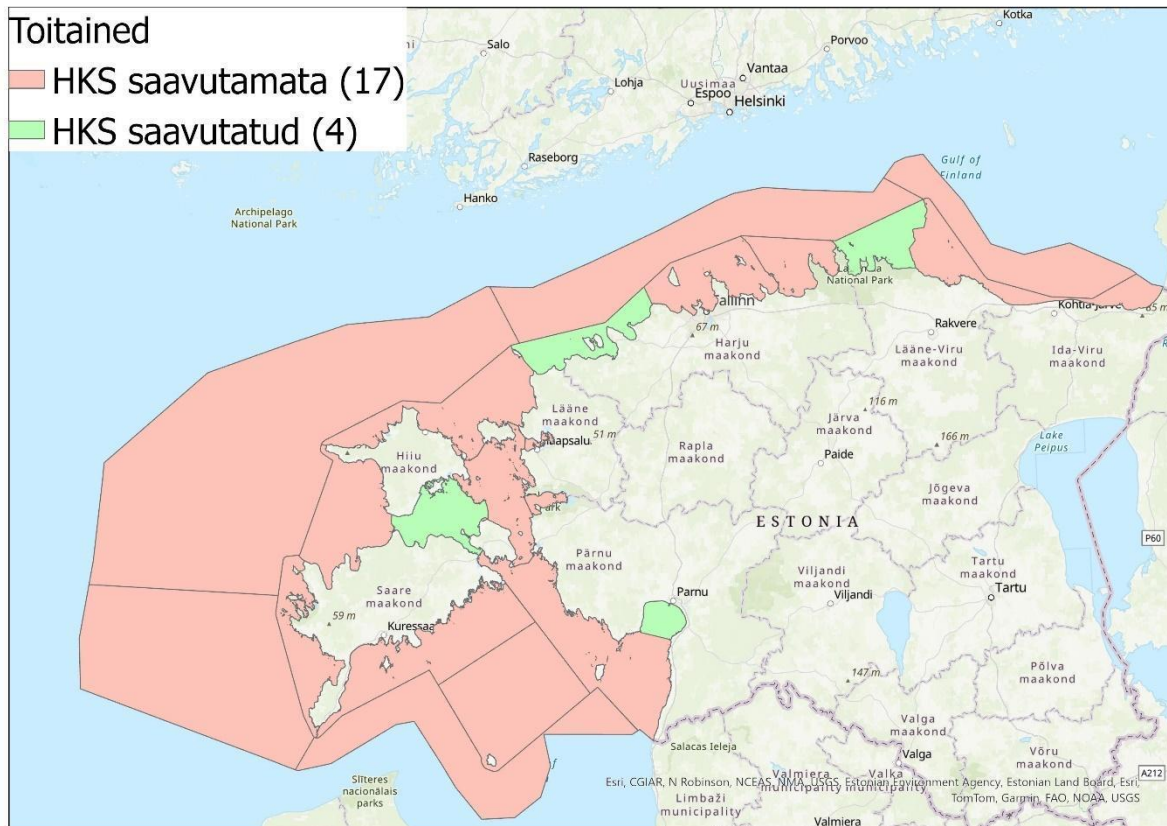
Joonis 3. Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhised eutrofeerumise seisundihinnangud Eesti merealal.



Joonis 4. Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhiste eutrofeerumise koondhinnangute usaldusväärsus Eesti merealal.

3.2. Toitainete kriteeriumigrupi hinnang

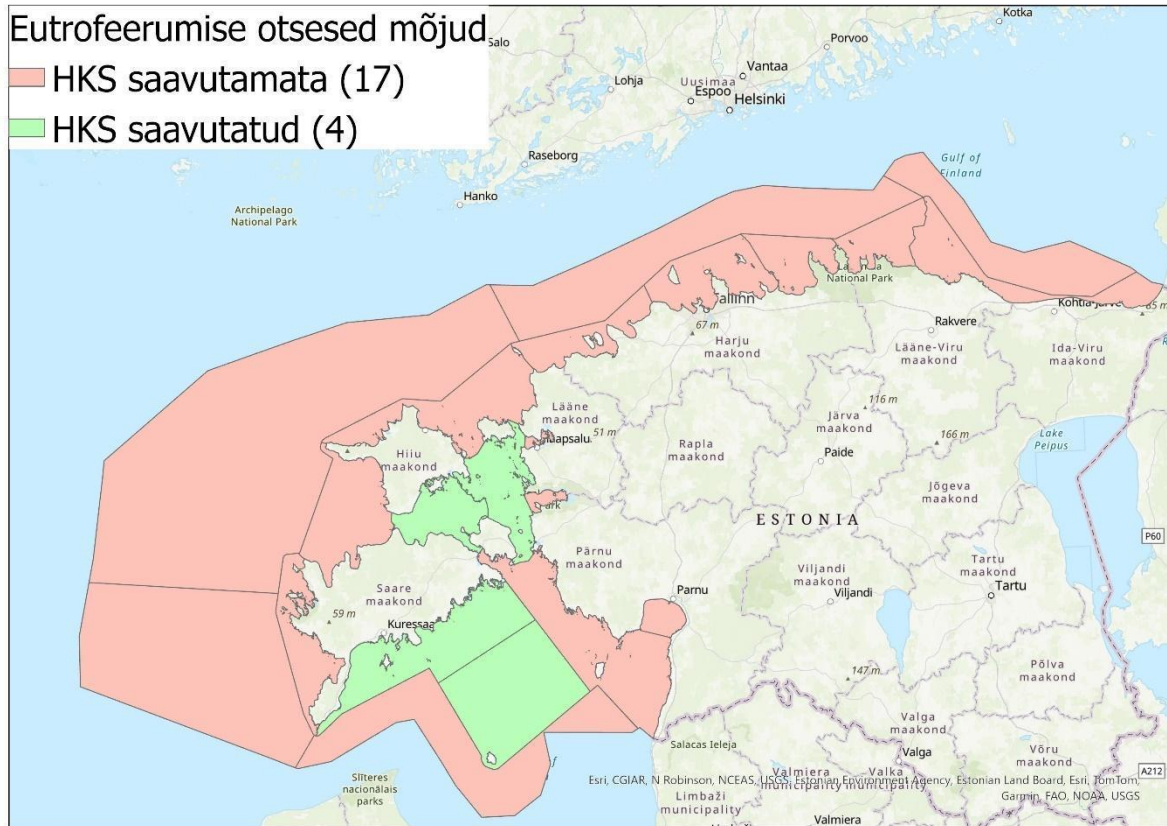
Toitainete kriteeriumigrupi hinnangu puhul on HKS saavutatud neljas rannikuveekogumis (EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi, EE_6 Pakri lahe rannikuvesi, EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi ja EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi; joonis 5 ja tabel L1-4 Lisas 1). Ülejäänud rannikuveekogumites ja avamere hindamisüksustes ei ole HKS saavutatud. EQRS väärtused on hinnangutes tunduvalt madalamad DIN ja DIP indikaatorite jaoks kui üldfosfori ja üldlämmastiku jaoks, eriti rannikumeres (vt tabelid L1-1 ja L1-2 Lisas 1). Suviste üldlämmastiku ja üldfosfori kontsentratsioonide põhjal oleksid ka Narva-Kunda lahe ja Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe veekogumid heas seisundis, kuid talvised toitainete sisaldused mõjutavad hinnangut nii, et kriteeriumigrupi agregeeritud hinnang on, et HKS ei ole saavutatud. Avamere hindamisüksustes annavad kõik indikaatorid ükshaaval tulemust, et HKS ei ole saavutatud, välja arvatud üldlämmastik Liivi lahe avaosas (vt tabelid L1-1 ja L1-2 Lisas 1).



Joonis 5. Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhised toitainete kriteeriumigrupi seisundihinnangud Eesti merealal.

3.3. Eutrofeerumise otseste mõjude kriteeriumigrupi hinnang

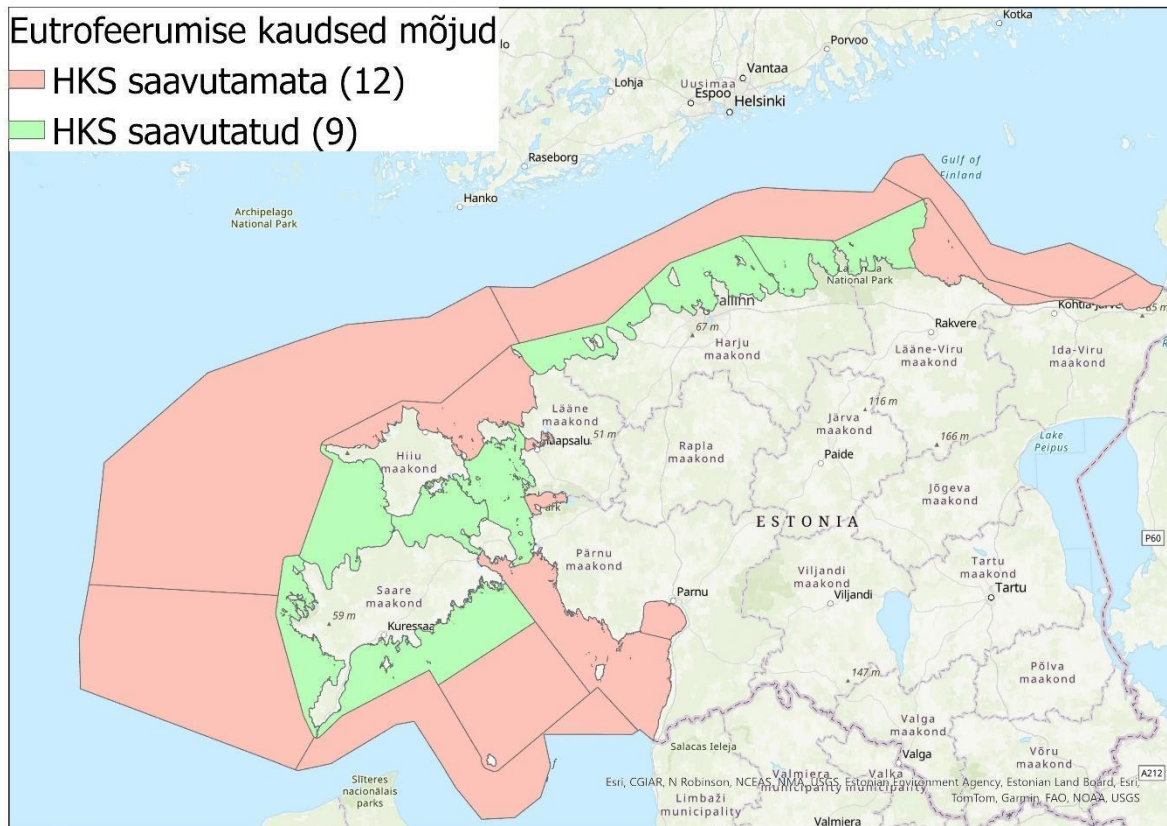
Eutrofeerumise otseste mõjude kriteeriumigrupi hinnangu puhul on HKS saavutatud neljas rannikuveekogumis (EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi, EE_16 Väinamere rannikuvesi, EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi ja EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi; joonis 6 ja tabel L1-4 Lisas 1). Rannikumeres kasutatud kahe indikaatori hinnangute tulemused on suhteliselt sarnased (vt tabelid L1-1 ja L1-2 Lisas 1). HKS on saavutatud CHLA järgi kolmes rannikuveekogumis ja FBIOM järgi viies rannikuveekogumis. Avameres kasutatavate CHLA ja CYAB indikaatorite tulemuste põhjal ei ole kõigis hindamisüksustes HKS saavutatud ka eraldi iga indikaatori jaoks (vt tabelid L1-1 ja L1-2 Lisas 1).



Joonis 6. Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhised eutrofeerumise otseste mõjude kriteeriumigrupi seisundihinnangud Eesti merealal.

3.4. Eutrofeerumise kaudsete mõjude kriteeriumigrupi hinnang

Eutrofeerumise kaudsete mõjude kriteeriumigrupi hinnangu puhul on HKS saavutatud üheksas rannikuveekogumis (EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi, EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi, EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi, EE_6 Pakri lahe rannikuvesi, EE_10 Soela väina rannikuvesi, EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi, EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi, EE_16 Väinamere rannikuvesi ja EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi, joonis 7). Avameres ei ole HKS saavutatud üheski hindamisüksuses. Kui üldiselt annavad eutrofeerumise kaudsete mõjude indikaatorid kõrgema seisundi hinnangu kui toitained ja otseste mõjude indikaatorid, siis vee läbipaistvuse hinnang vastab HKS tasemele ainult neljas Soome lahe rannikuveekogumis (välja arvatud Narva-Kunda lahe rannikuvesi) ja zoobentose põhjal (indikaator ZK12) ei ole HKS saavutatud kümnes rannikuveekogumis (vt tabelid L1-1 ja L1-2 Lisas 1). Avameres on HKS mitte saavutamise peamiseks põhjuseks nii vee läbipaistvus kui hapnikutingimused (välja arvatud Liivi laht; vt tabelid L1-1 ja L1-2 Lisas 1).



Joonis 7. Rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste põhised eutrofeerumise kaudsete mõjude kriteeriumigrupi seisundihinnangud Eesti merealal.

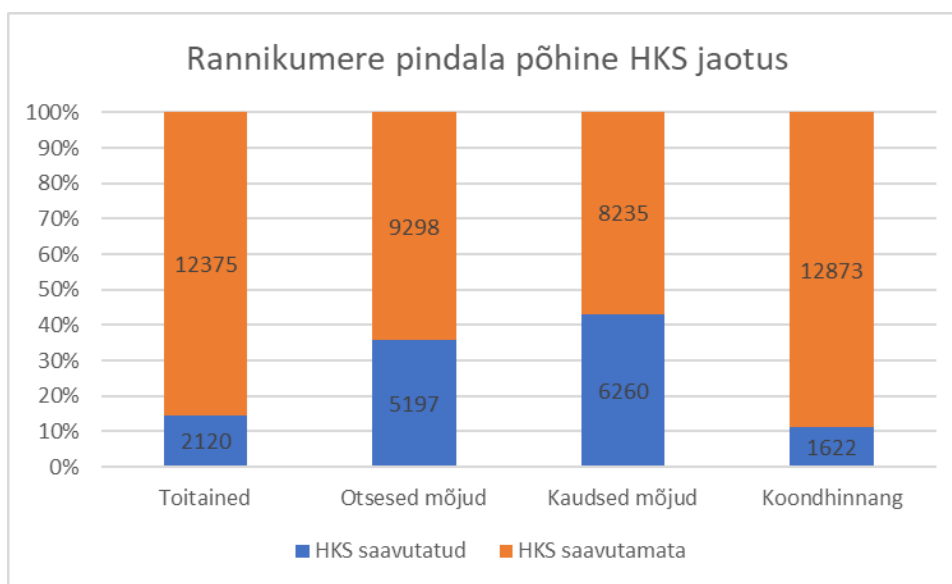
3.5. Seisundihinnangu pindalapõhised tulemused

Avamere kriteeriumigrupi põhiste hinnangute tulemusena ei ole HKS saavutatud üheski avamere osas. Rannikumere puhul on toitainete kriteeriumigrupi hinnangus HKS saavutatud 15%-l rannikuveekogumite pindalast (joonis 8, rannikuveekogumite pindalad on toodud tabelis 8). Eutrofeerumise otsete mõjude puhul on HKS saavutatud 36%-l ja kaudsete mõjude puhul 43%-l rannikuveekogumite pindalast. Eutrofeerumise koondhinnangu tulemus näitab, et HKS on saavutatud 11%-l rannikuveekogumite pindalast.

Arvestades avamere (HKS ei ole saavutatud üheski hindamisüksuses) ja rannikumere (HKS on saavutatud 11% ulatuses rannikumere pindalast) hinnangute tulemusi võib järeldada, et Eesti merealal ei ole aastate 2017-2022 andmetel hea keskkonnaseisund eutrofeerumise valdkonnas saavutatud.

Tabel 8. Rannikuveekogumite pindalad.

Rannikuveekogum	Pindala (km ²)
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	956
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi	596
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi	570
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	917
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi	638
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi	1367
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi	42
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi	87
EE_10 Soela väina rannikuvesi	1211
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi	768
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi	220
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi	666
EE_16 Väinamere rannikuvesi	894
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi	1677
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi	1926
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	1960
KOKKU:	14495

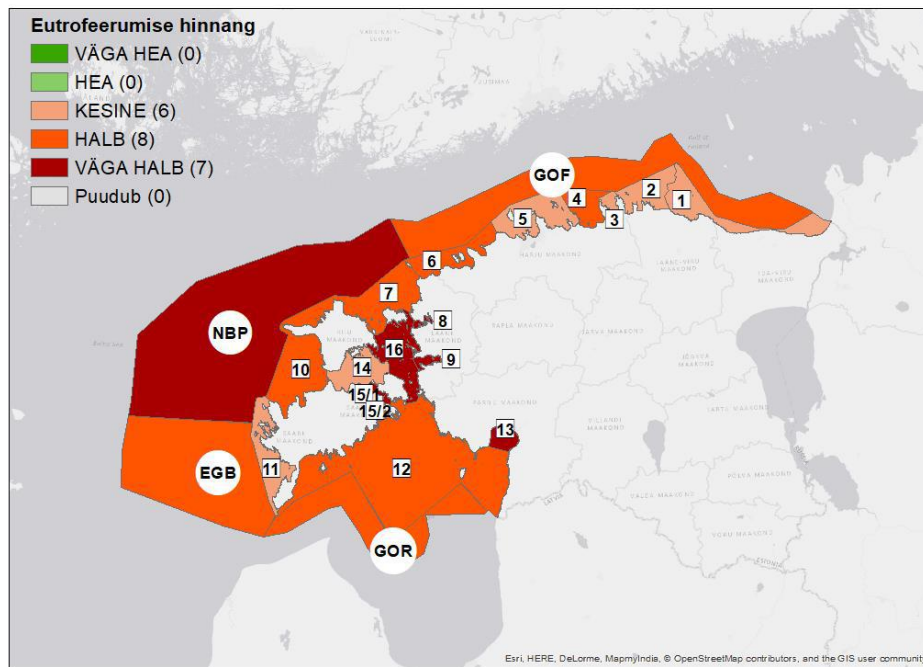


Joonis 8. Kriteeriumigruppide ja eutrofeerumise koondhinnangu tulemuste pindala põhine HKS jaotus. Numbrid tulpade peal on summeeritud rannikuveekogumite pindalad (km²) vastavalt HKS jaotusele.

3.6. Seisundi muutus võrreldes eelmise perioodiga

Eelmise perioodi (2011-2016) eutrofeerumise seisundi koondhinnangu tulemused näitasid, et HKS ei olnud saavutatud üheski veekogumis (Keskkonnaministeerium, 2019). Eelmise perioodi ja käesoleva hinnangu võrdlemiseks peab arvestama, et rannikumere veekogumite ja avamere hindamisüksuste

jaotust on vahepeal muudetud (võrdle jooniseid 2-7 ja joonist 9). Käesolevas hinnangus on Soome lahe avaosa jagatud kaheks – lahe ida- ja lääneosa (joonis 2). Praegune EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuveekogum koosneb varasematest veekogumitest 3 ja 4 (joonis 9). Varasem veekogum 12 on jaotatud kolmeks (EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi, EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi, EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi), millest EE_18 sisaldab ka varasemat veekogumit 15/2. Praegune EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi sisaldab ka varasemat veekogumit 15/1. Võrdlemaks eelmise ja käesoleva hinnangu tulemusi jagati eelmise perioodi hinnangud praeguse veekogumite/hindamisüksuste jaotuse järgi (tabel 9).



Joonis 9. Eelmise perioodi (2011-2016) eutrofeerumise seisundi koondhinnang (Keskkonnaministeerium, 2019).

Koondhinnangu võrdlusest on näha, et võrreldes eelmise perioodiga, kui HKS ei olnud saavutatud üheski veekogumis ja hindamisüksuses, on HKS aastatel 2017-2022 saavutatud ühes rannikuveekogumis (EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi). Toitainete kriteeriumigrupi võrdlusest on näha, et kolmes rannikuveekogumis on HKS saavutatud (EE_6 Pakri lahe rannikuvesi, EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi ja EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi). Eutrofeerumise otseste ja kaudsete mõjude kriteeriumigruppide võrdlusel tuleb meele pidada, et eelmisel perioodil oli vee läbipaistvuse indikaator (SECCHI) otseste mõjude all, aga käesolevas hinnangus kaudsete mõjude all. Seega tuleks nende kahe kriteeriumigruppi võrdluse puhul võrrelda indikaatoreid omavahel. Kokkuvõtvalt võib väita, et otseste mõjude hinnangud on mõnes veekogumis paranenud ja kaudsete mõjude hinnangud halvenenud ning üheks põhjuseks on siin olnud vee läbipaistvuse indikaatori viimine otseste mõjude alt kaudsete mõjude alla.

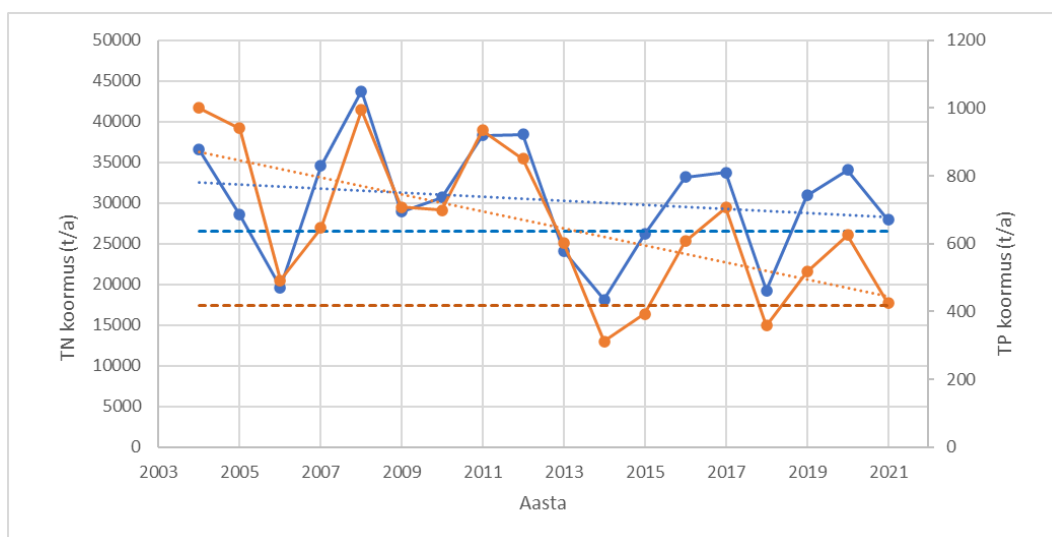
Tabel 9. Kriteeriumigruppide ja eutrofeerumise koondhinnangu võrdlus eelmise hinnanguperioodi (2011-2016, Keskkonnaministerium, 2019) ja käesoleva hinnangu vahel. Rohelisega on märgitud HKS saavutamine, punasega mitte-saavutamine. Valge ruut tähendab, et hinnang puudub.

Hinnang	2011- 2016	Käesolev hinnang	2011 - 2016	Käesolev hinnang	2011- 2016	Käesolev hinnang	2011- 2016	Käesolev v hinnang
Veekogum	TOITAINED		OTSESED MÕJUD		KAUDSED MÕJUD		KOONDHINNAG	
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi								
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi								
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi								
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi								
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi								
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi								
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi								
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi								
EE_10 Soela väina rannikuvesi								
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi								
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi								
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi								
EE_16 Väinamere rannikuvesi								
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi								
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi								
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi								
SEA-013B Soome lahe idaosa								
SEA-013A Soome lahe lääneosa								
SEA-012 Läänemere avaosa põhjabasseini avamere osa								
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa								
SEA-011 Liivi (Riia) lahe mereala avamere osa								

4. ANALÜÜS JA JÄRELDUSED

Hinnangu peamiseks tulemuseks on järeldus, et Eesti merealal ei ole eutrofeerumise valdkonnas hea keskkonnaseisund saavutatud, välja arvatud ühes rannikuveekogumis (EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi). Peamiseks põhjuseks HKSi mitte-saavutamisel on toitainete liiga kõrged kontsentratsioonid merevees, eriti anorgaaniliste ühendite osas talvel, aga ka üksikute indikaatorite selgelt mitte hea seisund otseste mõjude (klorofüll a) ja kaudsete mõjude (vee läbipaistvus) kriteeriumigruppides. Avameres ei ole Eesti merealal ühtegi indikaatorit, mille alusel saaks järeldada, et mõni hindamisüksus oleks heas keskkonnaseisundis, välja arvatud üldläämmastiku ja madala mere hapnikutingimuste indikaatorid Liivi lahe avaosas. Samuti ei ole HKS saavutatud Läänemere eutrofeerumise seisundi regionaalse hinnangu tulemuste põhjal üheski Eestit ümbritsevas avamere hindamisüksuses, seda nii kriteeriumigruppide hinnangutes kui ka koondhinnangus (HELCOM, 2023a).

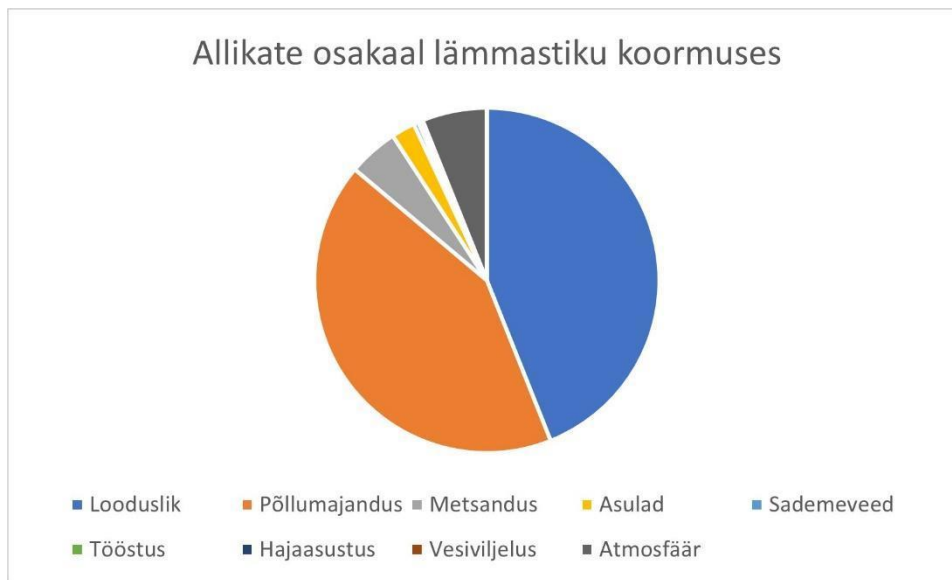
Peamiseks surveteguriks eutrofeerumise kontekstis on toitainete koormus läbi jõgede, atmosfääri ja otselaskude (sh mere kalakasvatused). Sellest lähtuvalt on ka peamiseks keskkonnavalaseks sihiks eutrofeerumise valdkonnas „Toitainete inimtekkeliste koormuse vähendamine vastavalt HELCOM Läänemere tegevuskava (2021. a) eesmärkidele“. Eesti kogukoormuse laed (sisaldavad ka looduslikku koormust) on lämmastiku jaoks 26 474 t/a ja fosfori jaoks 419 t/a, mis on fosfori koormuse osas rangem kui varasemalt kehtinud eesmärk ja kinnitatud keskkonnavalane siht (HELCOM CART: 484 t/a). Kuna toitainete koormus Läänemerele on endiselt suurem kui hinnatud maksimaalne lubatud koormus ja avamere hindamisüksused on reeglina halvemas seisundis kui rannikumere veekogumid, võib väita, et HKS saavutamine Eesti merealal sõltub väga palju kogu Läänemere ümbruse riikide pingutustest koormust vähendada. Kuid ka Eesti üldine koormuse tase on endiselt kõrgem kui Läänemere tegevuskava kohased koormuse laed (*national input ceiling, NIC*), kuigi fosfori osas on varasemalt kehtinud keskkonnavalane siht (Helcom CART) saavutatud.



Joonis 10. Eestist lähtuva summaarse lämmastiku (sinine joon) ja fosfori (oranž joon) koormuste muutused aastatel 2004-2021. Horisontaalsete katkendjoontega on näidatud Läänemere tegevuskavas Eestile seatud koormuste laed (NIC) ja punktiirjoontega koormuste lineaarsed trendid.

Koormused Eestist on aastatel 2004-2021 oluliselt vähenenud fosfori osas (joonis 10). Lämmastiku koormuse vähenemine ei ole statistiliselt usaldusväärne ja see on saavutatud peamiselt tänu atmosfäärist merekeskkonda sattuva lämmastikukoormuse vähenemisele (jõgede koormus on muutunud vähe võrreldes aastatevahelise muutlikkusega koormuses). Kuigi joonisel 10 toodud fosforikoormuse võrdlust koormuse laega ei saa üksüheselt interpreteerida (jõgede koormused ei ole normaliseeritud vooluhulgaga ja ei ole arvestatud koormust atmosfäärist), siis on analüüs näidanud, et sama tendentsi jätkudes on fosforikoormuse osas võimalik Eesti eesmärk täita lähema 10-15 aasta jooksul. Lämmastiku osas ei ole trend usaldusväärne ja keskkonnavalase sihi saavutamine võib võtta aastakümneid, kui ei rakendata uusi ja tõhusamaid meetmeid.

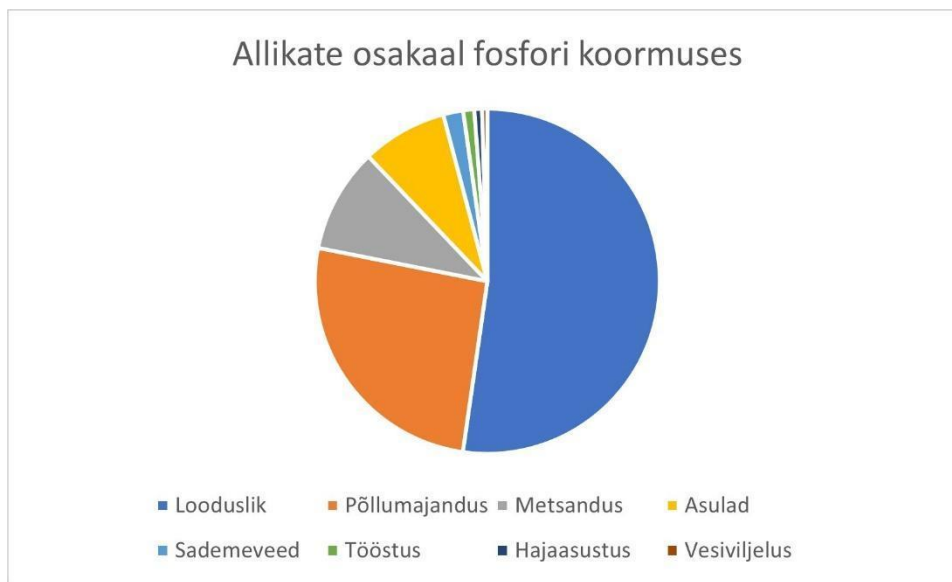
Toitainete koormus Eestist jaguneb erinevate allikate vahel, kuid inimtekkelise koormuse osas on selgelt suurima osakaaluga põllumajandus – 2021. aasta andmetel on EstModel (<https://plc.estmodel.app/>) abil hinnatud, et 42,2 % lämmastiku ja 25,8 % fosfori koormusest pärineb põllumajandusest (joonised 11 ja 12). Sellele järgnevad metsandus (4,7% lämmastiku ja 9,8% fosfori koormusest) ja asulate heitvesi (2,2% lämmastiku ja 8,0% fosfori koormusest). Lämmastiku koormusest moodustab 6,1% sadenemine atmosfäärist.



Joonis 11. Eestist lähtuva lämmastikukoormuse jaotus allikate vahel 2021. aasta hinnangu põhjal. Koormust atmosfäärist ei ole erinevate allikate vahel jaotatud.

Kuna peamised toitainete allikad asuvad maismaal (vesikondades), on ka peamised toitainete koormust vähendavad meetmed kavandatud vesikondade veemajanduskavades 2022-2027 (Keskkonnaministeerium, 2022). Eutrofeerumise valdkonna meetmed / meetmete grupid veemajanduskavade meetmeprogrammist on loetletud Eesti merestrateegia kaasajastatud meetmekava eutrofeerumise aruande Lisas 1 (Keskkonnaministeerium, 2023). Arvestades kõige suuremat inimtekkelist

koormust põllumajandusest, on selle grupi meetmete rakendamine kõige olulisem. Vastava keskkonnavalase sihi defineerimiseks on aga vajalikud veel detailsed analüüsid, näiteks meetmete tõhususe hindamiseks ja loodusliku koormuse täpsustamiseks. Arvestada tuleb ka uute arendustega merealal (näiteks kavandatavad kalakasvatused), millega ei tohi ohtu seada toitainete koormuse sihi ja HKS saavutamist. Selleks on MSRD meetmekavas ette nähtud meede „Sinimajanduse arendusprojektide KMH ja opereerimisaegse seire miinimumnõuete paketi koostamine ja rakendamine“ (Keskkonnaministeerium, 2023).



Joonis 12. Eestist lähtuva fosfori koormuse jaotus allikate vahel 2021. aasta hinnangu põhjal. Koormust atmosfäärist ei ole lisatud.

Hea keskkonnaseisundi saavutamise hindamisel tuleb arvestada ka Läänemere keskkonna iseärasustega (mere suletus, keskkonna reaktsioon koormuste vähenemisele on suure ajalise viibega) ja võimalike kliimamuutuste mõjudega keskkonnaseisundile. Näiteks on viimaste aastakümnete andmete analüüsi põhjal järeldatud, et kliimamuutused võivad oluliselt mõjutada hapnikutingimusi ja toitainete dünaamikat Läänemeres (HELCOM/Baltic Earth, 2021). Aastal 2018 esinenud meteoroloogiliste tingimuste sagedasel kordumisel võib ennustada, et mere põhjalähedase hüpoksia esinemise ja sellega kaasneva sisekoormuse suurenemise tõenäosus kasvab (Stoicescu et al., 2022).

Kokkuvõtteks. Eesti mereala ei ole eutrofeerumise valdkonnas aastate 2017-2022 andmetel heas keskkonnaseisundis. Selle peamiseks põhjuseks on jätkuvalt liiga kõrged toitainete koormused nii Eestist kui teistest Läänemere riikidest (piiriülene mõju). Toitainete koormuse uuendatud keskkonnavalase sihi (NIC) saavutamine on lähema 10-15 aasta jooksul võimalik fosforikoormuse osas, kuid praeguse tendentsi jätkudes tunduvalt pikema aja jooksul lämmastikukoormuse osas. Hea keskkonnaseisundi saavutamise hindamisel ja meetmete kavandamisel ja rakendamisel tuleb arvestada lisaks Läänemere iseärasustega (pikk viibeaeg väheneva koormuse mõju avaldumisel) ka võimalike kliimamuutuste mõjudega.

Euroopa Komisjon, 2017. KOMISJONI OTSUS (EL) 2017/848 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0848&from=EN>)

HELCOM, 2021. Baltic Sea Action Plan 2021 update. (<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>)

HELCOM, 2023a. HELCOM Thematic assessment of Eutrophication 2016-2021. Baltic Sea Environment Proceedings No. 192. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2023/06/HELCOM-Thematic-assessment-of-eutrophication-2016-2021.pdf>

HELCOM, 2023b. Inputs of nutrients to the sub-basins (2020). HELCOM core indicator report. Online. [03.01.2024], (<https://indicators.helcom.fi/indicator/inputs-of-nutrients/>).

HELCOM/Baltic Earth, 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings No 180. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/09/Baltic-Sea-Climate-Change-Fact-Sheet-2021.pdf>

Keskkonnaministeerium, 2018. Merestrateegia raamdirektiivi (2008/56/EÜ) kohase Eesti mereala keskkonnaseisundi hinnangu indikaatorite kogum. <https://kliimaministeerium.ee/media/287/download>

Keskkonnaministeerium, 2019. EESTI MEREALA KESKKONNASEISUND 2018. <https://kliimaministeerium.ee/media/274/download>

Keskkonnaministeerium, 2022. LÄÄNE-EESTI, IDA-EESTI JA KOIVA VESIKONDADE VEEMAJANDUSKAVADE 2022-2027 MEETMEPROGRAMM 2022-2027. <https://kliimaministeerium.ee/media/7796/download>

Keskkonnaministeerium, 2023. Eesti merestrateegia meetmekava ajakohastamine. Uute meetmete kirjeldused, nende teostatavuse ja piisavuse analüüs. Eutrofeerumine (D5). <https://kliimaministeerium.ee/media/9218/download>

Stoicescu, S.-T.; Laanemets, J.; Liblik, T.; Skudra, M.; Samlas, O.; Lips, I.; Lips, U., 2022. Causes of the extensive hypoxia in the Gulf of Riga in 2018. Biogeosciences, 19, 2903–2920. DOI: 10.5194/bg-19-2903-2022.

TÜ Eesti Mereinstituut, 2023. Mereseire 2022 aruanne, Osa 2. Rannikumere seire.

LISA 1

Tabel L1-1. Indikaatorite tulemused. (DIN - lahustunud anorgaaniline lämmastik (talvel); DIP - lahustunud anorgaaniline fosfor (fosfaadid talvel); TN - üldlämmastik (rannikumeres suvel, avameres aasta keskmine); TP - üldfosfor (rannikumeres suvel, avameres aasta keskmine); CHLA - klorofüll-a; FBIOM - fütoplanktoni biomass; CYAB - tsüanobakterite vohamisindeks; SECCHI - vee läbipaistvus; ODEBT - süvavee hapnikuvõlg; SWOI - hapnikutingimused madalas meres; OP - oportunistlike liikide osakaal; EPI - Eesti põhjataimestiku indeks; ZKI2 - zoobentose koosluse indeks; PEHM - pehmete põhjade loomastik; BALT - Balti lamekarbi sügavuslevik.

Kriteeriumi grupp	TOITAINED				EUTROFEERUMISE OTSESED MÕJUD			EUTROFEERUMISE KAUSSED MÕJUD							
Veekogum / Indikaator ja ühik	DIN	DIP	TN	TP	CHLA	FBIOM	CYAB	SECCHI	ODEB T	SWOI	OP	EPI	ZKI2	PEHM	BALT
	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µg/l	mg/l	ühikut a	m	mg/l		%	ühikut a	ühikut a	ühikut a	m
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	8.29	1.16	26.70	0.74	5.34	0.66		3.03			42.00	0.65	0.19		
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi			24.68	0.70	5.20	0.72		4.13			22.00	0.92	0.22		
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi			25.10	0.86	5.10	0.89		4.27			10.00	0.84	0.23		
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	5.62	0.82	21.89	0.66	3.75	0.59		4.25			16.00	0.81	0.15		
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi			21.93	0.66	3.11			4.40			10.00	0.69	0.15		
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi			19.67	0.82	3.48			4.51			24.00	0.79	0.13		
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi			35.12	1.09	6.32	1.02		2.07			21.00	0.63	0.18		
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi			37.67	0.59	2.95	0.34		1.87			21.00	0.15	0.15		
EE_10 Soela väina rannikuvesi			23.86	0.61	3.37			5.15			30.00	0.88	0.16		
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi			20.37	0.46	2.28			5.35			21.00	0.71	0.15		
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi			28.44	0.67	7.21	0.43		1.09			27.00	0.54	0.16		
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi			18.78	0.35	1.35	0.14		4.35			12.00	0.73	0.23		
EE_16 Väinamere rannikuvesi			22.45	0.63	1.60	0.16		3.20			21.00	0.70	0.16		
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi			25.14	0.71	2.87	0.26		3.11			11.00	0.86	0.16		
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi			25.97	0.60	5.06	0.33		2.02			11.00	0.86	0.16		
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	11.16	0.95	24.17	0.51	3.87	0.22		3.48							
SEA-013B Soome lahe idaosa	8.10	1.33	23.64	0.94	4.84		0.65	3.43		47.8 (km ³)				0.47	61.00
SEA-013A Soome lahe lääneosa	6.73	1.03	22.34	0.79	4.13		0.45	3.93	13.29					0.47	65.00

SEA-012 Läänemere avaosa põhjabasseini avamere osa	5.44	0.84	20.11	0.72	4.83		0.43	4.01	13.29						
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	4.20	0.70	20.64	0.60	3.77		0.44	4.61	13.29					5.11	67.00
SEA-011 Liivi (Riia) lahe mereala avamere osa	11.44	1.23	27.42	0.81	4.50		0.51	3.22		0.7 (EQRS)					

Tabel L1-2. Indikaatorite EQRS väärtused. HKS saavutamist näitavad EQRS väärtused, mis on ≥ 0.6 (tabelis roheline taustaga).

Kriteeriumi grupp	TOITAINED				EUTROFEERUMISE OTSESED MÕJUD			EUTROFEERUMISE KAUDSED MÕJUD							
Veekogum / Indikaator	DIN	DIP	TN	TP	CHLA	FBIO M	CYAB	SECCH I	ODEB T	SWOI	OP	EPI	ZK12	PEHM	BALT
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	0.249	0.181	0.604	0.713	0.516	0.621		0.557			0.563	0.525	0.618		
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi			0.681	0.768	0.523	0.586		0.833			0.770	0.700	0.673		
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi			0.581	0.560	0.428	0.377		0.645			0.857	0.593	0.691		
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	0.296	0.335	0.641	0.671	0.525	0.520		0.641			0.773	0.582	0.480		
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi			0.640	0.674	0.571			0.672			0.857	0.539	0.480		
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi			0.585	0.415	0.469			0.427			0.667	0.745	0.400		
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi			0.470	0.000	0.268	0.000		0.000			0.780	0.687	0.600		
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi			0.446	0.405	0.554	0.349		0.000			0.780	0.250	0.480		
EE_10 Soela väina rannikuvesi			0.541	0.511	0.479			0.525			0.588	0.800	0.520		
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi			0.578	0.582	0.583			0.555			0.707	0.697	0.480		
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi			0.627	0.603	0.482			0.000			0.500	0.392	0.520		
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi			0.711	0.564	1.000	0.640		0.590			0.874	0.753	0.691		
EE_16 Väinamere rannikuvesi			0.587	0.382	0.998	0.583		0.372			0.780	0.733	0.520		
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi			0.588	0.516	0.644	0.842		0.454			0.843	0.752	0.520		
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi			0.582	0.559	0.471	0.608		0.206			0.843	0.752	0.520		
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	0.283	0.157	0.596	0.597	0.546	1.000		0.537							
SEA-013B Soome lahe idaosa	0.185	0.178	0.547	0.221	0.165		0.430	0.176		0.290				0.573	0.576
SEA-013A Soome lahe lääneosa	0.171	0.169	0.447	0.299	0.160		0.310	0.182	0.272					0.573	0.615
SEA-012 Läänemere avaosa põhjapasseini avamere osa	0.185	0.103	0.417	0.184	0.119		0.270	0.154	0.272						
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	0.242	0.144	0.411	0.362	0.175		0.290	0.166	0.272					0.723	0.616
SEA-011 Liivi (Riia) lahe mereala avamere osa	0.158	0.116	0.620	0.472	0.223		0.340	0.175		0.700					

Tabel L1-3. Indikaatorite usaldusväärsus (>= 67% kõrge; < 67% & >= 33% keskmine; < 33% madal).

Kriteeriumi grupp	TOITAINED				EUTROFEERUMISE OTSESED MÕJUD			EUTROFEERUMISE KAUDSED MÕJUD							
Veekogum / Indikaator	DIN	DIP	TN	TP	CHLA	FBIO M	CYAB	SECCH I	ODEB T	SWOI	OP	EPI	ZK12	PEHM	BALT
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	50.0	50.0	75.0	100.0	87.5	50.0		100.0			50.0	87.5	87.5		
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi			50.0	25.0	50.0	50.0		50.0			37.5	75.0	75.0		
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi			50.0	50.0	50.0	50.0		37.5			25.0	75.0	75.0		
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	50.0	50.0	100.0	100.0	100.0	62.5		100.0			50.0	87.5	87.5		
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi			37.5	25.0	25.0			25.0			25.0	75.0	75.0		
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi			25.0	50.0	50.0			50.0			25.0	75.0	75.0		
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi			50.0	50.0	37.5	50.0		50.0			25.0	75.0	75.0		
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi			50.0	50.0	37.5	50.0		50.0			25.0	75.0	75.0		
EE_10 Soela väina rannikuvesi			50.0	37.5	50.0			50.0			37.5	75.0	75.0		
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi			25.0	37.5	25.0			50.0			25.0	75.0	75.0		
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi			87.5	75.0	100.0	25.0		100.0			50.0	87.5	87.5		
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi			50.0	50.0	50.0	50.0		37.5			25.0	75.0	75.0		
EE_16 Väinamere rannikuvesi			50.0	50.0	50.0	50.0		50.0			37.5	75.0	75.0		
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi			37.5	50.0	25.0	50.0		50.0			37.5	75.0	75.0		
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi			75.0	75.0	75.0	50.0		75.0			37.5	75.0	75.0		
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	25.0	37.5	25.0	25.0	50.0	50.0		50.0							
SEA-013B Soome lahe idaosa	50.0	50.0	75.0	75.0	62.5		100.0	37.5		50.0				50.0	62.5
SEA-013A Soome lahe lääneosa	62.5	62.5	75.0	75.0	75.0		100.0	62.5	100.0					50.0	62.5
SEA-012 Läänemere avaosa põhjapasseini avamere osa	37.5	37.5	75.0	75.0	62.5		100.0	37.5	100.0						
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	50.0	50.0	62.5	62.5	62.5		100.0	37.5	100.0					62.5	62.5
SEA-011 Liivi (Riia) lahe mereala avamere osa	50.0	50.0	75.0	75.0	62.5		100.0	37.5		100.0					

Tabel L1-4. Kriteeriumigruppide EQRS väärtused (HKS saavutamist näitavad EQRS väärtused, mis on ≥ 0.6 ; tabelis rohelse taustaga) ja usaldusväärsuse hinnangud ($\geq 67\%$ kõrge; $< 67\%$ & $\geq 33\%$ keskmine; $< 33\%$ madal) ning eutrofeerumise koondhinnang ja selle usaldusväärsus.

Veekogum / Kriteeriumi grupp	Kaalutud keskmine EQRS			Kaalutud keskmine usaldusväärsus			Eutrofeerumise koondhinnang	Usaldusväärsus
	TOITAINED	OTSESED MÕJUD	KAUDSED MÕJUD	TOITAINED	OTSESED MÕJUD	KAUDSED MÕJUD		
EE_1 Narva-Kunda lahe rannikuvesi	0.436	0.568	0.566	68.8	68.8	81.3	HKS saavutamata	Kõrge
EE_2 Eru-Käsmu lahe rannikuvesi	0.725	0.554	0.744	37.5	50.0	59.4	HKS saavutamata	Keskmine
EE_3 Hara ja Kolga lahe rannikuvesi	0.570	0.403	0.696	50.0	50.0	53.1	HKS saavutamata	Keskmine
EE_5 Muuga-Tallinna-Kakumäe lahe rannikuvesi	0.486	0.522	0.619	75.0	81.3	81.3	HKS saavutamata	Kõrge
EE_6 Pakri lahe rannikuvesi	0.657	0.571	0.637	31.3	25.0	50.0	HKS saavutamata	Keskmine
EE_7 Hiiu madala rannikuvesi	0.500	0.469	0.560	37.5	50.0	56.3	HKS saavutamata	Keskmine
EE_8 Haapsalu lahe rannikuvesi	0.235	0.134	0.517	50.0	43.8	56.3	HKS saavutamata	Keskmine
EE_9 Matsalu lahe rannikuvesi	0.426	0.452	0.378	50.0	43.8	56.3	HKS saavutamata	Keskmine
EE_10 Soela väina rannikuvesi	0.526	0.479	0.608	43.8	50.0	59.4	HKS saavutamata	Keskmine
EE_11 Kihelkonna lahe rannikuvesi	0.580	0.583	0.610	31.3	25.0	56.3	HKS saavutamata	Keskmine
EE_13 Pärnu lahe rannikuvesi	0.615	0.482	0.353	81.3	100.0	81.3	HKS saavutamata	Kõrge
EE_14 Kassari-Õunaku lahe rannikuvesi	0.637	0.820	0.727	50.0	50.0	53.1	HKS saavutatud	Keskmine
EE_16 Väinamere rannikuvesi	0.485	0.791	0.601	50.0	50.0	59.4	HKS saavutamata	Keskmine
EE_17 Liivi lahe loodeosa rannikuvesi	0.552	0.743	0.642	43.8	37.5	59.4	HKS saavutamata	Keskmine
EE_18 Liivi lahe kirdeosa rannikuvesi	0.570	0.539	0.580	75.0	62.5	65.6	HKS saavutamata	Kõrge
EE_19 Liivi lahe keskosa rannikuvesi	0.408	0.773	0.537	28.1	50.0	50.0	HKS saavutamata	Keskmine
SEA-013B Soome lahe idaosa	0.283	0.255	0.404	62.5	75.3	50.0	HKS saavutamata	Keskmine
SEA-013A Soome lahe lääneosa	0.271	0.211	0.410	68.8	83.5	68.8	HKS saavutamata	Kõrge
SEA-012 Läänemere avaosa põhjabasseini avamere osa	0.222	0.170	0.213	56.3	75.3	68.8	HKS saavutamata	Keskmine
SEA-009 Ida-Gotlandi basseini mereala avamere osa	0.290	0.214	0.444	56.3	75.3	65.6	HKS saavutamata	Keskmine
SEA-011 Liivi (Riia) lahe mereala avamere osa	0.407	0.253	0.359	66.5	71.9	59.4	HKS saavutamata	Keskmine