

## **TÜ Eesti mereinstituut**

# **KASSARI LAHE TÖÖNDUSLIKU PUNAVETIKAVARU UURING**

LEPING nr.

3.1-8/130 \_02.06.2025

## **LÕPPARUANNE**

T. Paalme (vastutav täitja)

K. Herkül

## SISUKORD

<b>SISSEJUHATUS</b> .....	3
<b>TÖÖ PÕHITÄITJAD</b> .....	5
<b>1. TÖÖNDUSLIKU PUNAVETIKAVARU SEIRE 2025</b> .....	6
<b>1.1. MATERJAL JA METOODIKA</b> .....	6
<b>1.2. TULEMUSED</b> .....	9
<b>2. MUUTUSED KASSARI LAHE PUNAVETIKAKOOSLUSES 2009 – 2025</b> .....	14
<b>3. ALLVEETRANSEKTID</b> .....	21
<b>3.1. MATERJAL JA METOODIKA</b> .....	21
<b>3.2. TULEMUSED</b> .....	25
<b>4. VÄLJAPÜÜGI SOOVITUSED 2026 JA 2027. AASTAKS</b> .....	29
<b>5. KASSARI PUNAVETIKAVARU 2025. A SEIRE TULEMUSTE KOKKUVÕTE</b> .....	31
<b>6. KASUTATUD KIRJANDUS</b> .....	32
<b>LISA 1</b> .....	33
<b>LISA 2</b> .....	35
<b>LISA 3</b> .....	37

## SISSEJUHATUS

Kassari lahes Väinameres levib mereveega üle ujutatud liivamadalatel (EL Loodusdirektiivi mereelupaigatüüp 1110) kogu maailmas ainulaadne punavetikakooslus, mis moodustub peamiselt kahe punavetika liigi – *Furcellaria lumbricalis* ja *Coccolytus truncatus* kinnitumata vormidest. Lahtise punavetikakoosluse ökoloogiline tähtsus Kassari lahe keskosas on suur: suurendab oluliselt elupaiga liigirikkust, sest agarik on substraadiks epifüütsetele vetikatele, pakub elupaika taimestikulembestele selgrootutele loomadele ja on ka oluliseks kudesubstraadiks räimele. Lahtise vetikakoosluse kadumisel jääks Kassari lahe keskosa praktiliselt taimestikuvabaks, sest sügavus on liiga suur – kehvad valgustingimused kõrgemate taimede kasvuks.

Punavetikas *F. lumbricalis* ehk agarik on Läänemeres ainsaks töenduslikult kasutatavaks vetikaliigiks, olles väärtuslikuks tooraineks geelistuvate polüsahhariidide (karrageenaani) tootmisel, mida kasutatakse tänapäeval laialdaselt eelkõige toiduainete, kosmeetika ja farmaatsiatööstuses. Karrageenaani tootmise toormena on agarikku kogutud (traalpüük ja tormiheidised) Kassari lahest 1950ndate lõpust alates. Agarik sisaldab aga ka arvestatavates kogustes punast pigmenti fükokerütriini, mida võib lugeda üheks suurima väärtusega biomolekuliks, mida punavetikatest eraldada saab. Aastatel 2014–2020 Tallinna Ülikoolis läbi viidud rakendusuuringud näitasid, et *F. lumbricalis* biomassis on fükokerütriini sisaldus maksimaalselt ~0,6% vetika kuivamassist ja seda on võimalik suures mahus ka vetikast ekstraheerida ning saadud pigment sobib eelkõige toiduainetööstuse kvaliteediga fükokerütriini tootmiseks (Saluri, Kaldmäe ja Tuvikene, 2019).

Uute tehnoloogiate arendamise ja kasutusele võtmisega on kasvanud huvi tooraine (agarik) järele ning lähitulevikus võib tekkida vajadus agariku püügimahtude korrigeerimiseks. Püügimahtude suurendamine selliselt, et oleks tagatud punavetikakoosluse säilumine selle looduslikul kasvualal, nõuab võimalikult täpset varude hindamist ning regulaarset koosluse ökoloogilise seisundi seiret. Agariku efektiivse ent samas merekeskkonda võimalikult vähe häiriva ja muutva väljapüügi läbiviimiseks on oluline teada töenduslikuks kasutamiseks sobiva vetikavaru võimalikult täpset ruumilist paiknemist ja kogust (biomassi) Kassari lahe lahtises punavetikakoosluses. Samuti on vajalik olemasoleva agarikuvaru säästlikuks kasutamiseks ja kogu maailmas ainulaadse punavetikakoosluse säilumiseks hinnata lisaks töenduslike varude suurusele ka võimalike muutuste suunda punavetikakoosluse struktuuris, biomassis ja levikupindalas.

Agariku varude ja punavetikakoosluse ökoloogilise seisundi hindamisel rakendati nagu ka 2023.a lisaks traditsioonilisele punktipõhisele seiremetoodikale (ajalooliselt väljakujunenud proovipunktidest kogutud biomassiproovide laboratoorse analüüsi ja sukelduja vaatluste põhjal agariku kasvukohas, antakse hinnang koosluse seisundile ja varu paiknemisele) ka 2019-2020. aastal välja töötatud ja katsetatud videomeetodit Kassari lahe punavetikakoosluse levikumustrite, s.o katvuse määramiseks.

Uuringu eesmärgid:

1. Hinnata Kassari lahe töendusliku kinnitumata punavetikakoosluse hetkeseisu võttes aluseks kooslust iseloomustavad bioloogilised näitajad, nende ruumilise ja ajalise varieeruvuse ning koosluse kasvukeskkonda iseloomustavad füüsikalised parameetrid;

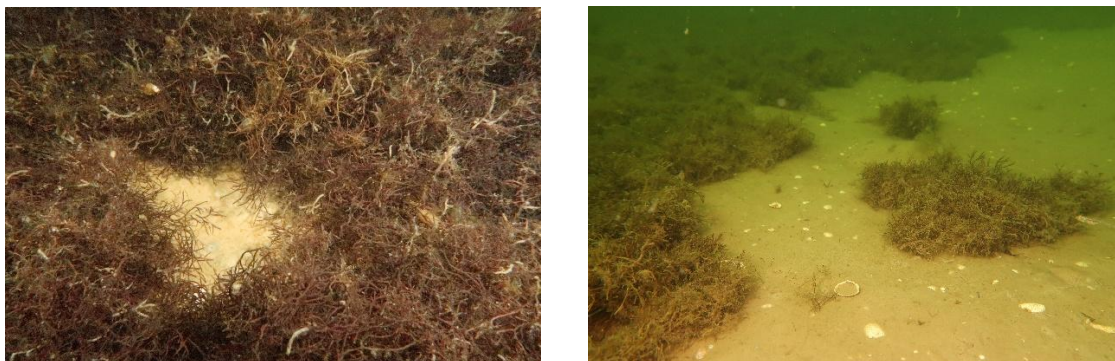
2. Anda püügimahtude soovitusel uuringule järgneval kahel aastal, s.o 2026. ja 2027. aastal;
3. Hinnata kalapüügieeskirja (KPE) paragrahv 25 lõike 1 punktis 5 lubatud püügiialade sobivust agariku püügiialana uuringule järgneva kahe aasta jooksul;
4. Rakendada ja arendada videomeetodit Kassari lahe punavetikakoosluse levikumustrite, s.o katvuse määramiseks, et oleks edaspidi võimalik täpsemalt hinnata lahtise punavetikakoosluse levikupiire ja -mustrit (katvust) ning läbi selle anda ka täpsemaid varu hinnanguid.

## TÖÖ PÕHITÄITJAD

Tiina Paalme, PhD	Vastutav täitja; aruandlus
Kristjan Herkül, PhD	Videomeetodi arendus ja rakendus; aruandlus
Kaire Kaljurand, MSc	Välitöödeks vajamineva varustuse ettevalmistus (sukeldumis- varustus, paadid, mõõtetehnika); välitööd (sukeldumine);
Greta Reisalu, MSc	Laboritöödeks vajamineva varustuse ettevalmistus;
Martin Teeveer	Välitööde koordineerimine; välitööd (sukeldumine)
Andres Kalk	Videomeetodi rakendamine välitöödel;
Remo Torn	Välitööd (sukeldumine)
Jack Royd Hall	Välitööd (sukeldumine)
Elisa Rajas	Välitööd (sukeldumine)
Keili Saava	Välitööd (sukeldumine)
Eliise Uueni	Välitööde käigus kogutud materjali laboratoorne töötlus
Karina Kelareva	Välitööde käigus kogutud materjali laboratoorne töötlus
Greete Tarkin	Välitööde käigus kogutud materjali laboratoorne töötlus
Trude Taevere	Välitööde käigus kogutud materjali laboratoorne töötlus
Harold Oja	Välitööde käigus kogutud materjali laboratoorne töötlus
Liisi Vidder	Välitööde käigus kogutud materjali laboratoorne töötlus
Liina Pajusalu, PhD	Andmetöötlus

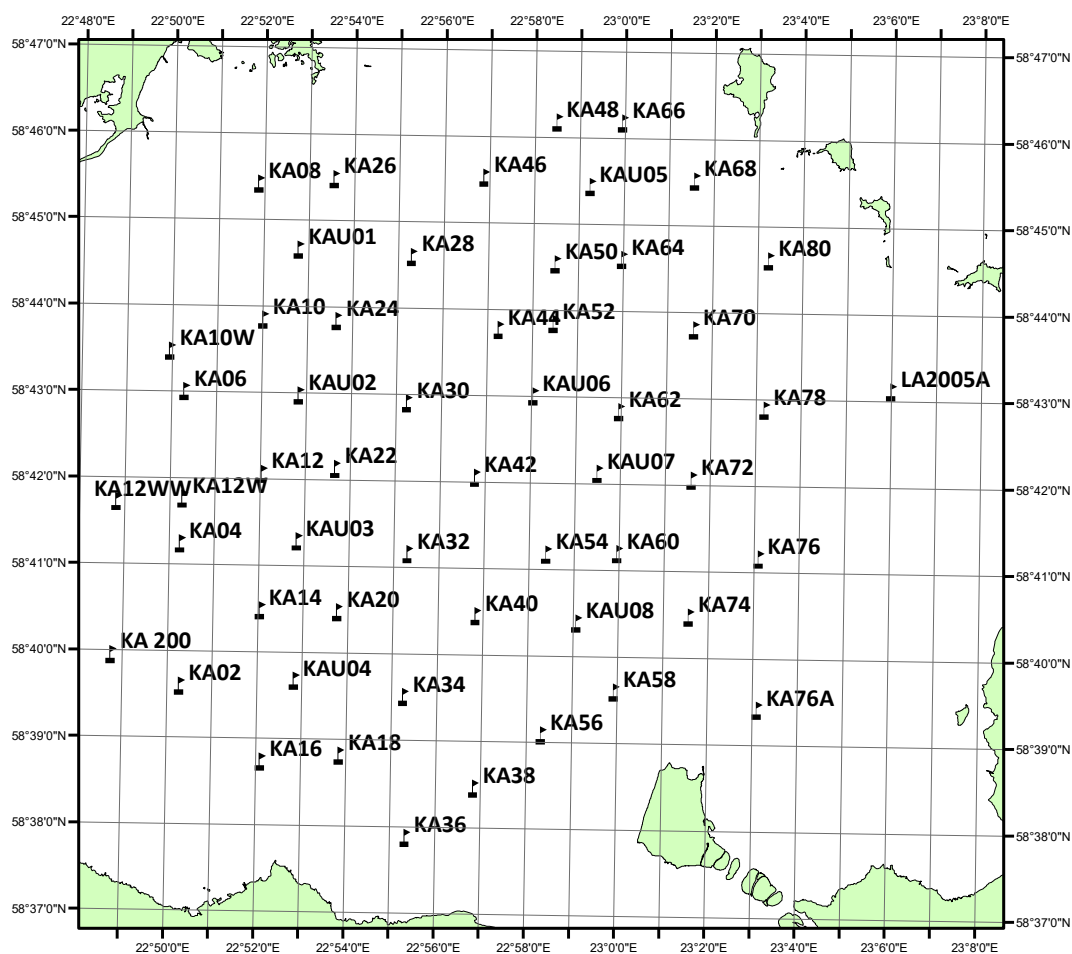
# 1. TÖÖNDUSLIKU PUNAVETIKAVARU SEIRE 2025

## 1.1. MATERJAL JA METOODIKA



Joonis 1.1.1. Kinnitumata punavetikakoosus Väinameres Kassari lahes (fotod K. Kaljurand)

Agariku proovide kogumiseks Kassari lahest taotleti Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumilt eripüügiluba nr 10-1/25/36-2. 2025. a. juulis Kassari lahes läbiviidud välitööde käigus koguti punavetikakoosluse (Joonis 1.1.1) levikualal kvantitatiivsed proovid 54st seirejaamast (Joonis 1.1.2).



Joonis 1.1.2. Töendusliku punavetikavaru seirejaamade paiknemine 2025. a. Kassari lahes.

Proovipunktide täpne asukoht määrati GPS-navigaatori abil vastavalt proovivõrgustiku koordinaatidele (Lisa 1). Uuringuid teostati 2009. aastal Kassari lahe punavetikaseire jaoks täiendatud proovivõrgustiku jaamades, kus varasematel aastatel kasutuses olnud traditsioonilistele seirejaamadele (joonistel tähistus "KA") lisandus 8 uut jaama (joonistel tähistus „KAU“), et tagada uurimisala ühtlasem katvus jaamadega, mis võimaldab punavetikakoosluse ja seda iseloomustavate bioloogiliste näitajate ning erinevate parameetrite täpsemat interpoleerimist levikukaartide koostamisel.

Kvantitatiivsete biomassiproovide kogumiseks sukelduja poolt kasutati standardse suurusega (20 x 20 cm) taimeraami (Joonis 1.1.3).



**Joonis 1.1.3.** Punavetikakooslusesse asetatud taimeraam kvantitatiivsete vetikaproovide kogumiseks ja biomassiproovi kogumine sukelduja poolt (TÜ Eesti mereinstituudi fotokogu).

Igas proovipunktis kirjeldati ja registreeriti sukelduja poolt järgmised punavetikakooslust ja selle kasvukeskkonda iseloomustavad parameetrid:

- vetikakihi paksus (cm)
- punavetikakoosluse üldkatvus (%)
- põhjasette tüüp
- kivide olemasolu

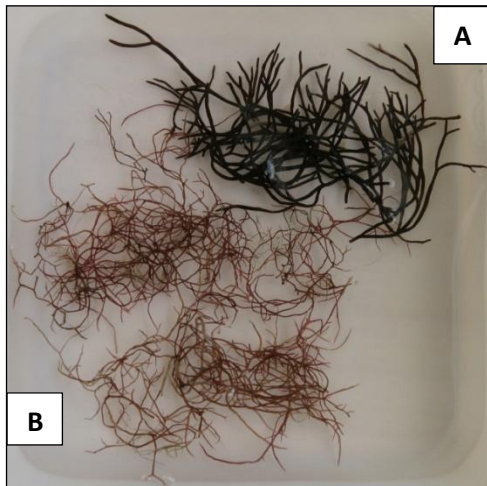
Paralleelselt kvantitatiivsete proovide kogumisega mõõdeti kõikides proovipunktides järgmised füüsikalised parameetrid:

- merevee temperatuur põhjalähedases veekihis (°C)
- merevee läbipaistvus meetrites (Secchi kettaga)
- hapniku kontsentratsioon põhjalähedases veekihis ( $\text{mg l}^{-1}$ )

Proovipunktis sukelduja poolt põhja asetatud taimeraami (Joonis 1.1.3) sisse jäänud taimed ja loomad koguti kokku, pakendati kilekotti, markeeriti ja säilitati kuni laboratoorse analüüsi teostamiseni jahedas (termokastis) ja pimedas. Kõik kogutud kvantitatiivsed proovid analüüsiti vahetult pärast kogumist neid eelnevalt sügavkülmutamata, et tagada märgkaalu võimalikult täpne määramine.

Vetikamaterjali laboratoorse analüüsi käigus eraldati proovist punavetikakoosluse põhiliigid – agarik *Furcellaria lumbricalis* ja *Coccolytus truncatus* (Joonis 1.1.4) ning ülejäänud vetikamaterjalis esinenud loomad ja taimed. Edasi määrati raamiproovis esinenud punavetikakoosluse põhiliikide (s.o eraldi *F.*

*lumbricalis* ja *C. truncatus*) ja teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (tähistatud joonistel „muu“) märgkaalud. Saadud tulemuste põhjal arutati välja punavetikakoosluse biomass ( $\text{g m}^{-2}$ ), agariku ja *C. truncatus* ning teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide osakaal (%) eraldi igas punavetikakoosluse proovipunktis, võttes arvesse üldkatvuse väärtusi. Alates 2006. aastast on igas proovis lisaks *F. lumbricalis* märgkaalule eraldi määratud ka tema kaasdominandi *C. truncatus* märgkaal ning arvatud osakaal – pidades silmas viimase potentsiaalset võimalikku töenduslikku kasutamist tulevikus (Tuvikene et al., 2009).



**Joonis 1.1.4.** Kassari lahe punavetikakoosluses domineerivad suurvetikaliigid: kinnitumata agarik *Furcellaria lumbricalis* (A) ja *Coccotylus truncatus* (B).

Punavetikavaru põhimassi levikualana käsitletakse käesolevas uuringus Kassari lahe piirkonda, kus kinnitumata punavetikakooslust moodustavate vetikaliikide katvus merepõhjas on vähemalt 10% ning põhiliigi *F. lumbricalis* osakaal moodustab enam kui 5% koosluse kogubiomassist. Seda kriteeriumit on peetud silmas nii kogu koosluse kui selle erinevate komponentide keskmiste biomasside ning -osakaalu, vetikakihi keskmise paksuse ja üldkatvuse arvutamisel. Levikukaartide koostamisel on arvestatud kõikidest uurimisala jaamadest (54) registreeritud parameetreid. Kaartidel on levikupiiriks määratud 5m sügavusjoon (v.a uurimispiirkonna Soela väina poolne osa).

Koosluse levikukaartide koostamisel on kasutatud ruumilist interpoleerimist, kasutades arvutitarkvara ArcGIS Pro 3.2.0 aplikatsioone ArcMap ja Spatial Analyst.

Töenduslikuks tooraineks sobivaks punavetikamassiks loetakse vetikamaterjali, kus agariku osakaal on vähemalt 70% (märgkaalus). Lisaks arvestatakse vetikate väljapüügiks sobivate piirkondade määramisel kriteeriumiks agariku keskmist biomassi – reeglina  $> 1000\text{g m}^{-2}$  ja koosluse üldkatvust – 100% (erandina  $\geq 95\%$ , kui agariku osakaal ja biomass on kõrged).

## 1.2. TULEMUSED

Kassari lahe punavetikakoosluse 54st seirejaamast kolmes vetikaid ei leitud (KA44, KA76A, LA2005), kuues (KA08, KA10, KA12WW, KA56, KAU02, KA200) oli punavetikakoosluse üldkatvus  $\leq 5\%$  ja kolmes jaamas (KA10W, KA26, KAU01) jäi agariku osakaal  $< 10\%$ . Kuna nimetatud seirejaamad jäid valdavalt punavetikakoosluse levikuala äärealadele, siis nende seirejaamade andmeid ei kasutatud Kassari lahe punavetikakooslust (koosluse põhimassi) iseloomustavate keskmiste näitajate arvutamisel.

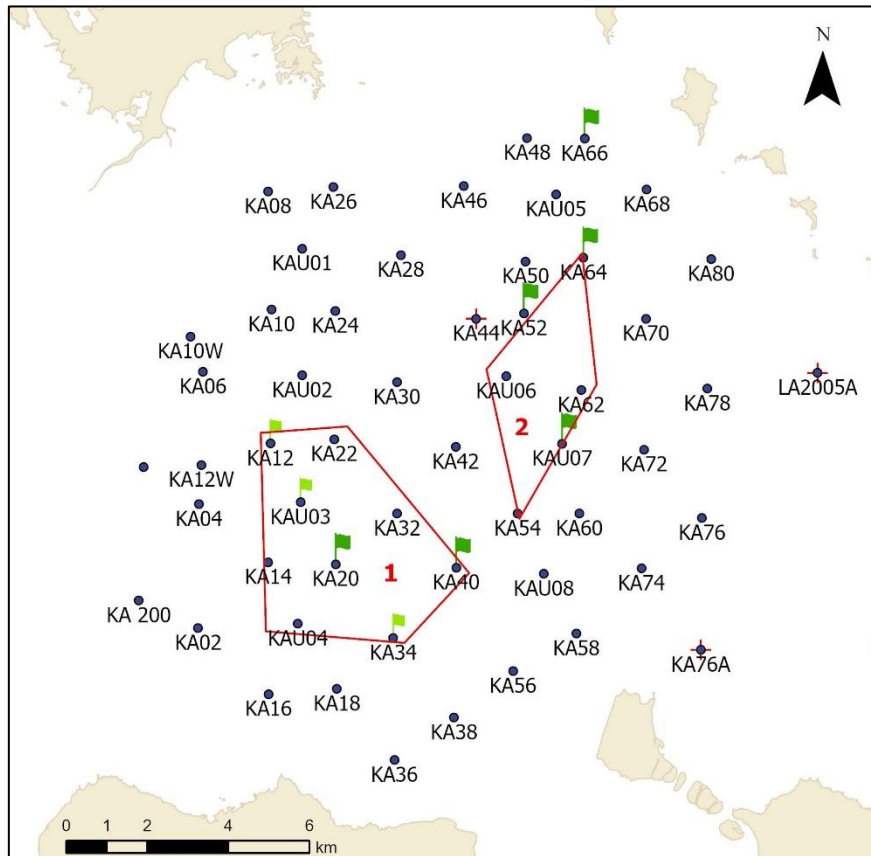
Kassari lahe lahtist punavetikakooslust 2025. a. iseloomustavad põhinäitajad on esitatud tabelis 1.2.1 eri seirejaamu iseloomustavad keskmised kvantitatiivsed näitajad on esitatud Lisas 2.

**Tabel 1.2.1** Kassari lahe punavetikakooslust iseloomustavad bioloogilised näitajad 2025. a. Nooltega  $\uparrow\downarrow$  on tähistatud muutuste suund võrreldes 2023. a seireandmetega.

	keskmine	maksimum
Üldkatvus (%)	72,4 $\downarrow$	100
Vetikakihi paksus (cm)	5,5 $\uparrow$	10,0 $\uparrow$
Koosluse biomass ( $\text{g m}^{-2}$ )	828,3 $\downarrow$	2150,3 $\downarrow$
Agariku osakaal (%)	64,2 $\uparrow$	84,8 $\downarrow$
<i>C. truncatus</i> osakaal (%)	27,6 $\uparrow$	62,4 $\uparrow$
Muu osakaal (%)	8,3 $\downarrow$	40,3 $\downarrow$
Loomad (%)	4,1 $\downarrow$	14,2 $\downarrow$
Taimed (%)	4,2 $\downarrow$	32,5 $\downarrow$
Agariku biomass ( $\text{g m}^{-2}$ )	545,7 $\downarrow$	1356,4 $\downarrow$
<i>C. truncatus</i> biomass ( $\text{g m}^{-2}$ )	229,6 $\uparrow$	718,4 $\downarrow$
Muu biomass ( $\text{g m}^{-2}$ )	51,8 $\downarrow$	217,2 $\downarrow$
Loomad biomass ( $\text{g m}^{-2}$ )	39,0 $\downarrow$	206,2 $\downarrow$
Taimed biomass ( $\text{g m}^{-2}$ )	14,0 $\downarrow$	205,5 $\downarrow$

Punavetikate *Furcellaria lumbricalis* ja *Coccolytus truncatus* lahtise koosluse põhimass paiknes 2025. a Kassari lahes 5,3–8,4 m sügavusel, hinnanguliselt ca 140 km<sup>2</sup> alal. Kassari lahe kinnitumata punavetikakoosluse kogubiomassiks saadi 2025. aastal arvutuslikult ligikaudu 116 000 t märgkaalus, millest ligikaudu 74 500 t moodustas agarik.

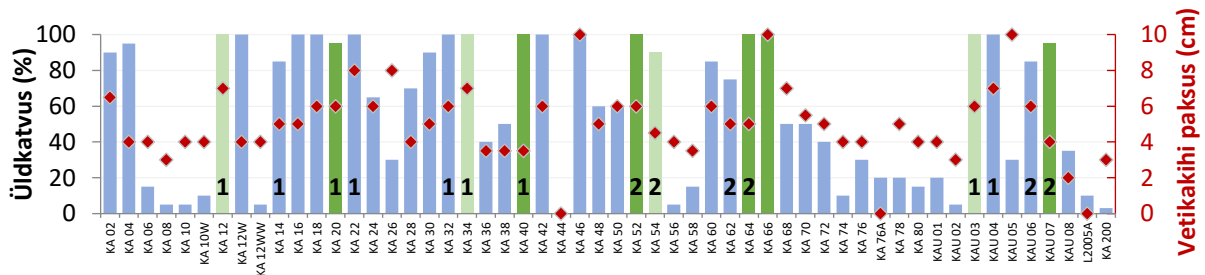
Töenduslikuks väljapüügi kriteeriumitele vastav vetikamass, kus agariku osakaal on  $\geq 70\%$  ning vetikakoosluse üldkatvus on vähemalt 95% määrati 2025. a ainult 6st jaamast: KA40, KA52, KA64 ja KA66, kus üldkatvus oli 100% ning jaamadest KA20 ja KAU07, kus üldkatvus oli 95%. Kolmes jaamas KAU03, KA12 ja KA34 oli agariku sisaldus 66-69%, samas biomass aga suhteliselt kõrge ( $> 1300 \text{ g m}^{-2}$ ) (joonis 1.2.1).



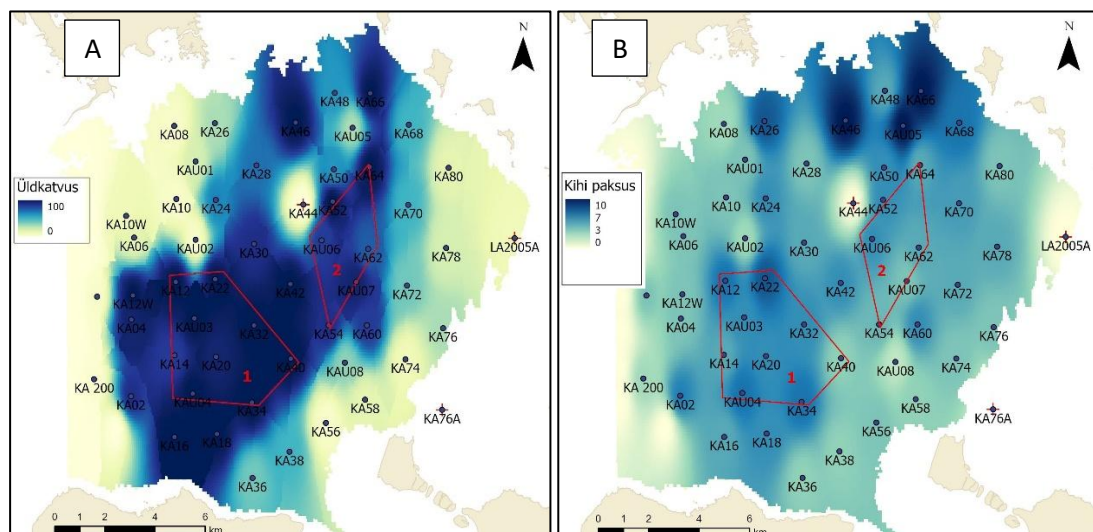
**Joonis 1.2.1.** Töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastavate jaamade (tähistatud roheliste lipukestega) ja kriteeriumilähedaste jaamade (tähistatud heleroheliste lipukestega) paiknemine Kassari lahes 2025. a. KPE püügialad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

2025. a juulis oli Kassari lahe punavetikakoosluse keskmine üldkatvus 72,4%, kusjuures 100% üldkatvus määrati 15 seirejaamas (joonis 1.2.2, 1.2.3A, tabel 1.2.1).

Vetikakihi paksus varieerus erinevates seirejaamades vahemikus 2,0 kuni 10,0 cm, keskmiseks paksuseks arutati 5,5 cm (joonis 1.2.2, 1.2.3B, tabel 1.2.1). Vetikakihi keskmine paksus kalapüügieeskirja (KPE) § 25 lõige 1 punktis 5 määratletud kahel püügialal (edaspidi tekstis „KPE\_P1“ ja „KPE\_P2“) oli 5,7 cm.



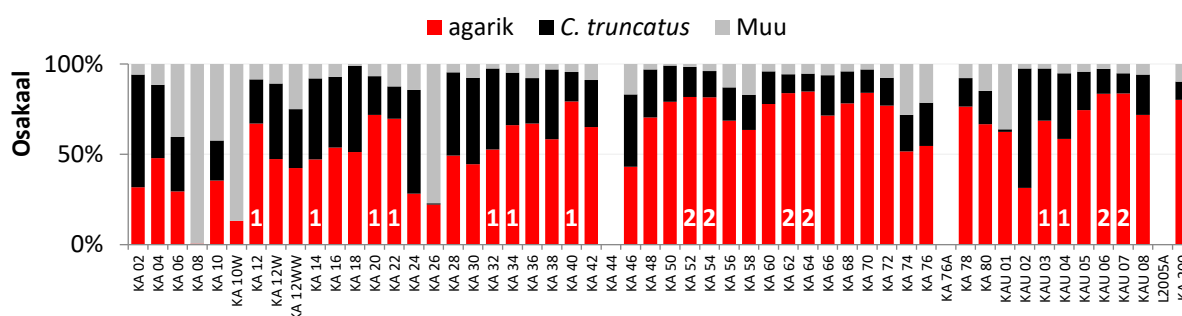
**Joonis 1.2.2.** Kassari lahe lahtise punavetikakoosluse üldkatvus (ÜK) ja vetikakihi paksus (kp) seirejaamades 2025. a; Töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastavad jaamad: rohelised tulbad, kriteeriumilähedased jaamad: helerohelised tulbad; püügialasid KPE\_P1 ja KPE\_P2 iseloomustavad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.



**Joonis 1.2.3.** (A) Kassari lahe kinnitumata punavetikakoosluse üldkatvus (%) ja (B) vetikakihi paksus (cm) 2025. a. KPE püügialad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

Kassari lahe punavetikakoosluse keskmine ja maksimaalne biomass olid vastavalt 828,3 g m<sup>-2</sup> ja 2150,3 g m<sup>-2</sup> märgkaalus (tabel 1.2.1). Punavetikakoosluse biomass erinevates seirejaamades on esitatud joonistel 1.2.5. ja 1.2.7A.

Agariku (*F. lumbricalis*) osakaal vetikamatis moodustas keskmiselt 64,2% (maksimaalselt 84,8%) ning punavetika *C. truncatus* osakaal 27,6% (maksimaalselt 62,4%) punavetikakoosluse kogubiomassist (tabel 1.2.1). Teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide osakaal punavetikakoosluses oli kokku keskmiselt 8,3% (tabel 1.2.1). Agariku, punavetika *C. truncatus* ning teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (Muu) osakaal Kassari lahe lahtises punavetikakoosluse seirejaamades 2025. a on esitatud joonistel 1.2.4.

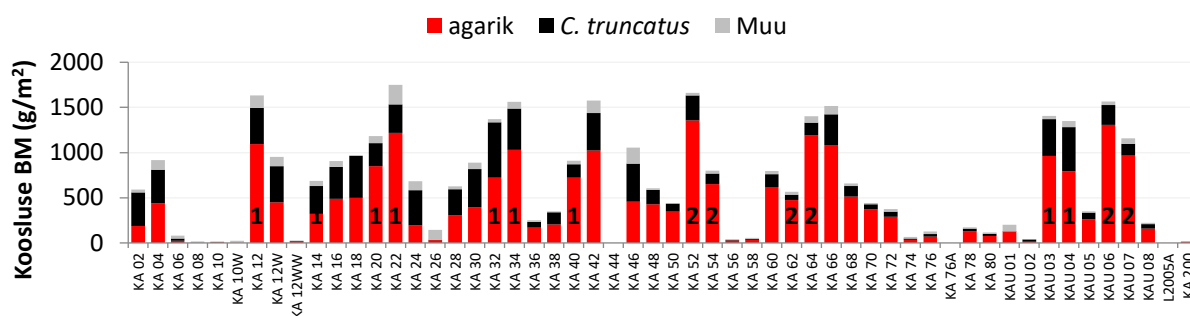


**Joonis 1.2.4.** Agariku, punavetika *Coccotylus truncatus* ning teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (Muu) osakaal Kassari lahe lahtises punavetikakoosluse seirejaamades 2025. a; püügialasid KPE\_P1 ja KPE\_P2 iseloomustavad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

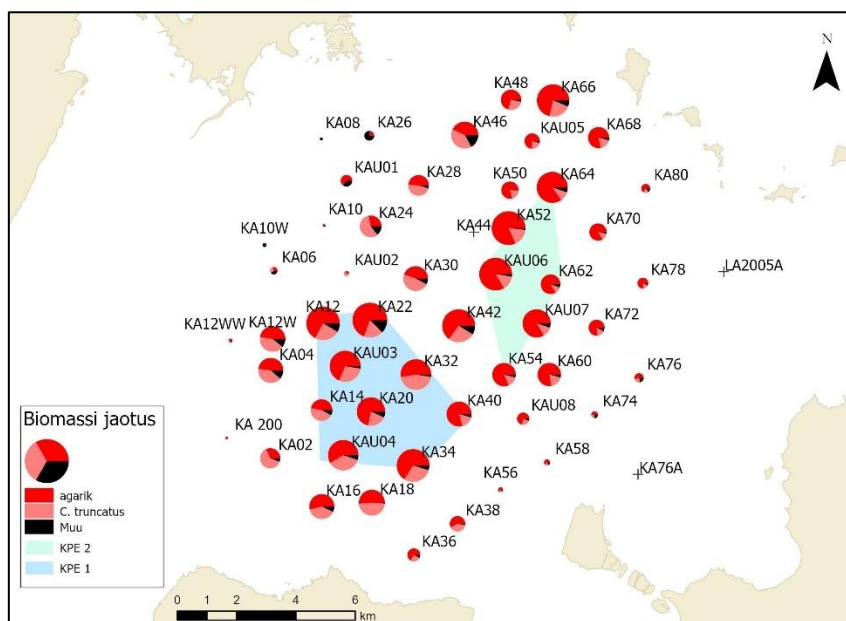
2025. a oli agariku keskmine biomass põhjaühiku kohta lahtise punavetikakoosluse põhimassi paiknemisalal 545,7 g m<sup>-2</sup> märgkaalus (tabel 1.2.1), varieerudes erinevates seirejaamades 24,2 ja 1356,4 g m<sup>-2</sup> vahel (joonis 1.2.5). Punavetika *C. coccotylus* ning teiste punavetikakoosluses leiduvate makrovetikate ja -zoobentose liikide keskmine biomass oli vastavalt 229,6 ja 53,0 g m<sup>-2</sup> märgkaalus

(tabel 1.2.1). Agariku, punavetika *C. truncatus* ning teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (Muu) biomassid Kassari lahe lahtises punavetikakoosluse seirejaamades 2025. a on esitatud joonisel 1.2.5, 1.2.6 ja 1.2.7B, 1.2.7C ja 1.2.7D.

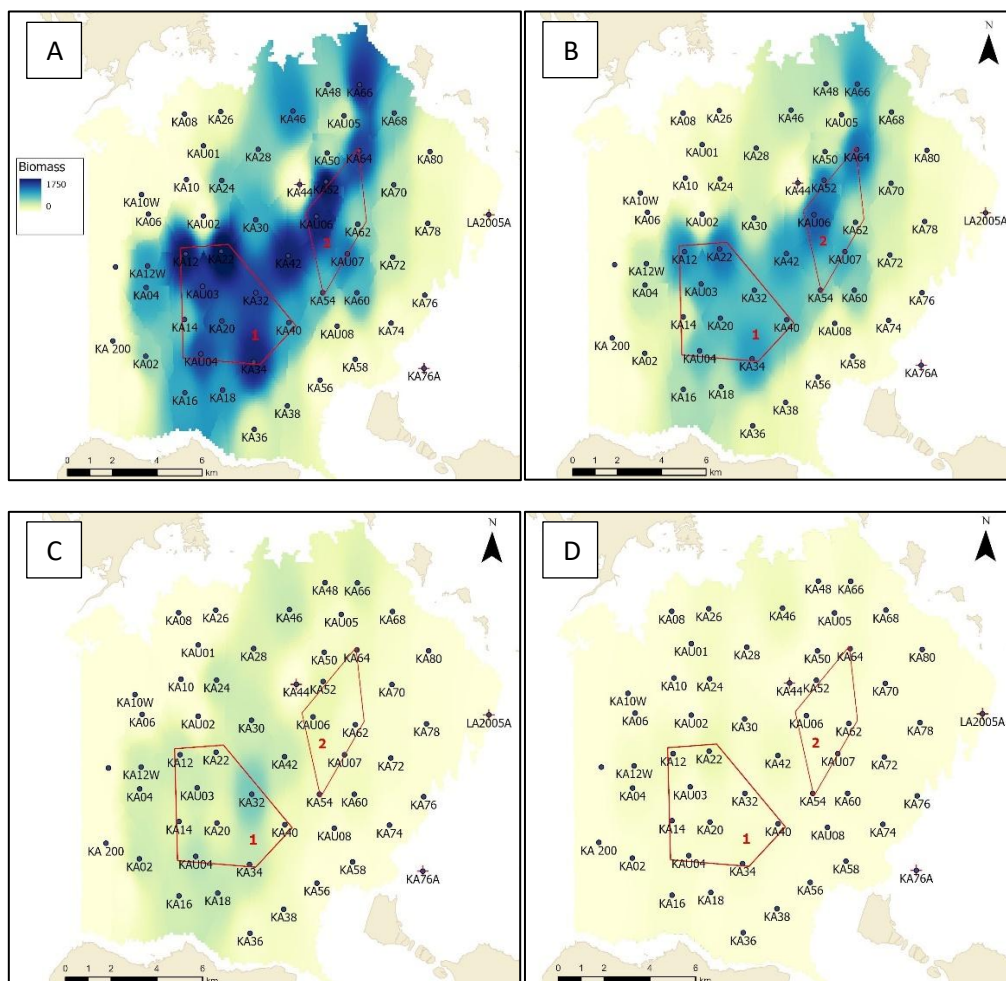
Agariku keskmine biomass püügiplade KPE\_P1 ja KPE\_P2 seirejaamades oli vastavalt 857,5 g m<sup>-2</sup> ja 991,6 g m<sup>-2</sup> ning osakaal punavetikakoosluse kogubiomassist vastavalt 64,5% ja 83,2%. Kõik KPE püügiplasad iseloomustavad näitajad on esitatud tabelis 4.1.



**Joonis 1.2.5.** Agariku, punavetika *Coccotylus truncatus* ning teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (Muu) biomass Kassari lahe lahtises punavetikakoosluse seirejaamades 2025. a; püügiplad KPE\_P1 ja KPE\_P2 on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.



**Joonis 1.2.6.** Agariku, punavetika *Coccotylus truncatus* ning teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (Muu) biomassi paiknemine ja osakaal Kassari lahe lahtises punavetikakoosluse seirejaamades 2025. a;



**Joonis 1.2.7.** Kassari lahe punavetikakoosluse kogubiomassi (A) ning agariku (B), *C. truncatus* (C) ja teiste makrovetikate ja -zoobentose liikide (D) biomasside paiknemine 2025. a.; püügiplad KPE\_P1 ja KPE\_P2 on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

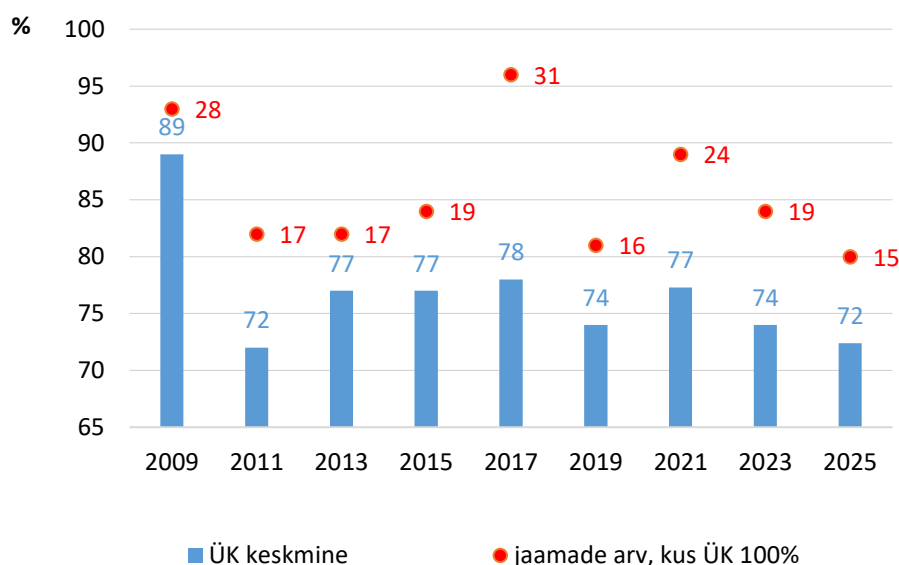
2025. a juulis läbi viidud Kassari lahe punavetikavaru seire ajal varieerus merevee läbipaistvus erinevates seirepunktides vetikaproovide kogumise päeval 1,9 ja 4,8 m vahel. Veetemperatuur põhjalähedases kihis varieerus vahemikus 17,4 ja 21,1°C ning vees lahustunud hapniku sisaldus 8,5 ja 9,6 mg l<sup>-1</sup> (Lisa 3). Registreeritud näitajad ei viita hapnikupuudusele põhjalähedases kihis.

Andmed merepõhja sobivuse kohta traalpüügiks (kivide olemasolu/puudumine) ja põhjasette tüüp on esitatud lisa 1. Traalimise tagajärjel tekkinud vetikavalle sukeldumiste käigus ei tuvastatud.

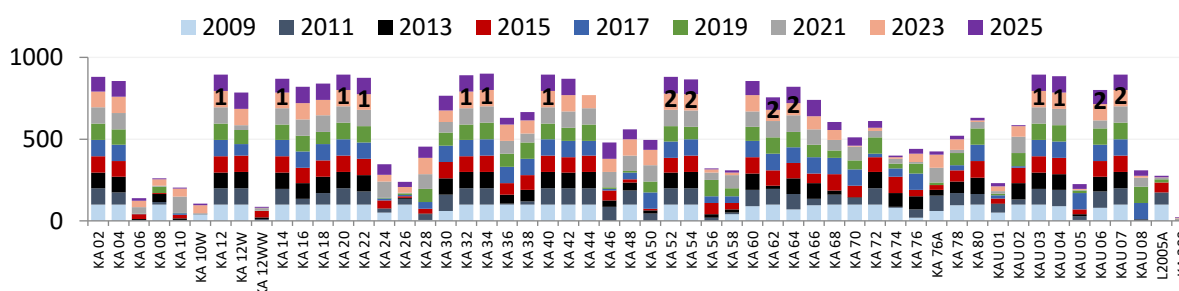
## 2. MUUTUSED KASSARI LAHE PUNAVETIKAKOOSLUSES 2009 – 2025

Kassari lahe punavetikakoosluses ajavahemikus 2009–2025 läbiviidud seire (viidi läbi ainult paarituurvulistel aastatel, s.o kokku üheksal seireaastal) tulemuste võrdlus näitab teatavaid muutusi erinevate kooslust iseloomustavate põhinäitajate osas.

Punavetikakoosluse keskmine üldkatvus (ÜK), samuti ka jaamade arv, kus ÜK on 100% on viimastel aastatel langenud (Joonis 2.1). Joonisel 2.2 on esitatud muutused ÜK väärtustes erinevates seirejaamades viimasel üheksal seireaastal (2009 – 2025).

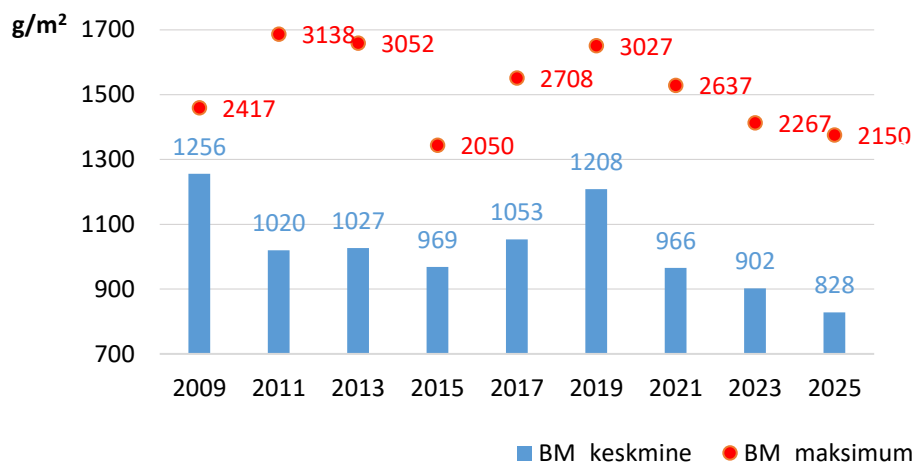


**Joonis 2.1.** Muutused Kassari lahe punavetikakoosluse keskmises üldkatvuses ja seirejaamade arvus, kus registreeriti üldkatvuseks 100%, aastatel 2009–2025.

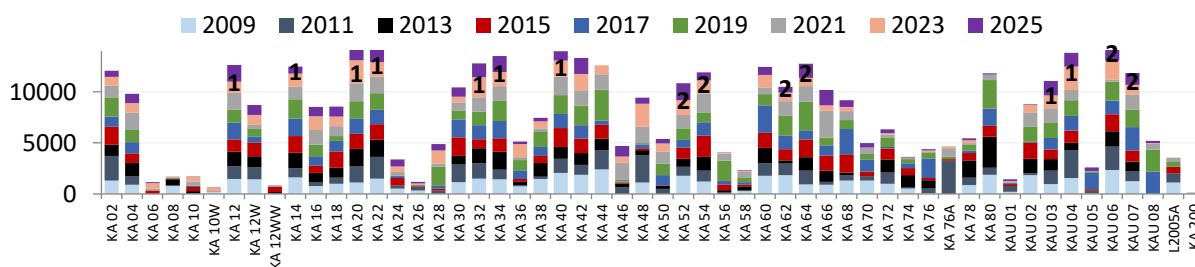


**Joonis 2.2.** Üldkatvus (%) Kassari lahe punavetikakoosluse seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbrita „1“ ja „2“.

2025. a jätkus 2021. a alanud märkimisväärne langus Kassari lahe punavetikakoosluse keskmises biomassis, jõudes kogu võrdlusperioodi (2009 – 2025) madalaimale tasemele (joonised 2.3 ja 2.4).



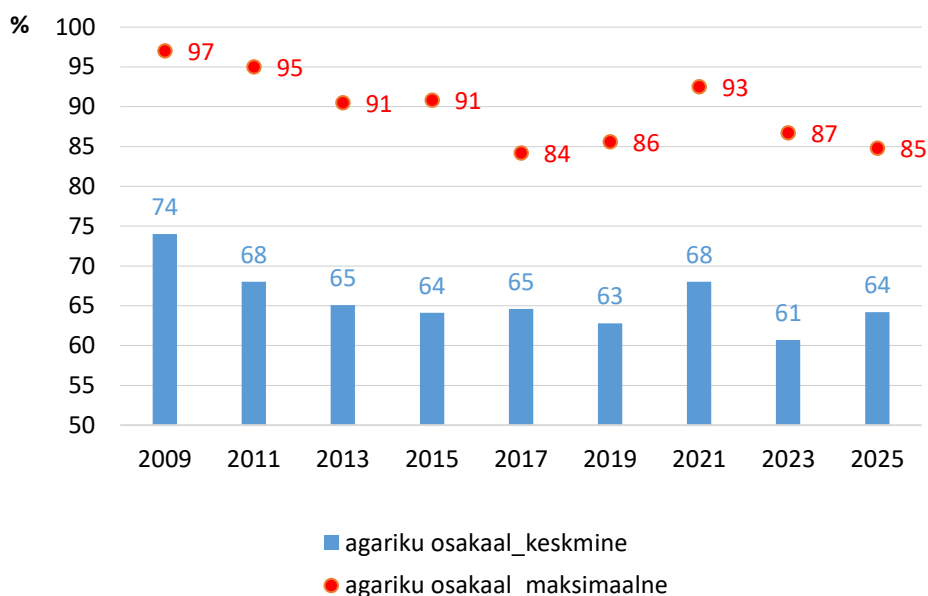
**Joonis 2.3.** Muutused Kassari lahe punavetikakoosluse keskmises ja maksimaalses biomassis aastatel 2009–2025.



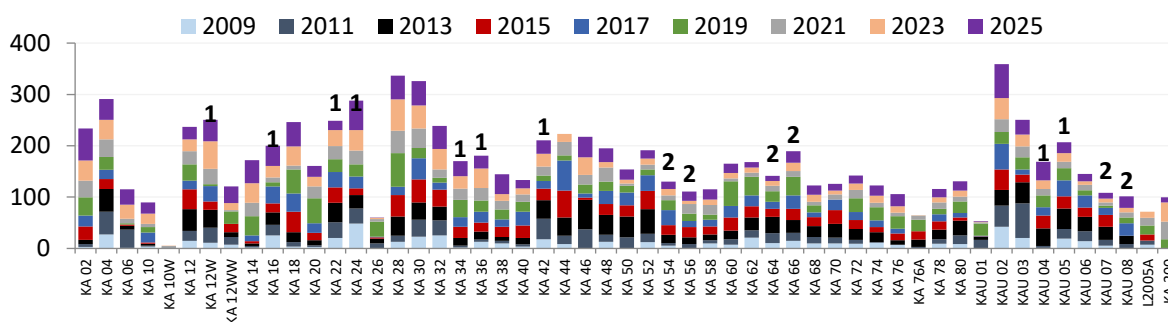
**Joonis 2.4.** Koosluse keskmine biomass ( $\text{g m}^{-2}$ ) Kassari lahe punavetikakoosluse seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

Agariku keskmine osakaal punavetikakoosluses on 2025. a võrreldes 2023. a seireandmetega mõnevõrra tõusnud (joonis 2.5). 2025. a ületas agariku osakaal 70% 19 jaamas (2023.a 20s), neist 9s oli agariku osakaal > 80% (2023. a 4s jaamas). Joonisel 2.6 on esitatud muutused agariku osakaalu väärtustes erinevates seirejaamades.

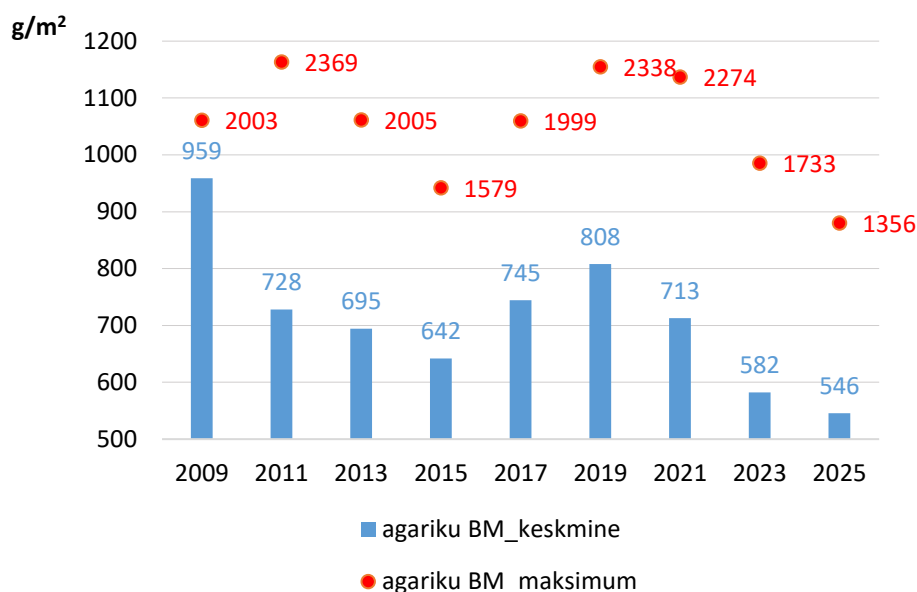
Samas on aga kahel viimasel seireaastal (2023 ja 2025) märkimisväärselt langenud agariku keskmine biomass punavetikakoosluse levikualal ja saavutades kogu vaatlusperioodi madalaima taseme (joonis 2.7). Agariku biomasside erinevused erinevatel seireaastatel on -jaamade lõikes esitatud joonisel 2.8.



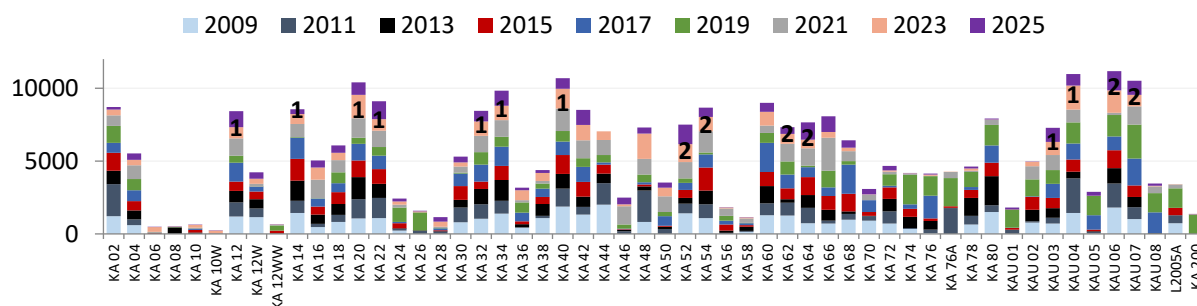
**Joonis 2.5.** Muutused agariku keskmises ja maksimaalses osakaalus Kassari lahe punavetikakoosluse kogubiomassist aastatel 2009–2025.



**Joonis 2.6.** Agariku osakaal (%) Kassari lahe punavetikakoosluse erinevates seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.



**Joonis 2.7.** Muutused agariku keskmises ja maksimaalses biomassis Kassari lahe punavetikakoosluses aastatel 2009–2025.

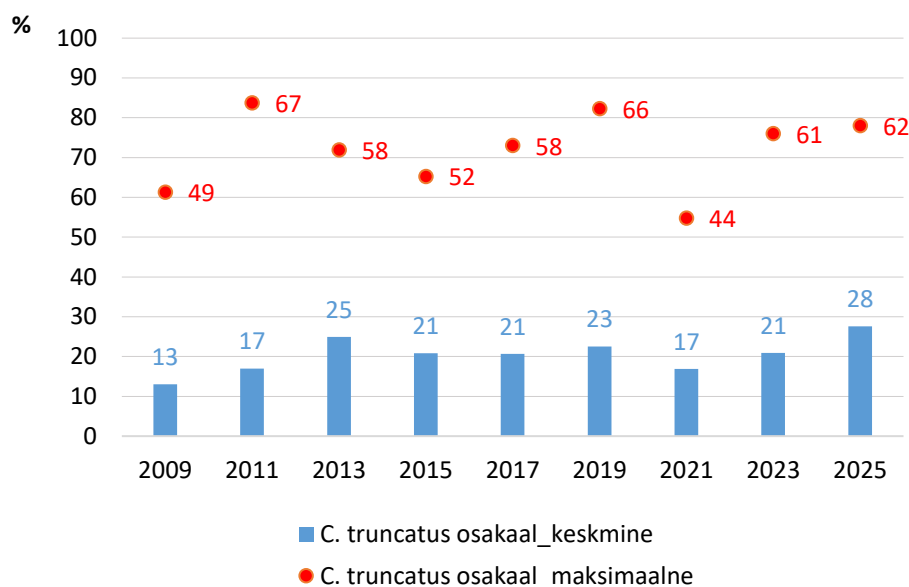


**Joonis 2.8.** Agariku keskmine biomass ( $\text{g m}^{-2}$ ) Kassari lahe punavetikakoosluse seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

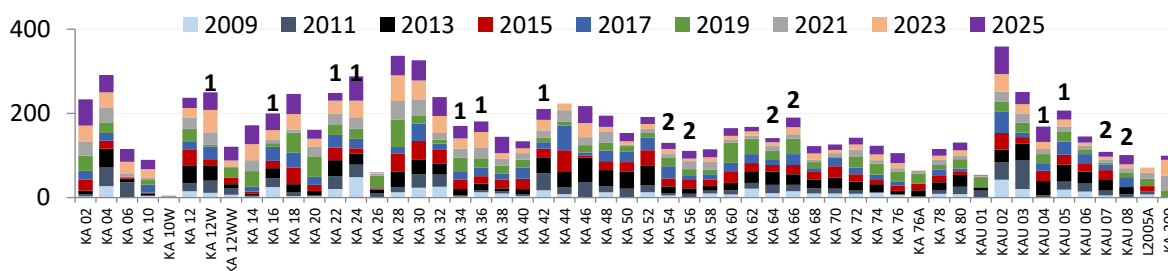
Kassari lahe kinnitumata punavetikakoosluse teise põhiligi *C. truncatus* keskmine osakaal koosluses, erinevalt agariku osakaalust, on 2025. a võrreldes kogu eelneva vaatlusperioodiga (2009–2023) märkimisväärselt tõusnud (joonis 2.9). *C. truncatus* osakaalu muutused erinevates seirejaamades perioodil 2009–2025 on esitatud joonisel 2.10.

Samas on muude punavetikakoosluses esinevate liikide (suurvetikad ja makrozoobentos) osakaal kogu võrdlusperioodiga (2009–2025) madalaim (joonis 2.11). Joonisel 2.12 on esitatud teiste suurvetika- ja makrozoobentose liikide summaarne osakaal kogubiomassist erinevates seirejaamades.

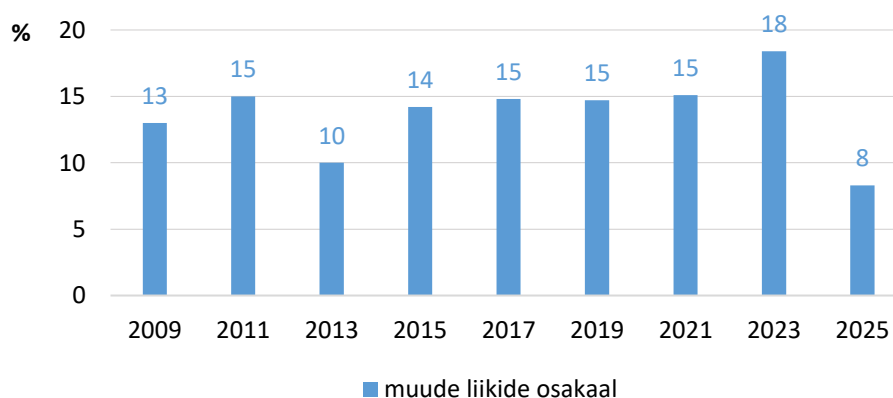
Olulisi muutusi Kassari lahe punavetikakoosluse keskmises paksuses viimasel neljal seireaastal ei ole täheldatud (joonis 2.13). Vetikakihi paksuse erinevused jaamade lõikes aastatel 2009–2025 on esitatud joonisel 2.14.



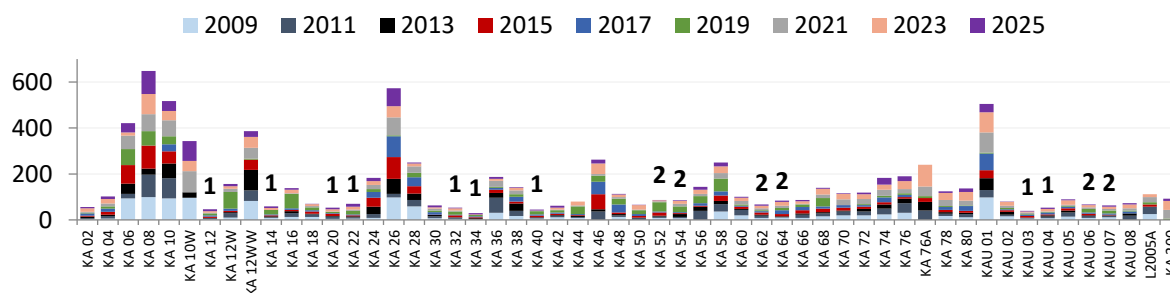
**Joonis 2.9.** Muutused *C. truncatus* keskmises ja maksimaalses osakaalus Kassari lahe punavetikakoosluse kogubiomassist aastatel 2009–2025.



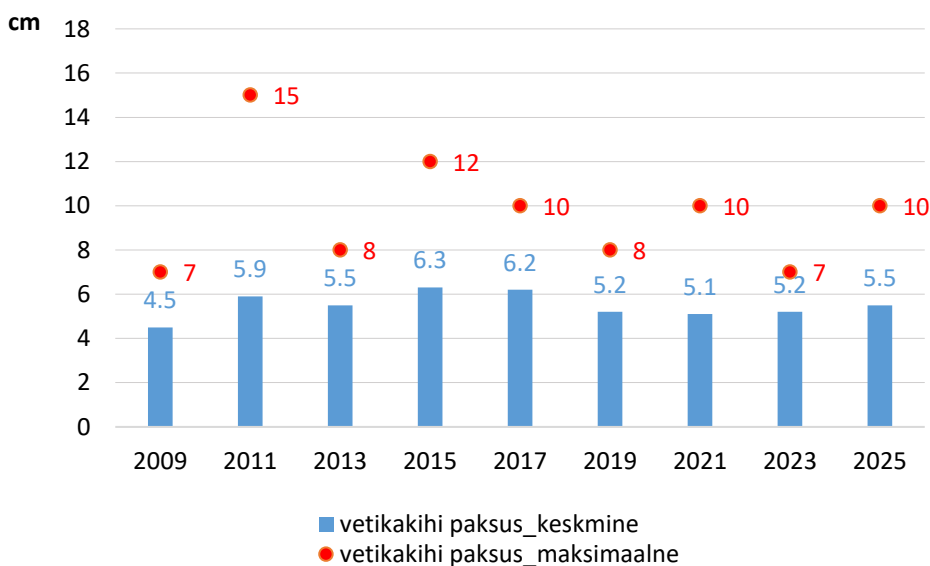
**Joonis 2.10.** *C. truncatus* osakaal (%) kogubiomassist Kassari lahe punavetikakoosluse seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.



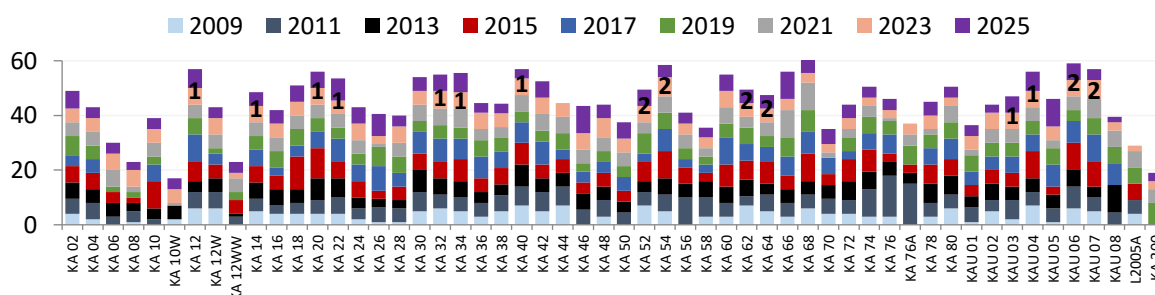
**Joonis 2.11.** Muutused teiste suurvetika- ja makrozoobentose liikide (muud liigid) summaarses osakaalus (%) Kassari lahe punavetikakoosluse kogubiomassis aastatel 2009–2025.



**Joonis 2.12.** Teiste suurvetika- ja makrozoobentose liikide osakaal kogubiomassist (%) Kassari lahe punavetikakoosluse erinevates seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

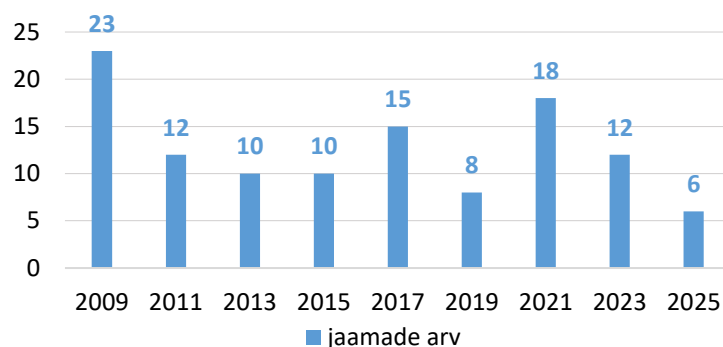


**Joonis 2.13.** Muutused Kassari punavetikakoosluse keskmises ja maksimaalses paksuses (cm) aastatel 2009–2025.

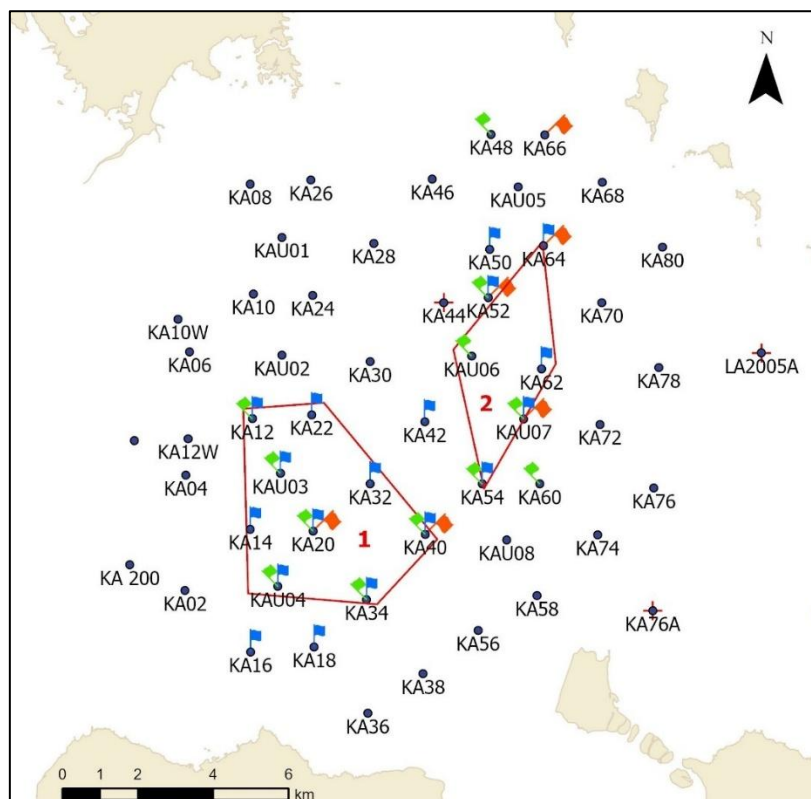


**Joonis 2.14.** Kassari lahe punavetikakoosluse paksus (cm) erinevates seirejaamades aastatel 2009–2025. Püügialadesse KPE\_P1 ja KPE\_P2 jäävad seirejaamad on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

Töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastav vetikamass, kus agariku osakaal on  $\geq 70\%$  ning vetikakoosluse üldkatvus 100% (k.a 2 jaama, kus ÜK 95%) tuvastati 2025. aastal 6 jaamas, mis on märkimisväärselt madalam võrreldes 2021. ja 2023. aasta tulemustega (joonis 2.15). Töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastavate jaamade paiknemine Kassari lahe punavetikakoosluse levikualal aastatel 2021, 2023 ja 2025 on esitatud joonisel 2.16. Väljapüügi kriteeriumitele vastavate jaamade arvu langus on ilmselt eelkõige seotud nii suhteliselt madala agariku osakaaluga punavetikakoosluses (joonis 2.5), kui ka jaamade arvu vähenemisega, kus ÜK on 100% (2021: 24 jaama  $\rightarrow$  2023: 19 jaama  $\rightarrow$  2025: 15 jaama; vt joonis 2.1).



Joonis 2.15. Töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastavate seirejaamade arv aastatel 2009–2025.



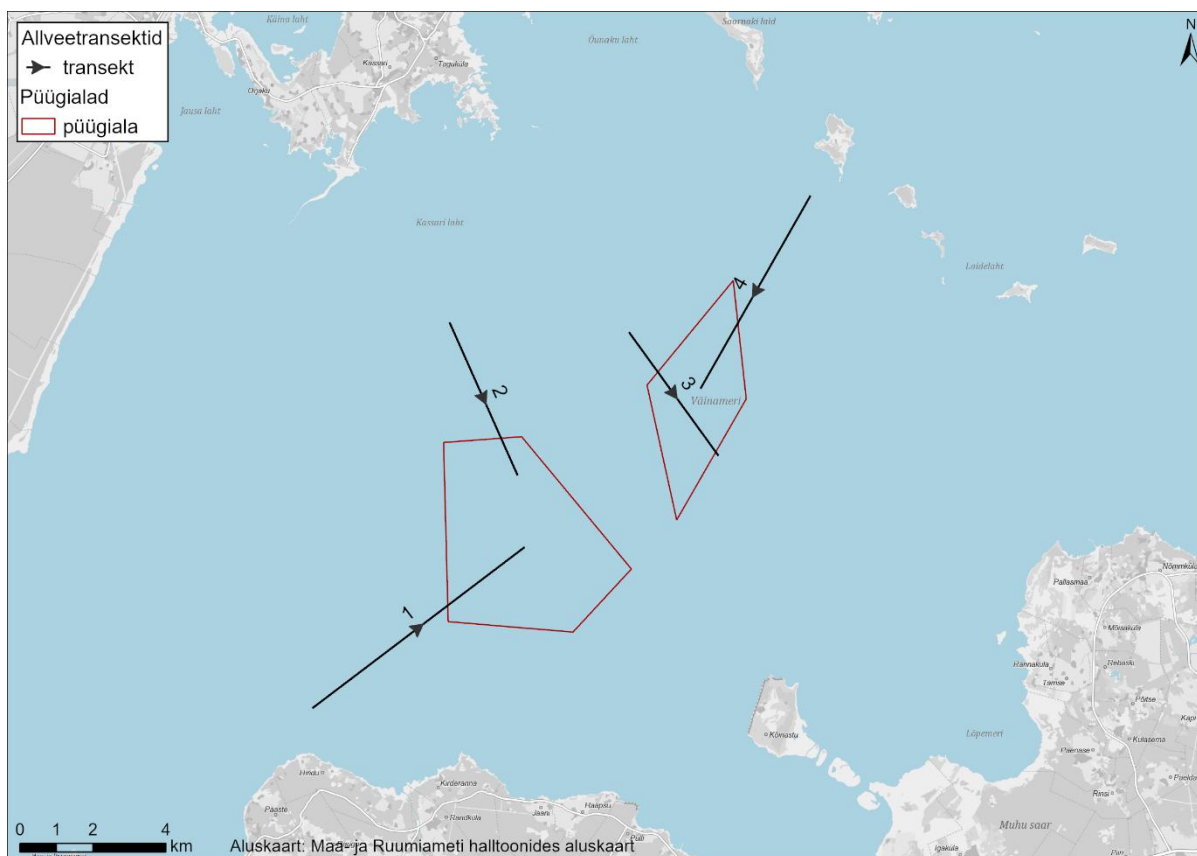
Joonis 2.16. Töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastavate jaamade paiknemine Kassari lahe punavetikakoosluse levikualal aastatel 2021, 2023 ja 2025, tähistatud vastavalt siniste, roheliste ja punaste lipukestega. KPE püügi alad (punane piirjoon) on tähistatud vastavalt numbritega „1“ ja „2“.

### 3. ALLVEETRANSEKTID

#### 3.1. MATERJAL JA METOODIKA

2019. – 2020. aastal teostatud uuringus „Kassari lahe töendusliku punavetikavaru uuringud ning kombineeritud meetodika väljatöötamine“ (TÜ Eesti mereinstituut 2020) katsetati hüdroakustilisi ja allveevideo ja -fotomeetodeid lahtise punavetikakoosluse levikupiiride ja koosluse üldkatvuse täpsemaks määramiseks. 2023. a. Kassari lahe töendusliku punavetikavaru uuringus rakendati allveefototransektide meetodit esmakordselt uuringu osana ja sama meetodika järgi teostati uuring ka 2025. aastal.

Allveevideo- ja -fotoülesvõtted teostati kokku neljal transektil Kassari lahes (joonis 3.1.1). Transektid olid paigutatud selliselt, et nende abil oleks võimalik tuvastada lahtise punavetikakoosluse leviku piire, koosluse katvust ja võimalikke traalimise mõjusid püügialadel. Transektide pikkused ja otspunktide koordinaadid on toodud tabelis 3.1.1. Transektide summaarne kogupikkus oli 22,2 km.



**Joonis 3.1.1** Transektide paiknemine. Transektide geograafilised koordinaadid ja pikkused on toodud tabelis 3.1.1. Nool transektil näitab geograafilist suunda otsupunktist nr 1 otsupunkti nr 2 (tabel 3.1.1).

**Tabel 3.1.1.** Kassari lahe lahtise punavetikakoosluse levikupiiride ja koosluse üldkatvuse hindamise allveetransektid. Geograafilised koordinaadid on toodud WGS84 koordinaatsüsteemis kümnendkraadidena.

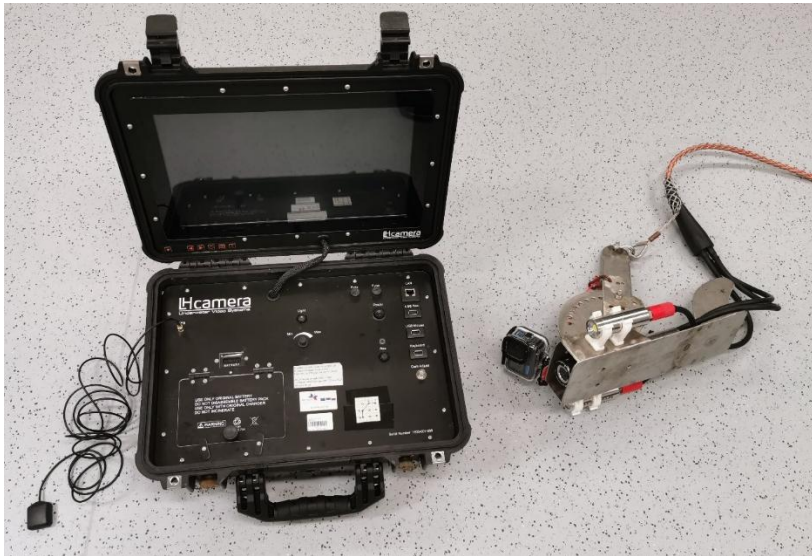
Transekti number	Pikkus (km)	Otspunkt 1, põhjalaius (°)	Otspunkt 1, idapikkus (°)	Otspunkt 2, põhjalaius (°)	Otspunkt 2, idapikkus (°)
1	7,3	58,63629	22,80355	58,67676	22,90245
2	4,6	58,73166	22,86515	58,69430	22,89857
3	4,2	58,72996	22,95005	58,69990	22,99332
4	6,1	58,76413	23,03497	58,71633	22,98429

Allveetransektide välitööd teostati 13. – 14. augustil 2025. aastal.

Kõikidel transektidel teostati kogu nende ulatuses samaaegne allveevideo ja foto salvestamine liikuvast mootorpaadist. Merepõhja reaajas video oli välitööl vajalik eelkõige kaamera liikumise jälgimiseks, sügavuse reguleerimiseks ja ohutuse tagamiseks. Videomaterjal ka salvestati varukoopia eesmärgil. Lahtise punavetikakoosluse katvuse hindamiseks kasutati videoga samaaegselt kogutud merepõhja fotomaterjali. Allveekaamerate vedamise kiiruseks oli ligikaudu 2 sõlme ehk  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Kiirus valiti selline, mis võimaldas mootorpaadiga liikumist pidevalt käiku sees hoides minimaalse kiirusega samas tagades ka piisava nähtavuse video- ja fotomaterjalis. Mootorpaadis rakendati transektil püsimise kursi hoidmiseks autopiloodi tehnikat. Kaamerate kõrgus merepõhjast oli ligikaudu 1 – 2 m. Vee läbipaistvus ei olnud ilmastikuolude ja planktiliste vetikate tõttu ideaalne ja seetõttu teostati ülesvõtted suhteliselt põhja lähedalt, sest kaameraid põhjast kõrgemale tõstes ei olnud merepõhjas lahtise punavetika laigud taustast enam piisavalt hästi eristatavad.

Merepõhja videoülesvõtted teostati allveevideosüsteemiga (nn *drop*-kaamera), mis koosnes veealusest videokamerast ning paadi pardal olevast salvestusseadmest ja ekraanist (joonis 3.1.2). Kaamera on varustatud ka valgustitega, mis on vajalikud eelkõige sügavas vees või pimedal ajal töötamiseks. Käesolevas töös ei olnud valgustite kasutamine otstarbekas, sest ei parandanud ülesvõtete kvaliteeti. Merepõhja videosalvestuse tegemiseks lastakse veekindel roostevabast terasest konstruktsiooniga ümbritsetud kaamera kaabli otsas merepõhja kohale. Videopilt on reaajas jälgitav ekraani vahendusel ja video on võimalik talletada salvestusseadme kõvakettale digitaalse videofailina. Kaamerasüsteemi tootjaks oli *LH Camera ApS* (Taani) ja selle kaamera resolutsiooniks oli  $1920 \times 1080$  pikslit. Säriaeg, valgustundlikkus ja valge tasakaal olid automaatrežiimil. Videosüsteemil oli ka GPS-vastuvõtja moodul, mis võimaldas geograafiliste koordinaatide, kiiruse ja liikumise suuna salvestamist videopildi peal. Kaamerat veeti vee all paadi järel vaatega sõidu suunas. Vaatenurk vee all oli seatud ligikaudu  $45^\circ$  nurgaga allapoole horisonti. Ettepoole vaade oli vajalik ohutuse tagamiseks, et takistuse märkamisel oleks võimalik kiiresti kaamera põhjast kõrgemale tõsta.

Merepõhja fotod teostati *drop*-kaamera veealuse raami külge kinnitatud kaameraga *GoPro Hero 11 Black* (USA, joonis 3.1.3). Kaamera vaatenurk oli seatud  $90^\circ$  kraadi horisondist allapoole ehk vaatega otse alla merepõhjale. *GoPro* kaamera oli seadistatud tegema fotosid intervallvõtte režiimis (*time lapse*) 1-sekundilise sammuga. Fotode tegemisel olid säriaeg, valgustundlikkus ja valge tasakaal automaatrežiimis ning fotod salvestati sensori maksimaalse resolutsiooniga  $5568 \times 4872$  pikslit. *GoPro* kaameraga kogutud fotode alusel teostati hiljem transekti klassifitseerimine lahtise punavetikakoosluse katvuse klassideks.



**Joonis 3.1.2.** LH Camera allveevideosüsteem. Vasakul on ekraaniga varustatud salvestus- ja juhtimisseade. Paremal on roostevabast terasest raami sees kaamera ja külgedel on valgustid. Raami esiosa külge on kinnitatud täiendavalt GoPro kaamera (vt joonis 3.1.3).



**Joonis 3.1.3.** GoPro kaamera kinnitatuna allveevideosüsteemi kaamera raami esiosa külge.

Transektidel liikumise trajektoore georefereerimiseks kasutati *Trimble R1* seadet. Tegemist on GNSS-vastuvõtjaga<sup>1</sup>, mis võimaldab kasutada GPS, GLONASS, Galileo ja BeiDou satelliidisüsteeme ning täiendavalt ka veel nii satelliidipõhiseid asukoha täpsuse parandamise süsteeme (SBAS, *satellite-based augmentation systems*) kui maapealseid tugijaamade süsteeme (RTK, *real-time kinematic*). Kuna SBAS tagas piisava ruumilise täpsuse (viga kuni 0,5 m), siis kasutati käesolevas töös seda süsteemi. SBAS eeliseks on see, et teenus ei vaja pidevat internetiühendust nagu RTK. *R1* väliarvutina kasutati veekindlat nutitelefoni *CAT41*, mis liidestub *R1*-ga *Bluetooth* abil. *R1* seadistamine ja juhtimine toimus *Trimble* tarkvara *GNSS Status*<sup>2</sup> abil. Liikumistrajektoore salvestamine toimus nutitelefonis vabavaralise tarkvara *GPSLogger*<sup>3</sup> abil, mis muu hulgas võimaldab seada asukohapunkte

<sup>1</sup> GNSS (*global navigation satellite system*) – üldine termin satelliidipõhisele navigatsioonisüsteemile; katab üldise terminina erinevaid süsteeme nagu GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou jt.

<sup>2</sup> GNSS Status, Trimble Inc., <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trimble.mcs.gnssstatus>

<sup>3</sup> GPSLogger for Android: A battery efficient GPS logging application, <https://gpslogger.app/>

salvestamise intervalli (antud töös kasutati 3 sekundit). Punktid salvestatakse koos kellaaajaga tabeli kujul ja salvestamise ajal saab lisada annotatsioone (tekstimärkmeid).

GoPro kaamera abil kogutud fotod klassifitseeriti arvuti ekraanilt visuaalselt hinnates kolme klassi:

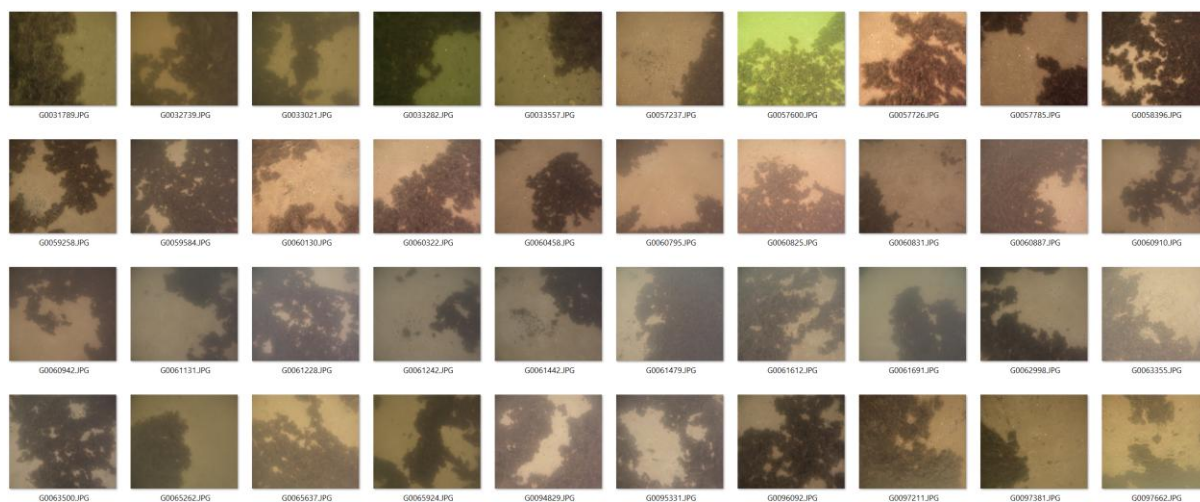
- kooslus puudub või on väga hõre (katvus alla 10%);
- laiguline kooslus, kus katvus on vahemikus 10 kuni 75%;
- lausuline kooslus, kus katvus ületab 75%.

Antud klassid töötati välja varasemas töös (TÜ Eesti mereinstituut 2020). See skaala valiti, et optimeerida ajakulu seoses visuaalse analüüsiga ja tagada samal ajal peamiste koosluse piirkondade – koosluse puudumine või väga hõre kooslus, laiguline servaala, lausuline – eristamine. Näited vastavate klasside fotodest 2023. aastal kogutud materjali põhjal on toodud joonisel 3.1.4.

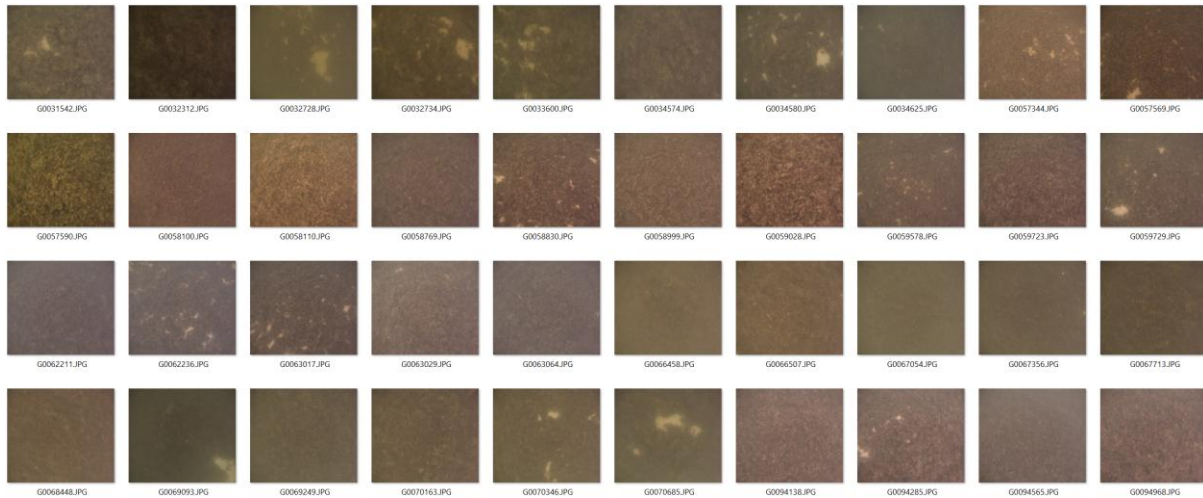
A



B



C

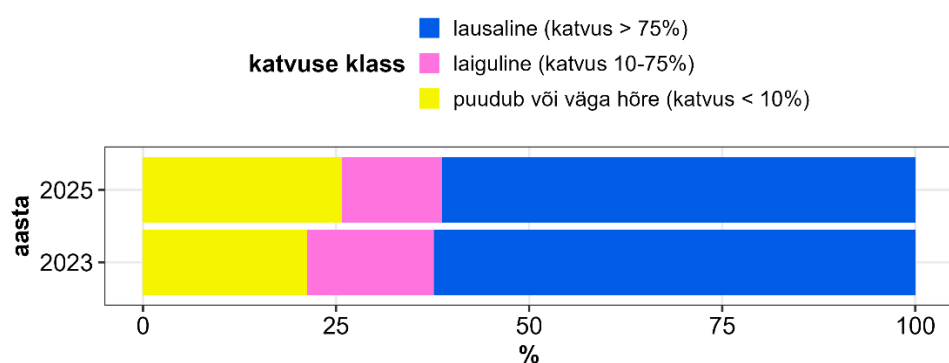


**Joonis 3.1.4.** Näited allveefotodest klassifitseerituna kolme klassi: A – kooslus puudub või on väga hõre (katvus alla 10%); B – laiguline kooslus, kus katvus on vahemikus 10 kuni 75%; C – lausaline kooslus, kus katvus ületab 75%. Fotod on tehtud 2023. a. välitöödel kaamerage *GoPro Hero 11 Black*.

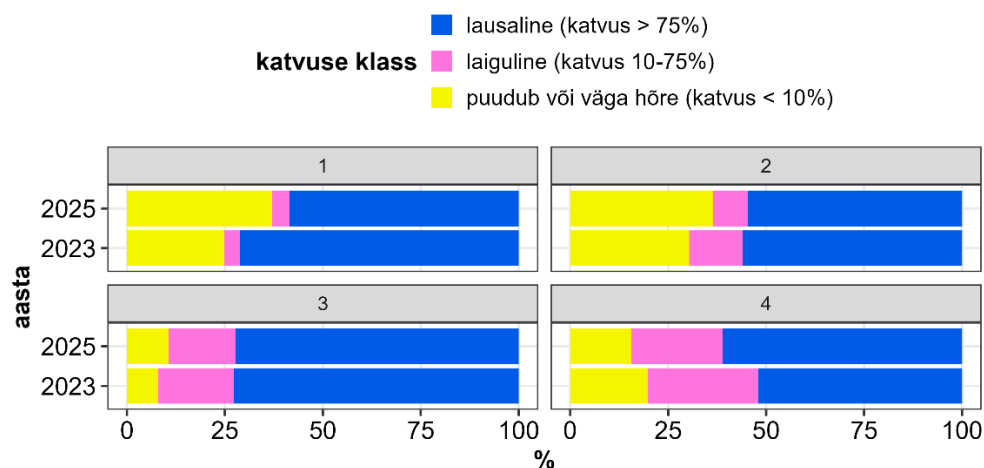
Allveefotode sidumine transektidel liikumise asukohalogidega toimus kuupäeva ja kellaaja põhjal. Fotode EXIF andmetest loeti foto jäädvustamise kuupäev ja kellaeg *ExifTool* tarkvara abil (Harvey 2023). Saadud kuupäeva ja kellaaja kaudu leiti igale transekti trajektoori geograafiliste koordinaatide logi punktile vastav foto. Fotode georeferimiseks seotud protseduurid ning katvuseklasside joonised teostati *R* programmeerimiskeeles (*R Core Team 2025*) arenduskeskkonnas *RStudio* (*RStudio Team 2025*). Lisaks *R* baasfunktsionaalsusele kasutati järgmisi pakette: *tidyverse* (Wickham et al 2019) tabelarvutusteks ja graafikuteks, *sf* (Pebesma 2018) geograafiliste vektorandmete töötlemiseks. Kaardid loodi tarkvaras *ArcGIS Pro* (*ESRI 2025*).

## 3.2. TULEMUSED

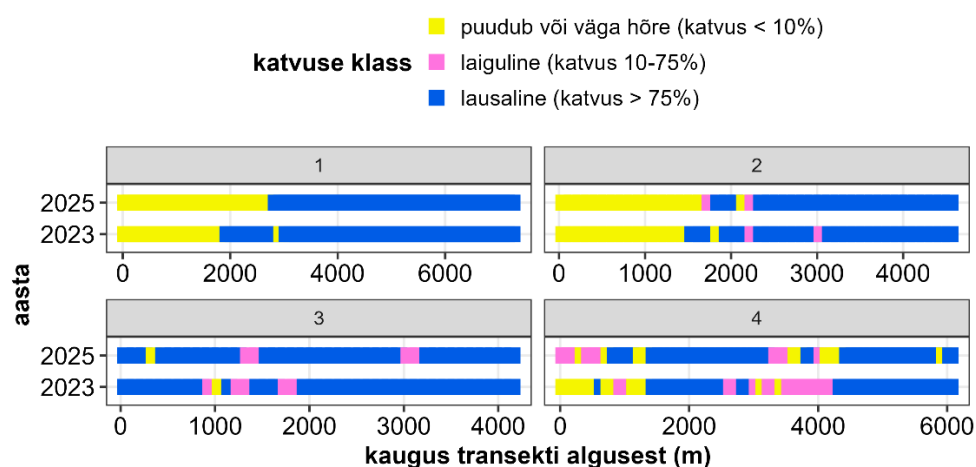
Üle kõigi nelja transekti oli kõige sagedamini esinev lahtise punavetikakoosluse katvuse klass „lausaline“, mida esines 61,3% transektide trajektoori logi punktides. Osakaalult järgnesid „puudub või väga hõre“ 25,7% ja „laiguline“ 12,9%. Võrreldes 2023. aastaga oli mõnevõrra suurenenud puuduva või hõreda katvuse klassiga punktide arv ja vähenenud laigulise katvuse klassiga punktide arv; lausalse katvuse klassiga punktide arv oli väga sarnane 2023. aastaga (joonis 3.2.1). Võrreldes eelmise seireuringuga (2023) oli puuduva või hõreda koosluse klassi osakaal suurenenud enim transektil nr 1, samas kui transektil nr 4 oli suurenenud lausalse koosluse klass (joonised 3.2.2, 3.2.3).



**Joonis 3.2.1.** Lahtise punavetikakoosluse katvuse klasside protsentuaalsed osakaalud üle kõigi transektide 2023. ja 2025. aastal.

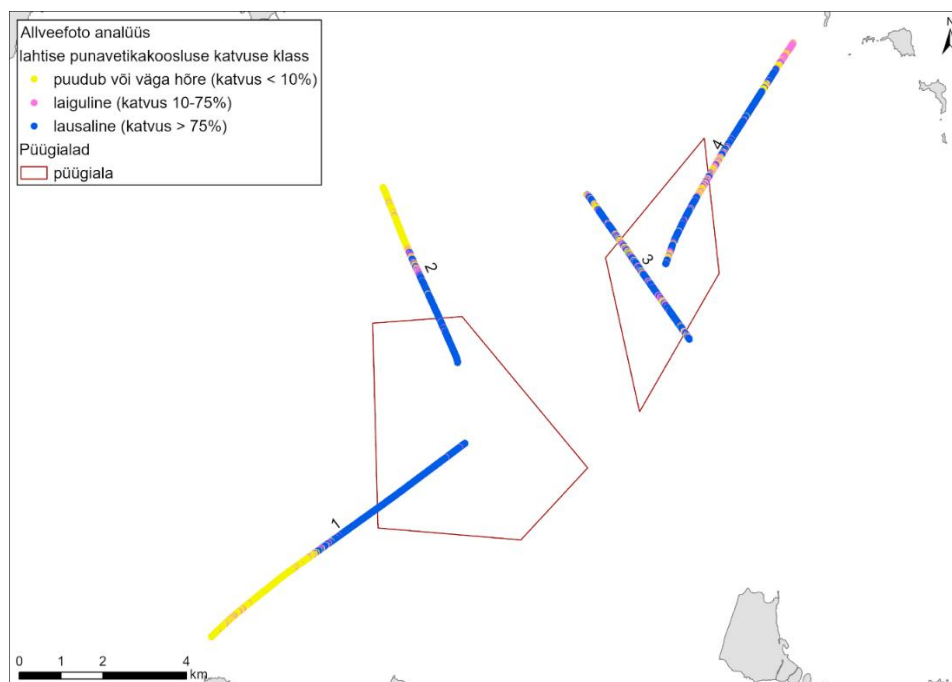


**Joonis 3.2.2.** Lahtise punavetikakoosluse katvuse klasside protsentuaalsed osakaalud transektidel 2023. ja 2025. aastal.

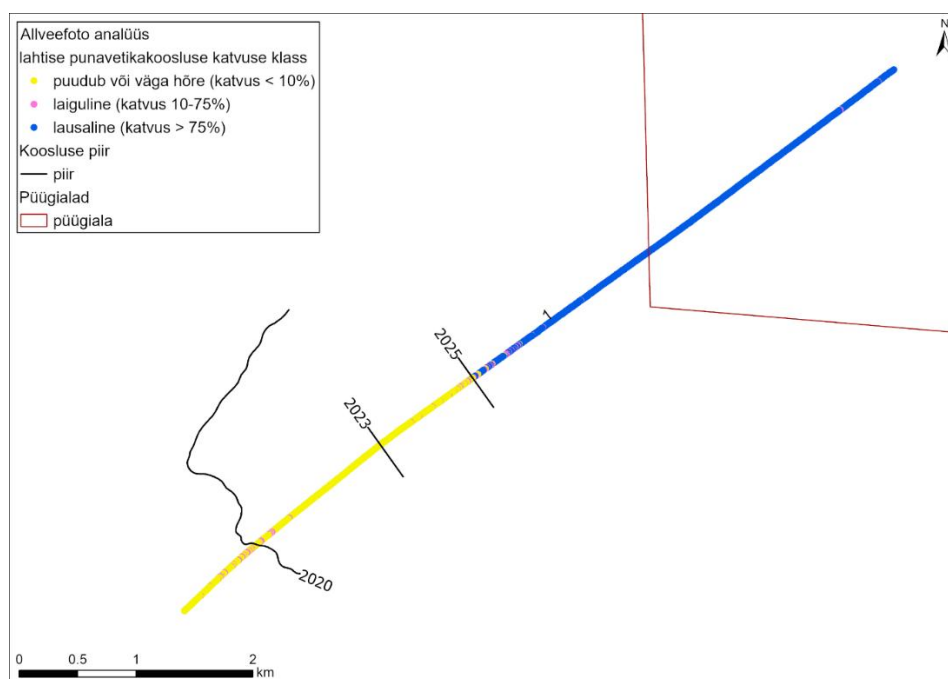


**Joonis 3.2.3.** Lahtise punavetikakoosluse katvuse klasside levik transektidel 2023. ja 2025. aastal. Transektide suund on toodud joonisel 3.1.1. Graafikul kuvamiseks on katvuse klassid agregeeritud 100 m sammuga valides igal 100 m lõigul enamlevinud klassi.

Joonisel 3.2.4 on toodud lahtise punavetikakoosluse katvuse klasside levik kõigil transektidel. Transektil 1 joonistus kõige selgepiirilisemalt välja punavetikakoosluse leviku piir. Ka 2019-2020 läbi viidud uuringus, kus kasutati nii hüdroakustilist meetodit (mitmekiireline sonar) kui ka allveevideot, leiti selles piirkonnas väga selgelt eristuv punavetikakoosluse piir. Võrreldes 2020. aastaga oli koosluse piir transekti 1 piirkonnas 2023. aastal nihkunud 1,3 km võrra ida poole (joonis 3.2.5). 2025. aastal oli piir nihkunud veelgi umbes 1 km võrra (joonis 3.2.5, 3.2.3).



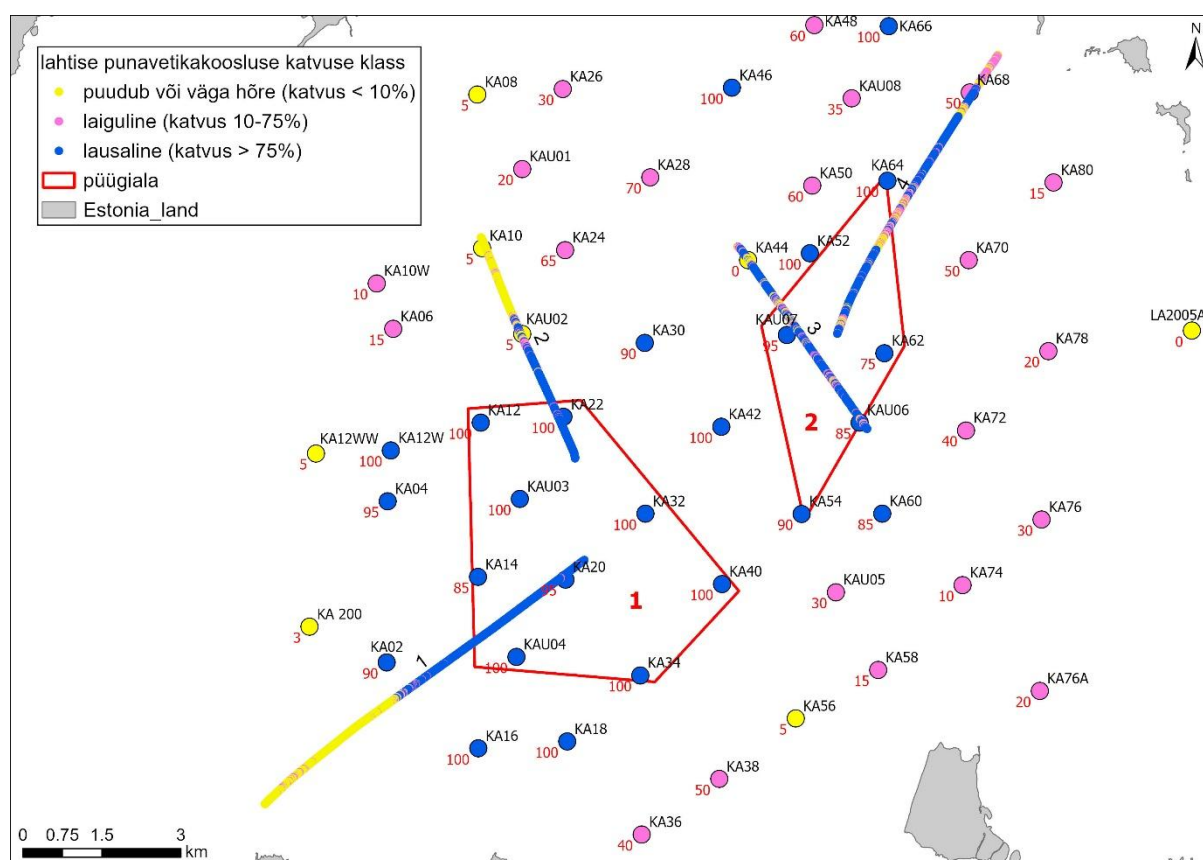
**Joonis 3.2.4.** Lahtise punavetikakoosluse katvuse klasside levik transektidel. Number näitab transekti numbrit.



**Joonis 3.2.5.** Lahtise punavetikakoosluse katvuse klasside levik transektil 1. Näidatud on koosluse leviku piir 2020., 2023. ja 2025. aastal.

### Allveetransektide uuringu järelused

- Soela väina piirkonnas (transekt 1) oli toimunud koosluse piiri nihkumine idapoole.
- Idapoolses koosluse osas (transekt 4) oli täheldatav lausalise koosluse osakaalu mõningane suurenemine võrreldes 2023. aastaga.
- Lausalise koosluse osakaal oli sarnane 2023. a. uuringu tulemustele.
- Allveetransektide uuringu tulemused kinnitasid punktipõhise meetodikaga saadud tulemusi üldkatvuse erinevuse kohta punavetikakoosluse levikualal, s.h teatavat püügialade vahelist erinevust (joonis 3.2.6).



**Joonis 3.2.6.** Kassari lahe lahtise punavetikakoosluse seirejaamade ja transektide 2025. a katvuste (ÜK) võrdlus; katvus seirejaamades on esitatud allveetransektide katvuse klassina; punaste numbritega on tähistatud punktipõhise (traditsioonilise) meetodiga saadud ÜK väärtused (%).

## 4. VÄLJAPÜÜGI SOOVITUSED 2026 JA 2027. AASTAKS

Vastavalt kalapüügieeskirjale (KPE §25 p. 5) võib alates 2024. aastast agarikku Kassari lahes püüda kahel eeskirjas fikseeritud püügi alal (vt joonis 1.2.1, 2.16, kus KPE püügi alad tähistatud numbritega 1 ja 2). Vastavalt KPE-le on keelatud püüda agarikku tragiga väljaspool ala (KPE\_P1), mis on piiritletud koordinaatidega 58°42.120'N, 22°51.780'E; 58°39.480'N, 22°52.020'E; 58°39.360'N, 22°55.560'E; 58°40.320'N, 22°57.180'E; 58°42.240'N, 22°54.000'E, ja väljaspool ala (KPE\_P2), mis on piiritletud koordinaatidega 58°43.020'N, 22°57.540'E; 58°42.840'N, 23°0.360'E; 58°44.580'N, 22°59.940'E; 58°41.040'N, 22°58.440'E. [RT I, 29.11.2023, 1 - jõust. 01.01.2024]

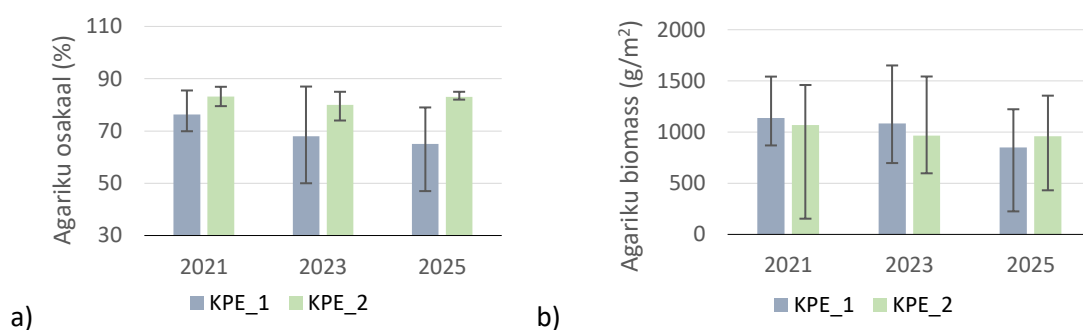
2025. a punavetikavarude seire käigus hinnati eraldi KPE püügi alade sobivust agariku väljapüügiks. Punavetikakooslust iseloomustavad näitajad on esitatud tabelis 4.1.

**Tabel 4.1.** KPE püügi alade punavetikakooslust iseloomustavad näitajad 2025. a. Nooltega ↑↓ on tähistatud muutuste suund võrreldes 2023. a seireandmetega (punaste nooltega on tähistatud kriitilised muutused agariku töenduslikuks väljapüügiks sobivuse kriteeriumites).

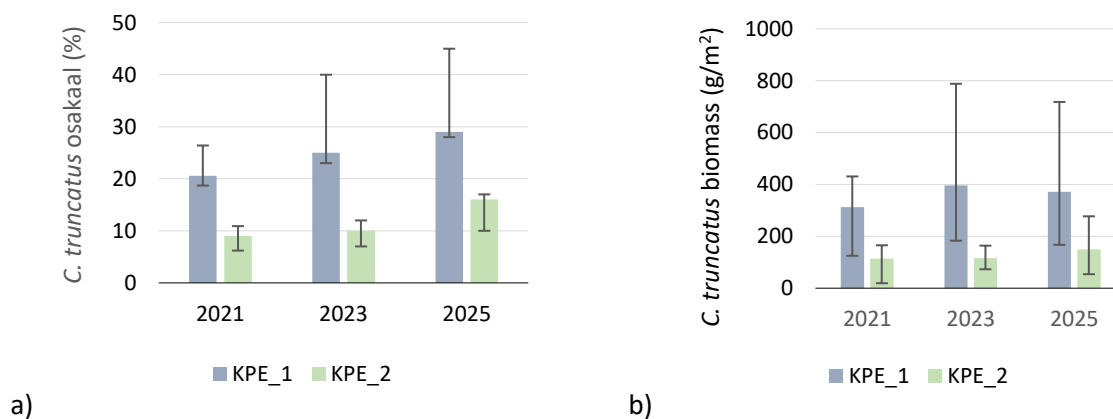
KPE püügi alal	keskmine KPE_P1/KPE_P2	maksimum KPE_P1/KPE_P2	miinimum KPE_P1/KPE_P2
Üldkatvus (%)	98↓/91	100/100	85/75
Vetikakihi paksus (cm)	6,2↑/5,1↓	8,0/6,0	3,5/4,0
Koosluse biomass (g m <sup>-2</sup> )	1317↓/1192↓	1757/2150	476/618
Agariku osakaal (%)	65↓/83↑	79/85	47/82
<i>C. truncatus</i> osakaal (%)	29↑/13↑	45/17	16/10
Muu osakaal (%)	6↓/4↓	12/6	2/2
Loomad (%)	6/3↓	12/5	2/2
Agariku biomass (g m <sup>-2</sup> )	850↓/960↑	1223/1356	225/431
<i>C. truncatus</i> biomass (g m <sup>-2</sup> )	372↑/150↑	718/277	167/54
Muu biomass (g m <sup>-2</sup> )	81↓/43↓	217/277	32/55
Loomad biomass (g m <sup>-2</sup> )	75↓/29↑	206/167	30/37

Tabelist 4.1. ilmneb, et püügi alade vahel esineb märkimisväärsed erinevusi bioloogilistes näitajates, mille alusel hinnatakse sobivust töenduslikuks väljapüügiks (vt kriteeriumid aruande alapeatükis 1.1 lk 8). Suurimad erinevused leiti agariku ja *C. truncatus* osakaalus: püügi alal 1 (KPE\_P1) oli agariku osakaal märgatavalt madalam (65% vs 83%) ja *C. truncatus* osakaal (29% vs 13%) vastavalt kõrgem kui püügi alal 2 (KPE\_P2). Sellest tulenevalt erines ka nii agariku kui *C. tenuicorne* keskmine biomass püügi aladel. Samas oli punavetikakoosluse keskmine üldkatvus püügi alal 1 (KPE\_P1) kõrgem kui püügi alal 2 (KPE\_P2), s.o vastavalt 99% ja 91%, mis vähendas püügi alade erinevust agariku keskmises ja maksimaalses biomassis arvatuna märgkaalus pindalaühiku kohta. Mõlemal püügi alal jäi agariku keskmine biomass 2025. aastal < 1000 g m<sup>-2</sup>. Erinevust üldkatvustes kahe püügi ala vahel kinnitasid ka videomeetodil saadud katvushinnangud (joonis 3.2.6).

Kuna praegune seirestrateegia, kus seiret viiakse läbi üle aasta ja püügisoovitused tuleb anda seetõttu kaheks seirele järgneva aastaks, ei võimalda täpselt prognoosida võimalikke muutusi püügi alade punavetikakoosluses, s.o eelkõige agariku osakaalus ja biomassis, siis tuleks agariku väljapüüki planeerides arvestada sellega, et kvaliteetne (s.o töendusliku väljapüügi kriteeriumitele vastav) vetikamaterjal ei ole KPEs kehtestatud püügi aladel jaotunud ühtlaselt. Võttes aluseks 2021., 2023. ja 2025. a punavetikaseire tulemused, paikneb nn kvaliteetsem (kõrgem agariku ja madalam *C. truncatus* osakaal biomassis) agariku biomass püügi alal 2 (KPE\_P2), kuid võib esineda erinevusi püügi ala piires (joonised 4.1–4.2).



Joonis 4.1. Agariku keskmine osakaal (a) ja biomass (b) ±miinimum/maksimum KPE püügi aladel 2021–2025. a.



Joonis 4.2. *Coccotylus truncatus* keskmine osakaal (a) ja biomass (b) ±miinimum/maksimum KPE püügi aladel 2021–2025. a.

Arvestades püügi alade erinevust punavetikakooslust iseloomustavate põhinäitajate osas (üldkatvus, agariku ja *C. truncatus* osakaal) **soovitame 2026. ja 2027. a lubada agarikku püüda mõlemal püügi alal.**

Lähtudes Kassari lahe lahtises punavetikakoosluses ja KPE kehtestatud püügi aladel toimunud muutustest ja hetkeseisundist, s.o eelkõige agariku osakaalu ja biomassi vähenemine nii lahtise punavetikakoosluse levikualal kui KPEs kehtestatud püügi piirkondades, **teeme ettepaneku kehtestada 2026 ja 2027. aastal töendusliku vetikavaru väljapüügilimiidiks 2000 tonni märgkaalus segus teiste vetikatega.**

## 5. KASSARI PUNAVETIKAVARU 2025. A SEIRE TULEMUSTE KOKKUVÕTE

- 2025. a. levis Kassari lahe kinnitumata punavetikakooslus kogubiomassiga hinnanguliselt 116 000 tonni ligikaudu 140 km<sup>2</sup> alal.
- 2025. a oli Kassari lahe punavetikakoosluse keskmine üldkatvus 72,4%, kusjuures 100% üldkatvus määrati 15 seirejaamas.
- Tuvastati Kassari lahe punavetikakoosluse levikuala vähene nihkumine idapoole.
- Vetikakihi keskmiseks paksuseks töendusliku punavetikakoosluse levikualal mõõdeti 5,5 cm. Traalimise tagajärjel tekkinud vetikavalle ei tuvastatud.
- 2025. a jätkus langustrend punavetikakoosluse keskmises biomassis, saavutades kogu võrdlusperioodi (2009 – 2025) madalaima taseme, s.o 828 g m<sup>-2</sup> märgkaalus.
- Agariku (*F. lumbricalis*) keskmine osakaal punavetikakoosluses on võrreldes 2023. a seiretulemustega tõusnud, v.a KPE püügalal 1. Märkimisväärselt, võrreldes 2019. aastaga on aga viimastel seireaastatel (2021–2023) langenud agariku keskmine biomass punavetikakoosluse levikualal (2019:808 g m<sup>-2</sup>→2025:546 g m<sup>-2</sup>).
- *C. truncatus* keskmine osakaal punavetikakoosluses jätkas tõusu saavutades 28% kogu punavetikakoosluse biomassist. Samas tuvastati märkimisväärselt langus muude punavetikakoosluses esinevate liikide (suurvetikad ja makrozoobentos) keskmises osakaalus, mis saavutas kogu võrdlusperioodi (2009 – 2025) madalaima taseme, s.o 8%.
- Töenduslikuks väljapüügi kriteeriumitele vastav vetikamass, kus agariku osakaal on ≥70% ning vetikakoosluse üldkatvus 100% määrati 2025. a ainult 6st jaamast.
- KPE püügalade vahel leiti märkimisväärsed erinevusi bioloogilistes näitajates, mille alusel hinnatakse sobivust töenduslikuks väljapüügiks, s.o koosluse üldkatvuses ja agariku osakaalus koosluses.
- Töendusliku vetikavaru soovituslikuks väljapüügilimiidiks 2026-2027. aastaks määrati 2000 tonni märgkaalus.

## 6. KASUTATUD KIRJANDUS

ESRI 2025. ArcGIS Pro. <http://esri.com>

TÜ Eesti mereinstituut (2020) Kassari lahe tööndusliku punavetikavaru uuringud ning kombineeritud metoodika väljatöötamine. Leping nr 4-1/19/47\_10.04.2019.

Harvey P (2025) ExifTool by Phil Harvey: Read, write and edit meta information. <https://exiftool.org>

Pebesma EJ (2018) Simple features for R: standardized support for spatial vector data. The R Journal 10(1), 439-446. <https://journal.r-project.org/archive/2018/RJ-2018-009/RJ-2018-009.pdf>

R Core Team (2025) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

RStudio Team (2023) RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>

Saluri, M., Kaldmäe, M., Tuvikene, R. 2019. Extraction and quantification of phycobiliproteins from red alga *Furcellaria lumbricalis*, Algal Research, 37, 115–123.

Wickham H et al (2019) Welcome to the Tidyverse. Journal of Open Source Software 4(43), 1686. <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.01686>

## LISA 1

Kassari lahe töendusliku punavetikavaru uuringu seirejaamade koordinaadid, sügavused ja põhja iseloom 2025. a.

Jaam	N	E	sügavus	Põhjasete ja kivid (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
KA 02	58°39,517'N	22°50,287'E	7,5	savi (100)
KA 04	58°41,164'N	22°50,251'E	8,0	peenliiv (60), savi (40)
KA 06	58°42,927'N	22°50,299'E	8,3	savi (99), väikesed kivid (1)
KA 08	58°45,338'N	22°51,878'E	6,1	peenliiv (35), savi (60)
KA 10	58°43,77'N	22°52,024'E	8,3	peenliiv (5), savi (94), suured kivid (1)
KA 10W	58°43,391'N	22°49,96'E	7,4	savi (80), peenliiv (15), suured kivid (1), väikesed kivid (4)
KA 12	58°41,986'N	22°52,049'E	8,1	savi (100)
KA 12W	58°41,686'N	22°50,296'E	7,6	savi (80), peenliiv (20)
KA 12WW	58°41,642'N	22°48,823'E	8,1	savi (100)
KA 14	58°40,409'N	22°52,048'E	8,3	savi (100)
KA 16	58°38,655'N	22°52,112'E	7,8	peenliiv (60), savi (40)
KA 18	58°38,741'N	22°53,854'E	7,9	savi (10), peenliiv (90)
KA 20	58°40,397'N	22°53,77'E	8,2	peenliiv (5), savi (95)
KA 22	58°42,058'N	22°53,678'E	7,8	savi (99), peal peenliiv (1)
KA 24	58°43,764'N	22°53,654'E	8,4	savi (80), peenliiv (15), kruus (5)
KA 26	58°45,409'N	22°53,554'E	7,3	peenliiv (29), savi (70), väikesed kivid (1)
KA 28	58°44,522'N	22°55,304'E	7,6	savi (50), keskmine liiv (25), väikesed kivid (15), suured kivid (5), kruus (5)
KA 30	58°42,828'N	22°55,253'E	8,0	peenliiv (20), savi (60), keskmine liiv (20)
KA 32	58°41,083'N	22°55,316'E	8,0	savi (90), peenliiv (10)
KA 34	58°39,43'N	22°55,269'E	7,9	savi (20), peenliiv (80)
KA 36	58°37,804'N	22°55,346'E	5,7	peenliiv (10), savi (90)
KA 38	58°38,383'N	22°56,85'E	5,8	peenliiv (90), savi (10)
KA 40	58°40,377'N	22°56,844'E	7,6	peenliiv (10), savi (90)
KA 42	58°41,983'N	22°56,782'E	7,2	peenliiv (20), savi (80)
KA 44	58°43,691'N	22°57,258'E	7,4	peenliiv (70), savi (30)
KA 46	58°45,451'N	22°56,89'E	7,2	peenliiv (80), savi (15), väikesed kivid (5)
KA 48	58°46,104'N	22°58,489'E	7,2	savi (60), peenliiv (34), väikesed kivid (5), suured kivid (1)
KA 50	58°44,462'N	22°58,499'E	6,8	peenliiv (45), savi (50), väikesed kivid (5)
KA 52	58°43,771'N	22°58,471'E	7,2	savi (10), peenliiv (90)
KA 54	58°41,106'N	22°58,39'E	7,0	peenliiv (80), savi (20)
KA 56	58°39,014'N	22°58,333'E	5,6	peenliiv (90), savi (10)
KA 58	58°39,523'N	22°59,938'E	5,5	peenliiv (100)
KA 60	58°41,121'N	22°59,969'E	6,3	peenliiv (85), suured kivid (5)
KA 62	58°42,762'N	22°59,965'E	6,5	jäme liiv (4), väikesed kivid (4), keskmine liiv (60), suured kivid (1), savi (30), kruus (1),
KA 64	58°44,524'N	22°59,975'E	6,9	peenliiv (90), savi (10)
KA 66	58°46,104'N	22°59,958'E	6,7	peenliiv (50), suured kivid (1), väikesed kivid (5), keskmine liiv (46)
KA 68	58°45,44'N	23°1,569'E	6,7	peenliiv (50), savi (50), väikesed kivid (5)
KA 70	58°43,724'N	23°1,597'E	6,3	peenliiv (99), suured kivid (1)
KA 72	58°41,984'N	23°1,596'E	5,9	peenliiv (80), savi (20)
KA 74	58°40,402'N	23°1,571'E	5,5	peenliiv (90), savi (10)
KA 76	58°41,084'N	23°3,103'E	5,3	peenliiv (85), suured kivid (10), väikesed kivid (5)
KA 76A	58°39,331'N	23°3,114'E	3,9	peenliiv (95), savi (5)
KA 78	58°42,807'N	23°3,189'E	5,4	peenliiv (95), väikesed kivid (5)
KA 80	58°44,53'N	23°3,242'E	6,3	peenliiv (80), suured kivid (15), väikesed kivid (5)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>KAU 01</b>	58°44,585'N	22°52,782'E	7,8	peenliiv (10), savi (80), väikesed kivid (10)
<b>KAU 02</b>	58°42,899'N	22°52,836'E	7,6	peenliiv (10), savi (80), väikesed kivid (5), suured kivid (5)
<b>KAU 03</b>	58°41,213'N	22°52,846'E	8,0	peenliiv (50), savi (50)
<b>KAU 04</b>	58°39,596'N	22°52,83'E	7,9	savi (100)
<b>KAU 05</b>	58°40,311'N	22°59,082'E	7,0	savi (25), peenliiv (70), väikesed kivid (5)
<b>KAU 06</b>	58°42,047'N	22°59,501'E	7,4	keskmise liiv (34), savi (60), väikesed kivid (4), suured kivid(1), jäme liiv (1)
<b>KAU 07</b>	58°42,931'N	22°58,045'E	6,5	peenliiv (50), savi (50)
<b>KAU 08</b>	58°45,36'N	22°59,249'E	6,3	peenliiv (80), savi (20)
<b>L2005A</b>	58°43,035'N	23°6,005'E	5,2	peenliiv (95), väikesed kivid (5)
<b>KA 200</b>	58°39,87'N	22°48,759'E	8,1	savi (100)

## LISA 2

Kassari lahe kinnitumata punavetikakooslust iseloomustavad kvantitatiivsed näitajad 54s  
proovijaamas 2025. a.

Jaam	Üldkatvus (%)	Kihi paksus (cm)	Koosluse biomass (g/m <sup>2</sup> )	Agariku osakaal (%)	Agariku biomass (g/m <sup>2</sup> )	<i>C. truncatus</i> osakaal (%)	Muu osakaal (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
KA 02	90	6,5	593	31,8	188	62,4	5,8
KA 04	95	4	916	48,0	439	40,5	11,5
KA 06	15	4	82	29,5	24	30,2	40,3
KA 08A	5	3	15	0,6	0	0,0	99,4
KA 10	5	4	17	35,6	6	22,2	42,3
KA 10W	10	4	25	13,1	3	0,0	86,9
KA 12	100	7	1632	67,1	1095	24,5	8,5
KA 12W	100	4	951	47,4	450	41,9	10,8
KA 12WW	5	4	28	42,5	12	32,5	25,0
KA 14	85	5	685	47,2	323	44,9	8,0
KA 16	100	5	907	53,7	487	39,2	7,1
KA 18	100	6	975	51,3	500	47,6	1,1
KA 20	95	6	1184	71,9	851	21,4	6,8
KA 22	100	8	1751	69,6	1219	18,0	12,4
KA 24	65	6	683	28,2	192	57,4	14,4
KA 26	30	8	143	22,3	32	0,6	77,1
KA 28	70	4	625	49,2	308	46,1	4,7
KA 30	90	5	887	44,6	395	47,8	7,7
KA 32	100	6	1372	52,6	722	44,8	2,5
KA 34	100	7	1562	66,1	1032	29,2	4,7
KA 36	40	3,5	251	67,0	168	25,2	7,7
KA 38	50	3,5	350	58,3	204	38,8	3,0
KA 40	100	3,5	910	79,3	722	16,3	4,4
KA 42	100	6	1575	65,0	1024	26,2	8,8
KA 44	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0
KA 46	100	10	1055	43,1	455	40,0	16,9
KA 48	60	5	607	70,4	427	26,6	3,0
KA 50	60	6	440	79,1	348	19,9	1,0
KA 52	100	6	1661	81,7	1356	16,7	1,6
KA 54	90	4,5	800	81,5	652	14,6	3,9
KA 56	5	4	39	68,7	27	18,4	12,9
KA 58	15	3,5	55	63,6	35	19,4	17,0
KA 60	85	6	795	77,9	619	18,0	4,1
KA 62	75	5	566	83,9	475	10,5	5,6
KA 64	100	5	1404	84,8	1191	9,9	5,2
KA 66	100	10	1516	71,4	1082	22,4	6,1
KA 68	50	7	657	78,3	515	17,6	4,1
KA 70	50	5,5	441	84,0	370	13,0	3,0
KA 72	40	5	376	76,9	289	15,5	7,5
KA 74	10	4	67	51,7	35	20,1	28,2
KA 76	30	4	126	54,7	69	23,8	21,4
KA 76A	20	0	0	0,0	0	0,0	0,0
KA 78	20	5	172	76,4	131	15,8	7,8
KA 80	15	4	118	66,6	78	18,4	14,9
KAU 01	20	4	200	62,5	125	1,4	36,1
KAU 02	5	3	40	31,5	13	66,1	2,5

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<b>KAU 03</b>	100	6	1404	68,6	963	29,0	2,4
<b>KAU 04</b>	100	7	1350	58,6	791	36,2	5,2
<b>KAU 05</b>	30	10	349	74,6	260	21,2	4,2
<b>KAU 06</b>	85	6	1566	83,5	1308	13,9	2,6
<b>KAU 07</b>	95	4	1157	83,7	968	11,3	5,1
<b>KAU 08</b>	35	2	221	71,8	158	22,4	5,8
<b>L2005A</b>	10	0	0	0,0	0	0,0	0,0
<b>KA 200</b>	3	3	13	80,2	11	10,1	9,7

### LISA 3

Secchi läbipaistvus, veetemperatuur ja hapniku sisaldus põhjakihis Kassari lahe punavetikakoosluse levikuala erinevates seirejaamades 2025.a.

Jaam	Secchi läbipaistvus (m)	Vee temperatuur (°C)	O <sub>2</sub> sisaldus põhjakihis (mg/l)
(1)	(2)	(3)	(4)
KA 02	4,2	17,6	8,8
KA 04	4,2	18,3	8,5
KA 06	3,8	18,7	8,5
KA 08A	4,5	21,1	9,3
KA 10	4,0	18,5	9,1
KA 10W	4,0	20,1	9,0
KA 12	4,1	18,2	8,9
KA 12W	4,0	18,4	8,9
KA 12WW	4,1	19,0	8,7
KA 14	4,5	18,0	9,0
KA 16	3,9	17,6	9,2
KA 18	4,0	17,7	9,4
KA 20	4,8	17,8	9,1
KA 22	4,2	18,4	9,3
KA 24	4,5	18,3	8,6
KA 26	4,2	17,9	8,2
KA 28	3,5	18,1	8,5
KA 30	3,8	17,9	8,8
KA 32	3,3	17,8	9,1
KA 34	4,0	17,7	9,5
KA 36	2,9	17,6	9,5
KA 38	3,0	18,1	9,6
KA 40	3,3	18,6	9,3
KA 42	3,7	20,8	9,0
KA 44	3,5	19,9	9,3
KA 46	2,7	17,4	8,6
KA 48	2,9	17,4	8,8
KA 50	2,0	17,5	9,2
KA 52	3,5	18,9	9,3
KA 54	3,2	17,9	9,5
KA 56	3,0	18,6	9,4
KA 58	3,0	18,2	9,5
KA 60	2,8	20,0	9,2
KA 62	3,2	20,5	9,1
KA 64	2,5	17,5	9,0
KA 66	2,8	17,5	9,0
KA 68	2,5	17,5	8,9
KA 70	3,3	20,3	9,2
KA 72	2,9	21,1	9,1
KA 74	2,7	19,0	9,5
KA 76	2,9	19,1	9,5
KA 76A	3,0	19,6	9,5
KA 78	2,5	20,4	9,0
KA 80	1,9	17,5	9,0
KAU 01	4,3	18,3	8,5
KAU 02	4,0	18,9	9,0

(1)	(2)	(3)	(4)
<b>KAU 03</b>	4,2	18,7	9,3
<b>KAU 04</b>	4,3	18,0	9,1
<b>KAU 05</b>	2,3	17,4	9,2
<b>KAU 06</b>	3,5	18,6	9,3
<b>KAU 07</b>	3,2	21,1	9,1
<b>KAU 08</b>	2,7	18,0	9,4
<b>L2005A</b>	2,0	19,1	9,4
<b>KA 200</b>	4,5	18,6	9,1