



Tartu Ülikool
Eesti Mereinstituut

Pärnu- ja Liivi lahe kirdeosa töönduskalade noorjäreude uuring

Töövõtuleping nr 4-1/22/14 lõpparuanne 2022 aasta kohta

Pärnu 2023

SISUKORD

Sissejuhatus	3
2. Materjal ja Metoodika.....	4
2.1. Välitööde aeg, maht ja iseloom	4
2.2. Andmetöötlus.....	8
3. Tulemused.....	9
3.1. Vee keskkonna tegurite sesoonne dünaamika Liivi lahe kirdeosas.....	9
3.2. Vee keskkonna dünaamika Pärnu jões meritindi koelmualadel	15
3.3. Pikaajaline dünaamika.....	17
3.4. Kalavastsete liigiline koosseis	19
3.5. Meritindi vastsed Pärnu jões.....	19
3.6. Meritindi saakide prognoosimine vastsete arvukuse ja veetemperatuuride alusel .	21
3.6. Mudila noorjärkude esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika	24
3.7. Räimevastsete esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika	25
3.8. Räimevastsete arvukuse dünaamika erinevates arengustaadiumites ja seos täiendiga	27
4. Kokkuvõte.....	31
5. Kasutatud kirjandus.....	34

Sissejuhatus

Keskkonnatingimused kalade kude- ja turgutuseladel, *sh* temperatuur, soolsus, hapnik, esmaproduksioon ning toidu ja vaenlaste olemasolu/puudumine, on olulised tegurid mis määravad tekkiva kalapõlvkonna suuruse. Kalavastsete ja neile sobivate toiduobjektide ajalis-ruumilise leviku kattumine ja vajaliku toidubaasi olemasolu panevad aluse arvukale kala järglaskonnale. Sel juhul on kalavastsete kasv kiirem ning nende looduslik suremus jällegi väiksem. Seevastu halvad toitumistingimused vastsestaadiumis, ja sellest tingitud suur looduslik suremus, on kesise täiendi tekke põhjuseks.

Kalavarude täiend varieerub suurel skaalal aastate vahel. Täiendi arvukuse korrektne prognoosimine nõuab iga-aastaseid katkematuid ökosüsteemi erinevate komponentide uuringuid. Sealjuures, lähtuvalt ökosüsteemi muutustest, muutuvad ka üksikute survetegurite mõju suunad ja tugevus kalavarude täiendile. Kalavarude suuruse ja saakide prognoosimine omab seega fundamentaalset tähtsust kalavarude pikaajalise säästliku haldamise korraldamisel. Selle esimeseks etapiks on just kalavastsete ja nende elukeskkonna tingimuste uuringud koos vastavate seaduspärasuste ja omavaheliste suhete selgitamise ja mõistmisega. Saadav teave moodustab ühe osa kalavarude ökosüsteemipõhisest majandamisest.

Pärnu laht ning sellega külgnevad alad on ajalooliselt olnud mitmetele Liivi lahe töõnduskalade, nagu näiteks kevadkuduräim, meritint, koha ja ahven, väga oluline paljunemis- ja noorjarkude turgutusala. Uuringuid kalavastsete ja nende toiduobjektide leviku, arvukuse dünaamika ja seoste kohta ümbritsevate keskkonnatingimustega alustati juba 1940-ndate aastate lõpul. Sellised unikaalsed pikaajalised andmed on aluseks mõistmaks ökoloogilisi mehhanisme, mis struktureerivad reproduktsiooni edukust. Põhirõhk on olnud Liivi lahe olulisimal ja rahvusvaheliselt majandataval töõnduskalal – räimel. Samas hõlmasid uuringud ka teisi, nii töõndus- (meritint, ahvenlased) kui ka mittetöõnduskalu (*nt* mudilad ja väike tobias). Käesolev aruanne (i) selgitab räimevastsete ajalis-ruumilist levikut ja arvukuse dünaamikat, (ii) uurib meritindi vastsete arvukust Pärnu jões, (iii) võrdleb saadud tulemusi varasematega ja selgitab võimalike muutuste põhjusi arvestades nii elus- (toidubaas) kui ka eluta keskkonna olulisimaid parameetreid, (iv) hindab toimunud muutuste mõju töõnduslike kalavarude seisundile.

1. Töö täitjad

Timo Arula, PhD

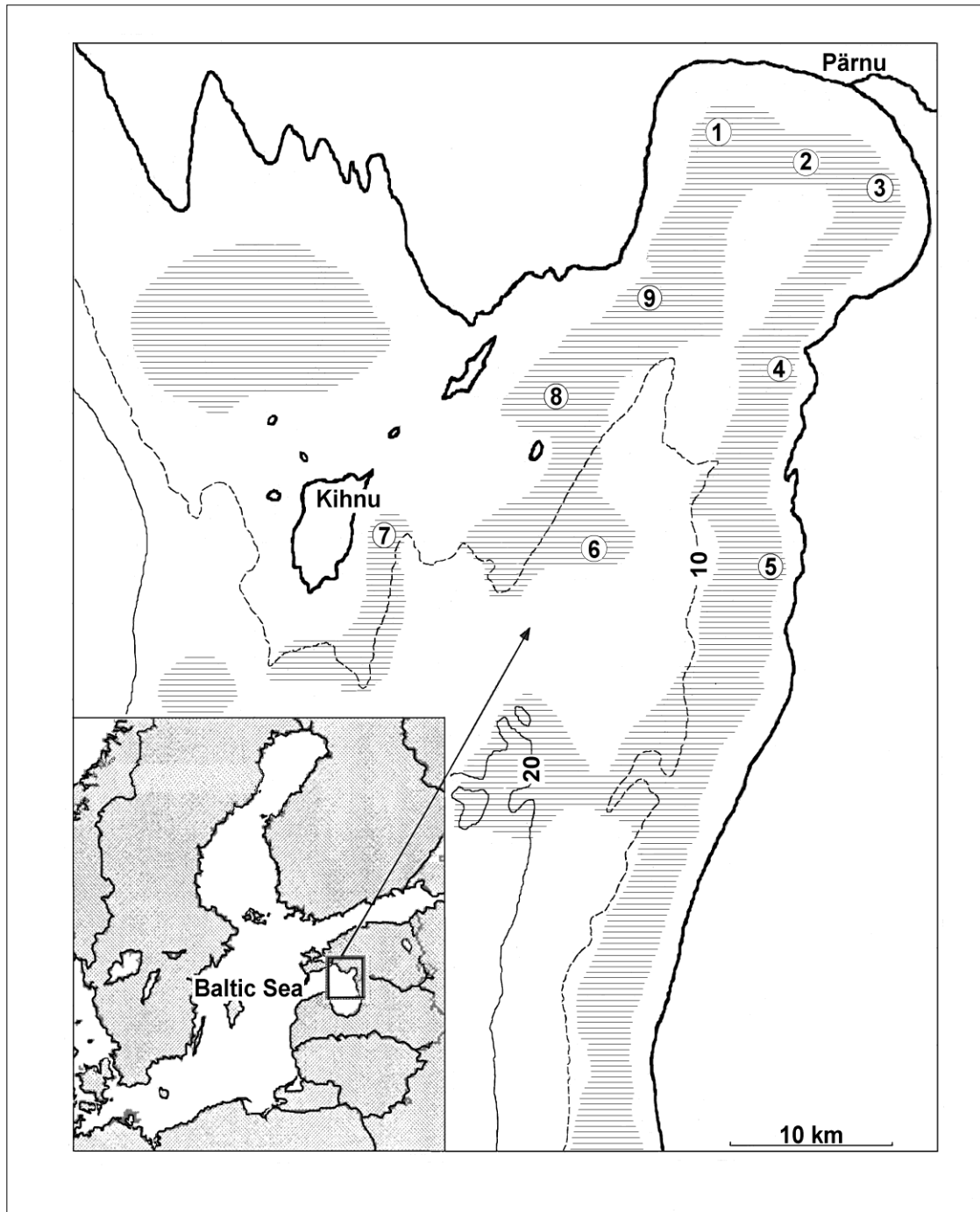
Viktor Kajalainen, MSc

2. Materjal ja Metoodika

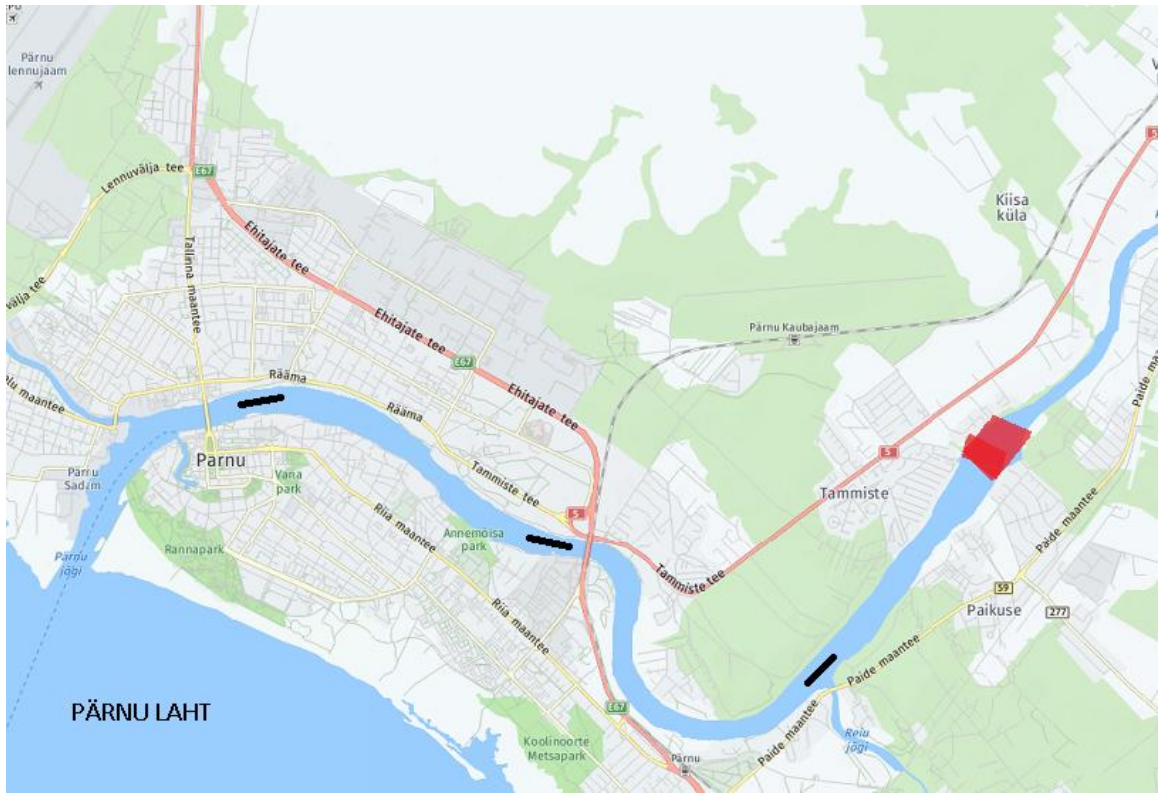
2.1. Välitööde aeg, maht ja iseloom

Kalavastsete püük 2022. aastal toimus maist juulini Liivi lahe kirdeosa 9. jaamas (84 traalimist) ning mais Pärnu jõel kolmes jaamas (12 traalimist) (joonised 1 ja 2; tabel 1). Tööde ajalisel planeerimisel võeti aluseks räimevastsete esinemine Liivi lahe kirdeosas ja meritindi vastsete esinemine Pärnu jões asuvates statsionaarsetes seirejaamades. Töid tehti laevaga 'Fortuuna'. Igal reisil mõõdeti tuule suund, hinnati selle tugevust ning mõõdeti/määrati merekeskkonna seisundit iseloomustavad olulisemad näitajad (vt. allpool). Kalavastseid püüti vee pinnakihist Henseni traaliga (traali suuava läbimõõt 80 cm, traalimise aeg 10 minutit ja laeva kiirus ca 2 sõlme). Proovid fikseeriti 4 % formaliinilahuses.

Eluta keskkonna parameetritest mõõdeti igal nädalal vähemalt kolmes punktis merevee soolsus (‰), veetemperatuur (°C), hapniku sisaldus (mg/l) ja klorofüll a (chl_a, µg/l) kontsentratsioon. Mõõtmised toimusid CTD sondi vertikaalsel sukeldamisel pinnast põhjani ning väärtused salvestati kahesekundilise intervalliga.



Joonis 1. Kalavastsete püügi asukohad Pärnu lahel ja Liivi lahe kirdeosas: 1 – Audru, 2 – Pärnu poi, 3 – Uulu, 4 – Tahku, 5 – Timmkanal, 6 – Palva poi, 7 – Kihnu, 8 – Sorgu ja 9 – Liu. Viirutatud alad tähistavad räime koelmuualasi.



Joonis 2. Meritindivastsete püügi asukohad Pärnu jões (must joon) ja indikatiivne koelmuala (punasega).

Tabel 1. Kalavastsete püügi asukohtade koordinaadid Liivi lahes.

Jaam	Koordinaadid	
Pärnu poi	58° 20'	24° 26'
Audru	58° 22'	24° 22'
Liu	58° 16'	24° 19'
Sorgu	58° 13'	24° 13'
Kihnu	58° 08'	24° 05'
Palva poi	58° 07'	24° 14'
Timmkanal	58° 08'	24° 24'
Tahku	58° 15'	24° 27'
Uulu	58° 19'	24° 31'

2.2. Andmetöötlus

Räime-, meritindi ja mudilavastsete pikaajalise arvukuse (isendeid 10 minutilises püügis) väärtused on arvatud reisi kohta kui kalavastseid esines püükides arvukamalt (>5 isendit püügis) vähemalt ühes jaamas. Väärtus on toodud kas püügiperioodi aritmeetilise keskmisena või mediaanina. Mediaani kasutati juhul kui arvukuse sesoonne dünaamika ei olnud normaaljaotusega ning väärtuste jaotus oli olulise vasak- või parempoolse asümmeetriaga. Vajadusel, *st* kui üksiku punkti hajuvus on erakordselt suur, on kasutatud naturaall-logaritmilist teisendust uuritava parameetri kirjeldamiseks.

Aastatel 2004-2014 kogutud räimevastset skaneeriti ZooScan (<http://www.hydroptic.com/zooscan.html>) abil ning hiljem loodi räimevastsetest arvutis elektroonilised kataloogid, kus iga indiviidi kehapikkus pildilt mõõdeti. Aastatel 2015-2021 mõõdeti räimevastset binokulaariga Stemi 2000-CS. Igast püügist mõõdeti 200 räimevastset või kõik püütud isendid, kui neid oli vähem kui 200. Räimevastsete kehapikkus mõõdeti ninaotsast kuni kehaosa lõpuni ($SL \pm 0.1$ mm) kasutades vabavaralist tarkvara 'Image J'.

Tulenevalt räimevastsete arengust ja seetõttu suurel skaalal varieeruvast suremuse määra, jagati vastsed pikkusrühmadesse N10, N15 ja N20. Iga pikkusrühma indeks tähistab räimevastsete summaarset arvukust vastavas pikkusrühmas, mis realiseerus kalendrinädalatel 18-32, ehk ajavahemikul, kui räimevastseid traaliti. Indeks tähistab vastava pikkuseni ellu jäänud räimevastsete koguhulka ruutmeetri kohta (N10 tähistab räimevastsete pikkusrühma <10.0 mm, N15: 10.1-15.0 mm ja N20: 15.1 mm >). Indeksi arvutamisel on lähtutud räimevastse keskmisest päevasest kasvust (mm/päevas) kohordis kahe reisi vahel (detailne meetodika kirjeldus on toodud Oeberst jt. 2009). Meetodika, mida Liivi lahe räime jaoks kasutame, on välja töötatud ICES HAWG (Herring Assessment Working Group) poolt ja rakendatud alates 2008. aastast Greifswaldi lahes Läänemere lääneosa kevadkuderäime varude suuruse hindamiseks. Liivi lahe kevadräime täiendi, *st* 1-aastaste räimede arvukust (edaspidi: täiend) prognoosime sellisel meetodil alates 2017. a, kus N20 pikkusrühmas vastseid seostame ICES WGBFAS 2022 aruandest võetud täiendi arvukusega (ICES 2022). WGBFAS 2022 aasta aruandes on kajastatud 2021 aastal 1-aastaste räimede arvukust, mis koostus räimevastsetena (N20) 2020. aastal. Varasematel

aastatel korreleerisime räimevastsete arvukust Liivi lahe räime hüdrakustika uuringu alusel arvutatud täiendi arvukusega, kuid viimastel aastatel ei ole aruande esitamise hetkeks seda väärtust veel välja arvutatud. Selleks, et prognoosida 1-aastaste räimede arvukust räimevastsete (N20) arvukuse alusel, on täiendi arvukus nihutatud üks aasta varasemaks ehk täiendi koorumise aastale. See info on sisendiks täiendi prognoosimisel 2022. ja 2023. aastaks.

3. Tulemused

3.1. Vee keskkonna tegurite sesoonne dünaamika Liivi lahe kirdeosas

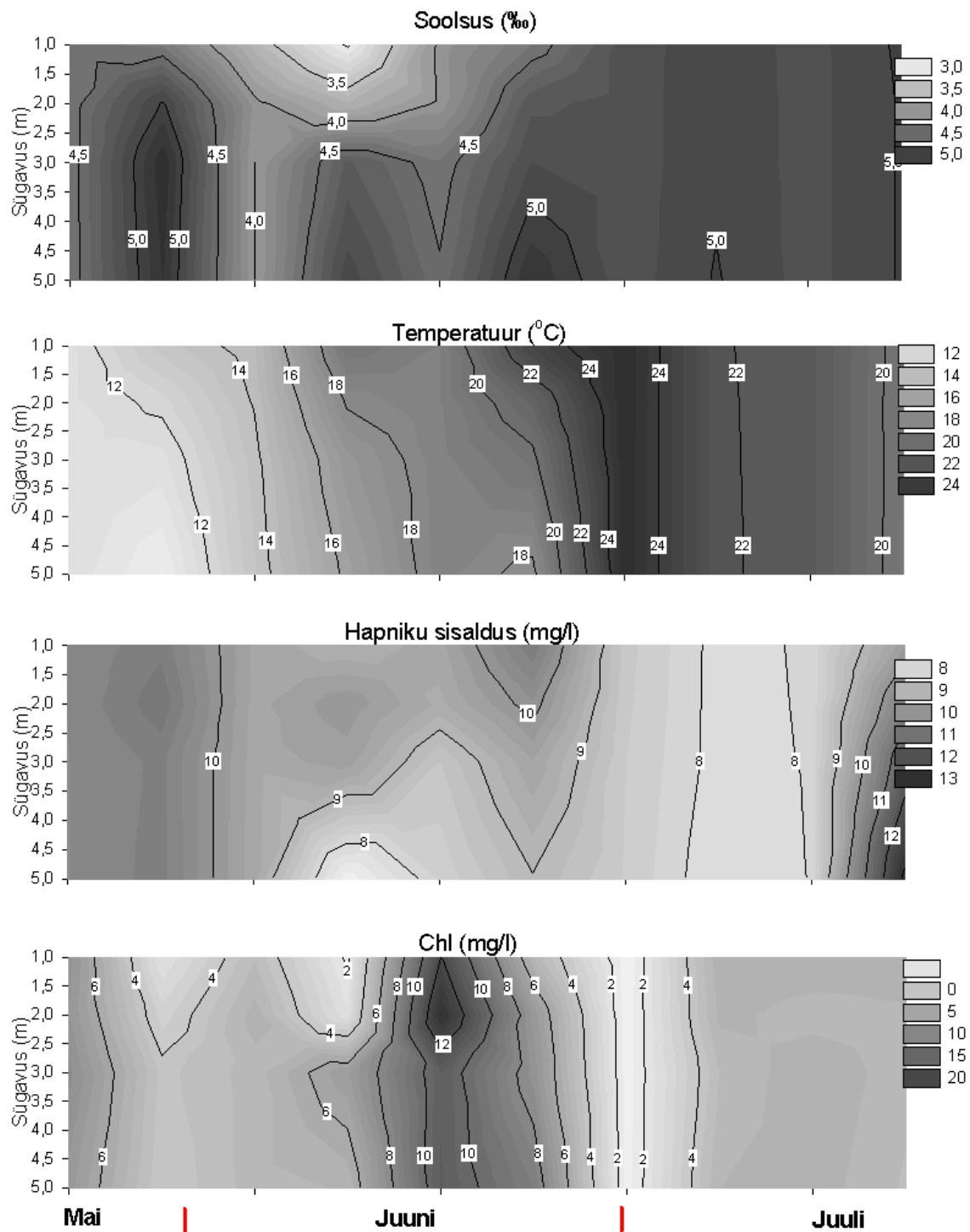
Pärnu lahe ja Liivi lahe kirdeosas mõõdeti 2022. a. vee soolsust, temperatuuri, hapniku sisaldust, chl *a* sisaldust igal reisil kolmel transektil lähtudes erinevustest hüdroloogias suunal Pärnu lahe sopp → lahe keskosa → lahe välisosas.

Soolsus varieerus uurimisperioodil vahemikus 3.0-6.0 PSU, sealjuures madalaimad soolsuse väärtused registreeriti lahe sopis juuni keskel ning kõrgeimad lahe välisosas viimastel reisidel (joonis 3a-c). Kõigis kolmes piirkonnas võib täheldada kasvutrendi soolsuse väärtustes maist juulini. Samuti on täheldatavad soolsuse mõnevõrra kõrgemad väärtused sügavamates veekihtides.

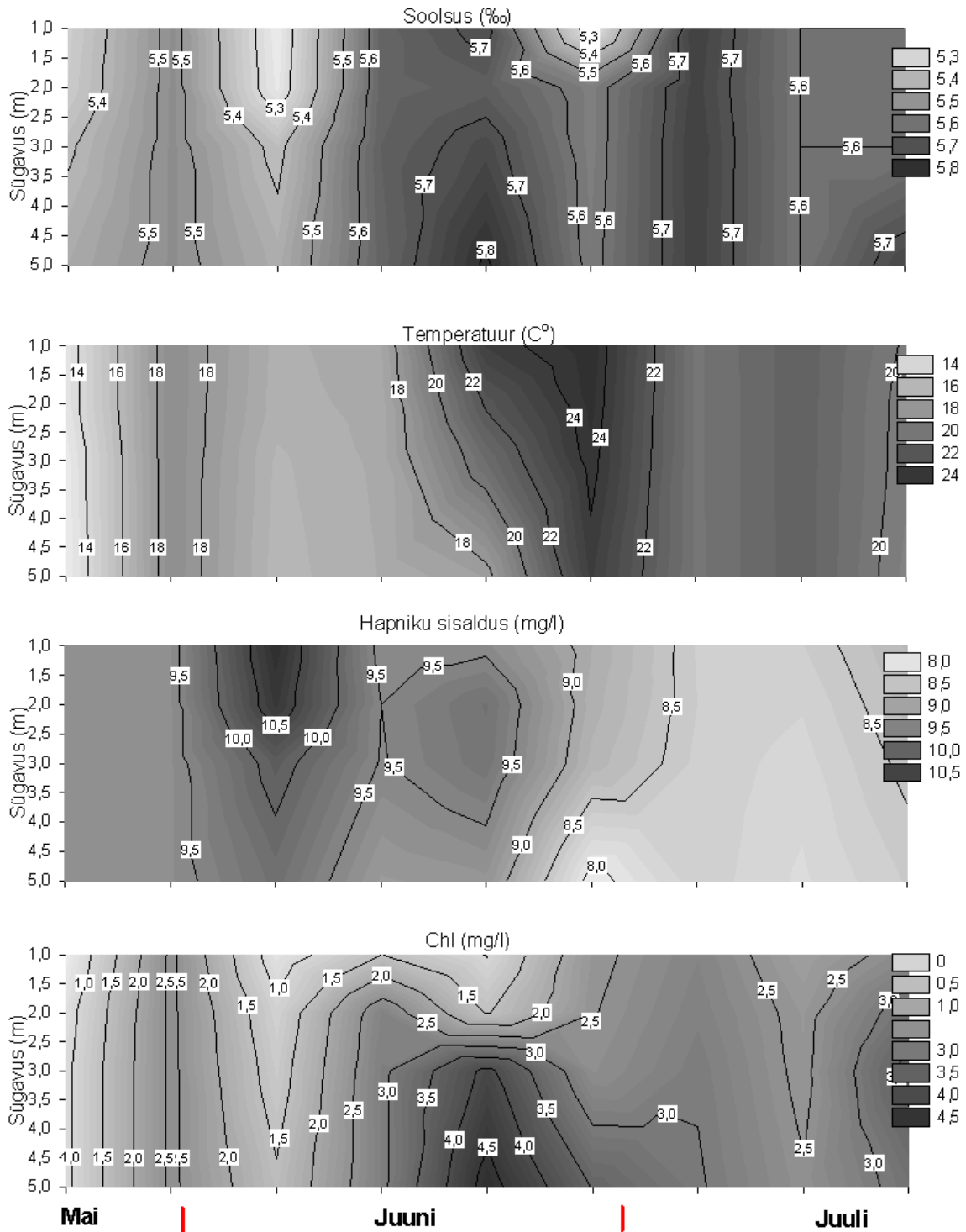
Veetemperatuur tõusis mai keskpaigast kuni juuli alguseni ja langes seejärel. Mai keskel olid veetemperatuurid ca 10 kraadi ja juuli alguses >25 kraadi (joonis 3a-c). Palva mõõtmispunkt, kus vee sügavus ulatub 10. meetrini oli veetemperatuur juulis pinnalähedastes kihtides ligi 10 kraadi soojem, kui põhjalähedastes veekihtides.

Hapnikusisaldus varieerus vahemikus 5.4-13.2 mg/l ning suurimad väärtused registreeriti esimestel reisidel (joonis 3a-c). Kuna tegemist on suhteliselt madala rannikumere piirkonnaga, kus veekihid on veepinnast põhjani hästi läbi segatud, siis selgelt välja joonistuvat hapniku hüppelist muutust vertikaalsel skaalal ei täheldatud.

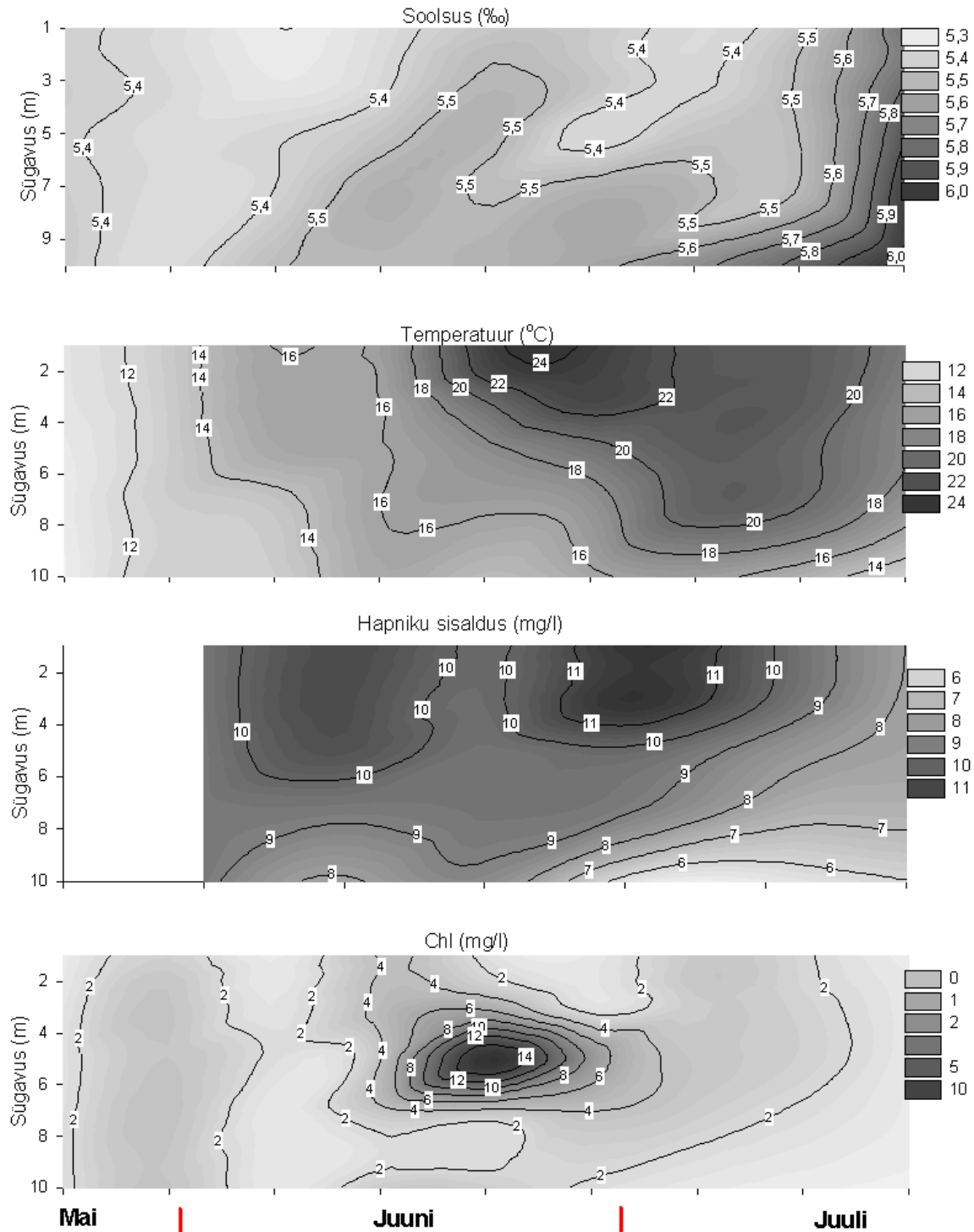
Chl *a* kontsentratsioon varieerus vahemikus 0.2-15.7 µg/l. Kui võrrelda Chl *a* väärtusi vertikaalsel skaalal, siis selgeid mustreid väärtustes ei olnud (joonis 3a-c). Mõnevõrra suuremad Chl *a* väärtused ilmnesisid juuni keskel lahe siseosas, võrrelduna lahe kesk- ja välisosaga.



Joonis 3a. CTD sondiga mõõdetud soolsuse, temperatuuri, hapnikusisalduse ja klorofüll *a* sesoone dünaamika vertikaalne profiil pinnast põhjani (0-5 m) Pärnu lahe põhjapoolses osas (Poi jaam) 2022.a.

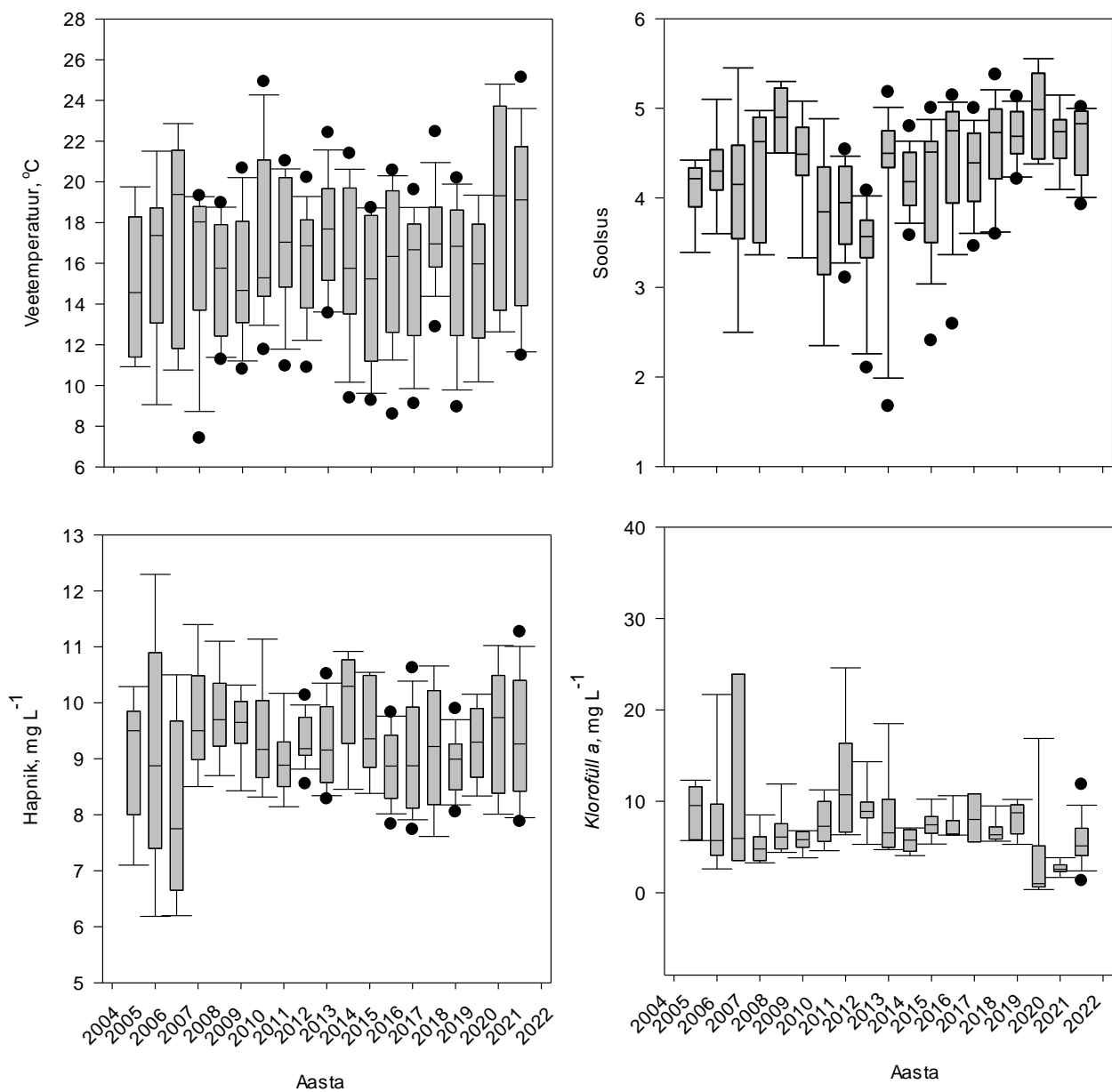


Joonis 3b. CTD sondiga mõõdetud soolsuse, temperatuuri, hapnikusisalduse ja klorofüll *a* sesoonse dünaamika vertikaalne profiil pinnast põhjani (0-5 m) Pärnu lahes Sorgu jaamas 2022.a.



Joonis 3c. CTD sondiga mõõdetud soolsuse, temperatuuri, hapnikusisalduse ja klorofüll *a* sesoonse dünaamika vertikaalne profiil pinnast põhjani (1-10 m) Pärnu lahes Palva jaamas 2022.a.

Pikaajalisel skaalal (2004-2022 a) toimunud muutusi iseloomustab ulatuslik aastatevaheline varieeruvus Poi jaamas (joonis 4A-D). Kõige soojem aasta oli 2006 ja jahedaim 2015. a. Käesoleval, 2022. a oli veetemperatuur sarnane 2006. a. Perioodi kõige soolasem vesi kalavastsete arengu ajal registreeriti 2020. a (5.0) ja madalaim väärtus 2012. a (3.5). Viimasel, 2022. a oli soolsus taas kõrge ja võrreldav viimaste aastate väärtustega. Hapniku sisaldus vees varieerus 7.7-10.3 mg L⁻¹ (2006. ja 2014. a, vastavalt). Klorofüll *a* mediaanväärtused kalendrinädalatel 18-30 varieerusid 1-11 mg L⁻¹, kus kõrgeim väärtus registreeriti 2011. a. ja madalaim 2021 a. Kumbki väärtus varieerus viimasel uuritud aastal pikaajalise keskmise piires.

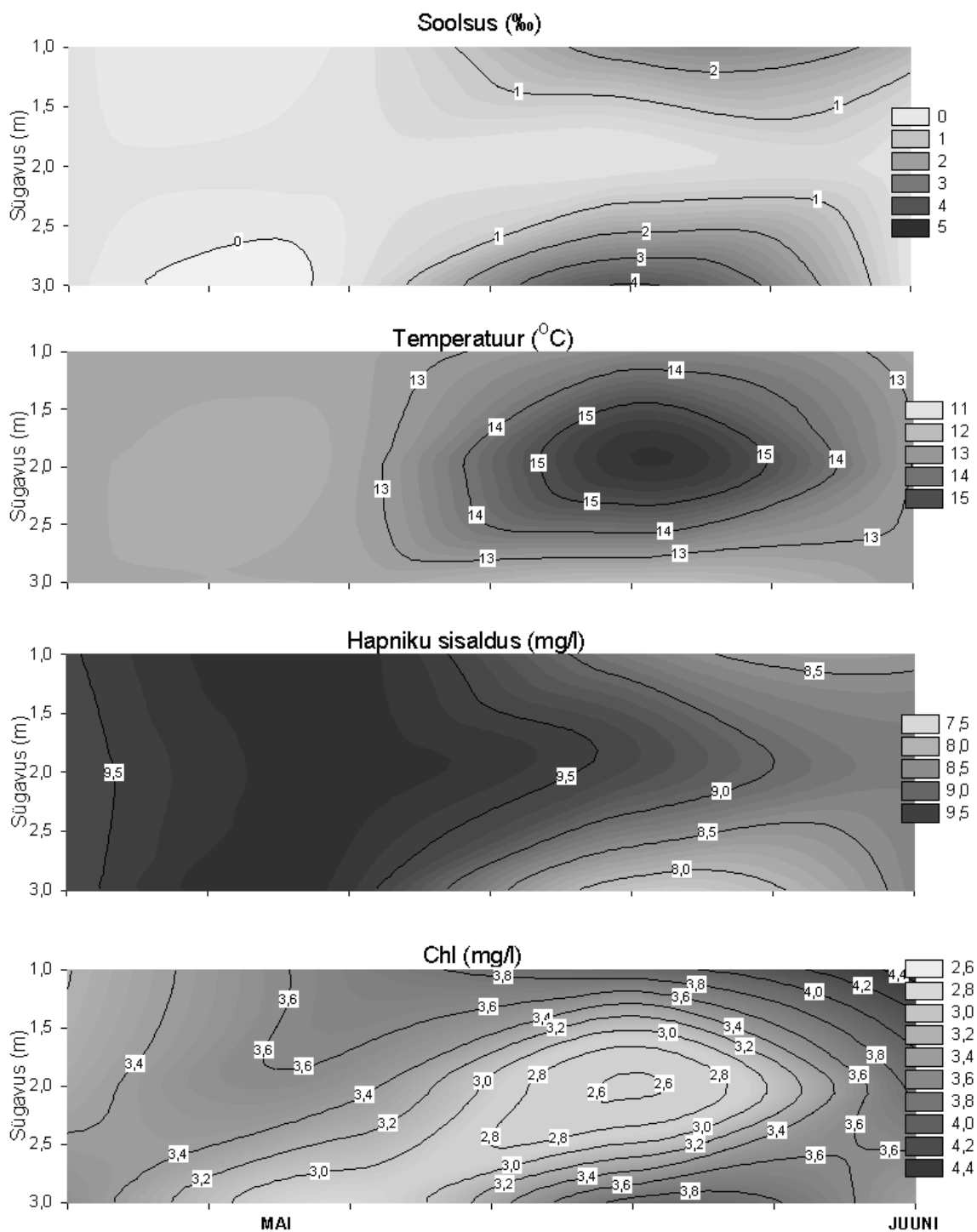


Joonis 4. CTD sondiga mõõdetud veetemperatuuri (A), soolsuse (B), hapniku (C) ja klorofüll *a* (D) mediaanväärtuste dünaamika 2004-2022 a. Pärnu lahe sopis (Poi mõõtmispunkt; vt palun joonis 1). Joonisel on toodud mediaanväärtus kalendrinädalatel 18-30 koos 25- ja 75% persentiilidega (hallid tulbad), 5-95 % usalduspiiridega (vuntsid) ja eksteemväärtustega (mustad täpid).

3.2. Vee keskkonna dünaamika Pärnu jões meritindi koelmualadel

Meritindi vastsete turgutusaladel Pärnu jões mõõdeti kõikidel reisidel vee läbipaistvust ning jõevee pinnatemperatuuri, samuti sukeldati jaamas nr 2. CTD sondi (joonis 5).

Jõevee läbipaistvus oli 0.8-1.4 meetrit, mis on sarnane Pärnu lahesopile. Vee soolsus oli jõeale omaselt väga madal, *va* 26.05, kui 3 ja 5 m sügavusel fikseeriti tavapärasest märksa kõrgem soolsus 4.1-4.6. Vee temperatuur meritindi vastsete esinemise ajal kasvas 12.7-15.9 °C ning hapniku sisaldus varieerus mõõtmisperioodil 7.8-9.8 mg/l. Chl *a* sisaldus varieerus jões vahemikus 2.6-4.3 µg/l.

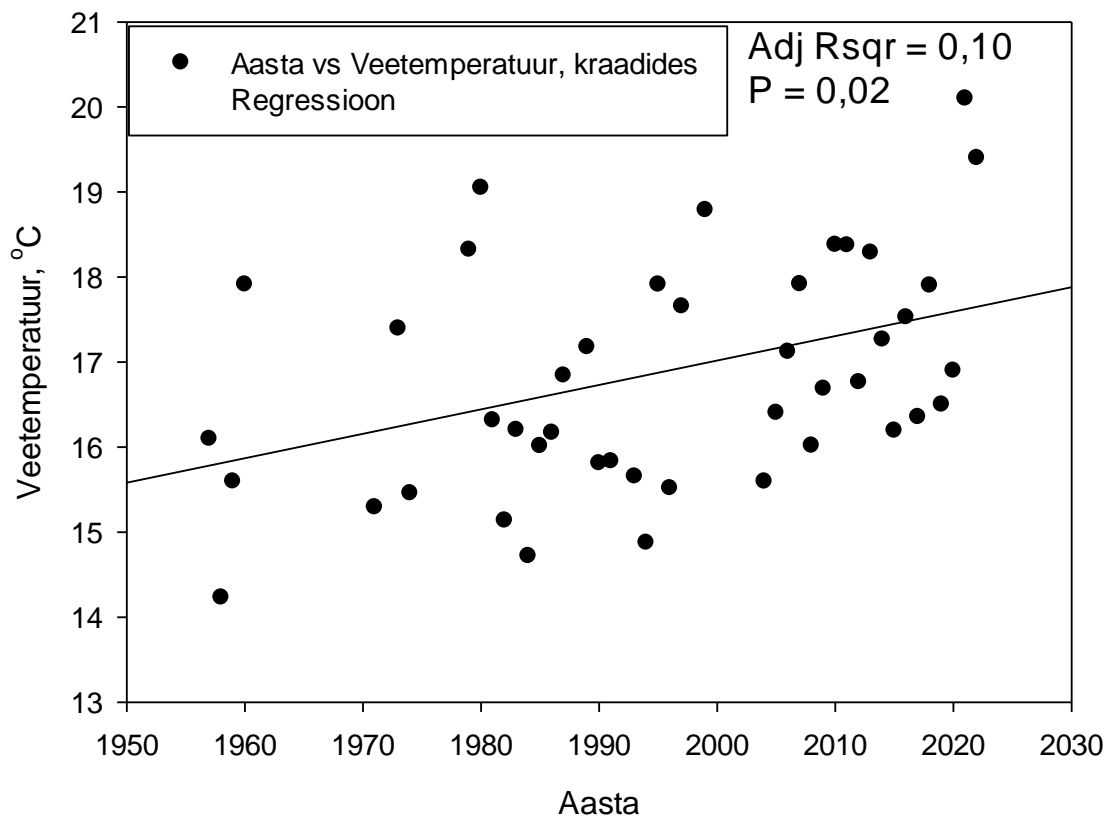
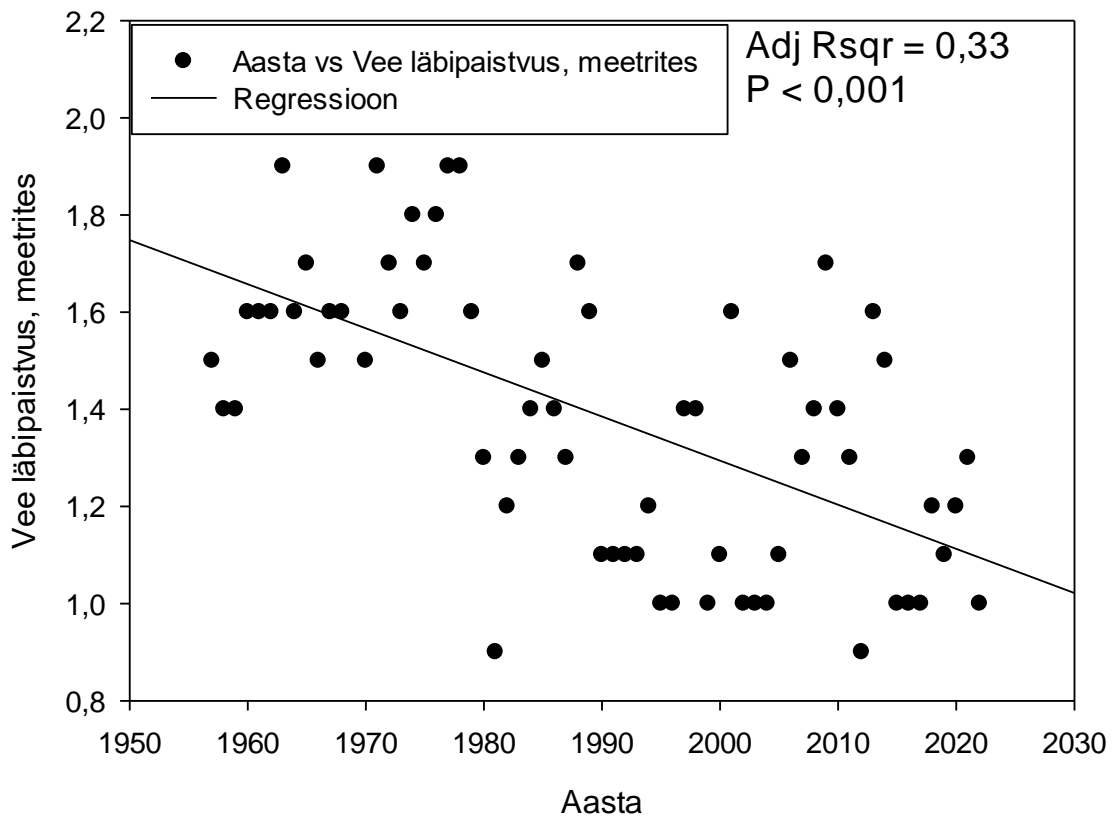


Joonis 5. CTD sondiga mõõdetud eluta keskkonna (soolsus, temperatuur, hapnik ja klorofüll a) sesoonse dünaamika nädalatel 18-21 (mai) Pärnu jões jaamas nr. 2 (vt. joonis 2) 2022. aastal.

3.3. Pikaajaline dünaamika

Pärnu lahe pinnavee läbipaistvus on pikaajalisel skaalal oluliselt varieerunud (0.9-2.1 m, pikaajaline keskmine 1.4 m), ning selles võib välja tuua järgnevad olulisemad muutused: (i) pikaajalisest keskmisest kõrgemad väärtused 1950-ndate aastate lõpust kuni 1970-ndate lõpuni, (ii) domineerivalt pikaajalisest keskmisest madalamad vee läbipaistvused alates 1980-ndatest tänapäevani, (iii) keskmisest oluliselt madalamad läbipaistvuse väärtused viimasel seitsmel aastal, (iv) statistiliselt usaldusväärne läbipaistvuse vähenemine 1957-2022 (joonis 6, ülemine).

Merevee pinnakihi keskmine temperatuur varieerus räimevastsete esinemise perioodil vahemikus 14.2-20.1 °C perioodil 1957-2022, kusjuures pikaajaline keskmine oli 16.7 °C. Veepinna temperatuur oli rekordiliselt kõrge 2021. a, mis mõjus negatiivselt räime kudemisele ja eelvastsete arengule. Sarnane kõrge keskmine temperatuur ja varajane soojenemine 26 kraadini registreeriti ka 2022. aastal.



Joonis 6. Pinnavee läbipaistvuse (mõõdetuna Secchi kettaga, ülemine joonis) ja veetemperatuuri (alumine joonis) pikaajaline dünaamika ja lineaarne regressioon (regressioonikordaja Adj Rsqr ja usaldusnivoo P) Pärnu lahe viies mõõtmispunktis (Audru, Uulu, Poi, Tahku ja Liu) aastatel 1957-2022.

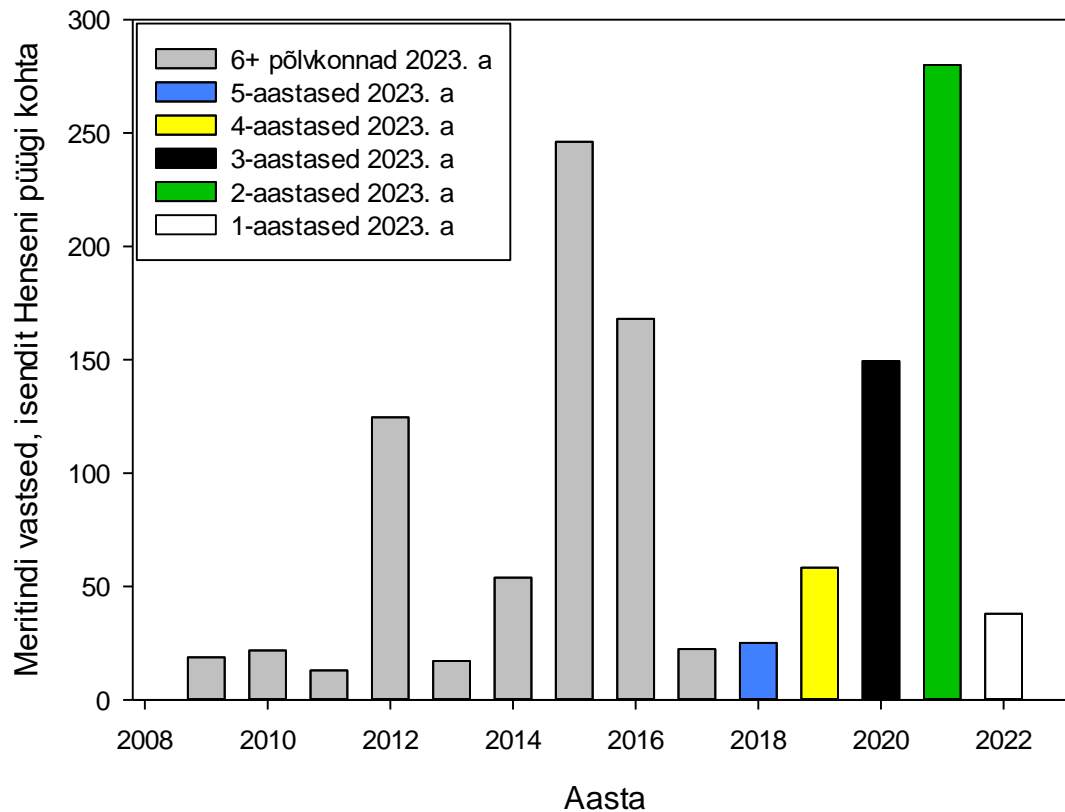
3.4. Kalavastsete liigiline koosseis

Henseni traalimistes esines 2021. a. järgmisi liike/taksoneid: räim (*Clupea harengus membras*), ahvenlased (koha *Sander lucioperca*, ahven *Perca fluviatilis* ja kiisk *Gymnocephalus cernuus*), mudil (*Pomatoschistus* spp.), väike tobias (*Ammodytes tobianus*), madunõel (*Nerophis ophidion*), meritint (*Osmerus eperlanus*). Arvukaim liik oli räim, sealjuures mudil oli mitmendat aastat järjest vähearvukas. Esimesel nädalal esines püügis räime ja meritindi vastseid, teisel reisil ilmusid püükidesse mudilad ja kolmandal nädalal ahvenlased. Ahvenlaste esinemine oli endiselt vähearvukas võrrelduna 2016. a eelneva perioodiga.

3.5. Meritindi vastsed Pärnu jões

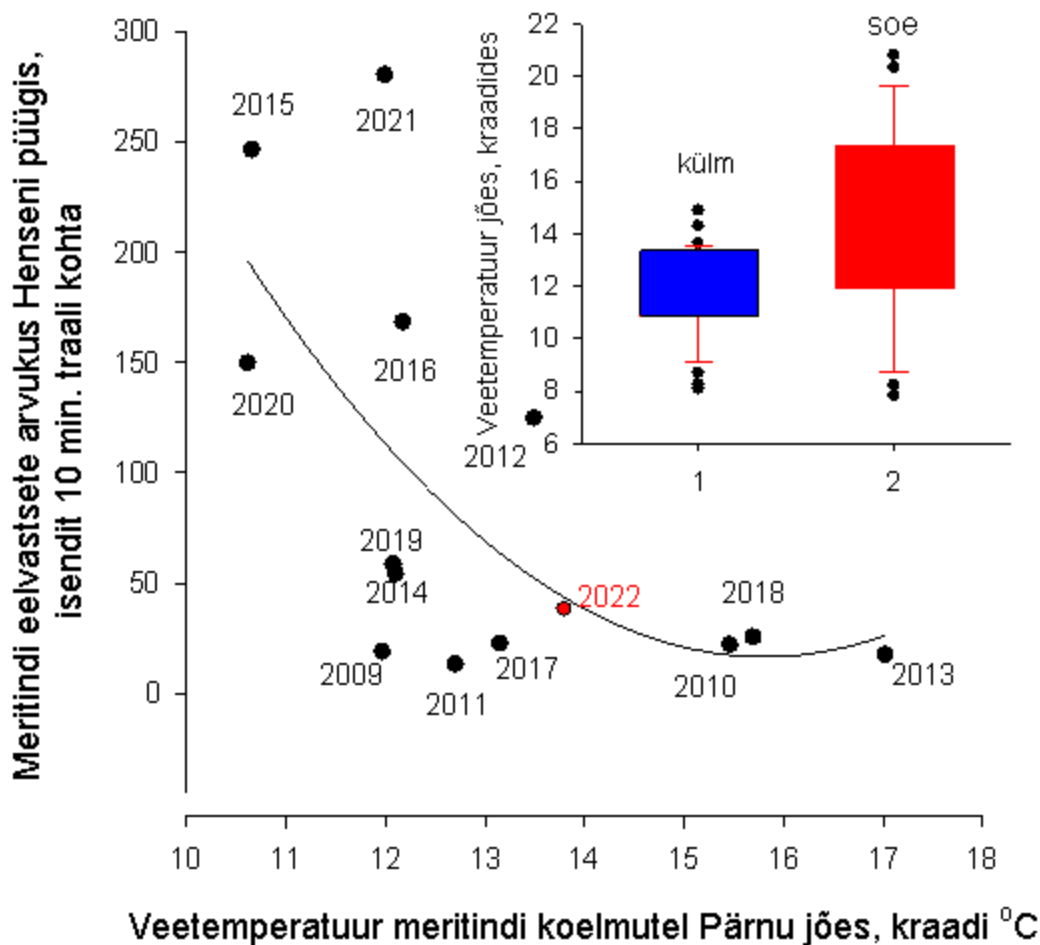
Alates 2009. a on meritindi eelvastsete arvukus varieerunud suurusjärgu võrra. Viimasel, 2022. a, oli meritindi eelvastsete arvukus madal ja võrreldav enne 2019. a koorunud põlvkondadega (joonis 7).

Viimasel viiel aastal koorunud põlvkondadest on vähearvukad 2018. ja 2022. a. Seevastu 2019-21. a on meritindi vastsete arvukused olnud 2020. ja 2021. a kõrged, kuna veetemperatuur soojenes aeglaselt varakevadel ja soosis normaalset embrüonaalset arengut ja suurt ellujäämist (joonis 8). Kuivõrd 2023. a meritindi saagid toetuvad tõenäoliselt valdavalt 2018-2020 a koorunud isenditel, tuleb arvestada, et nimetatud perioodil koorunud põlvkondadest ainult 2020. a on olnud kõrge eelvastsete arvukusega.



Joonis 7. Meritindi vastsete keskmine arvukus Pärnu jõe kolmes püügipunktis aastatel 2009-2022. Värvitud tulbad tähistavad 2023. a püükides esinevaid pölvkondi.

Veetemperatuuri ja meritindi eelvastsete arvukuse vahel ilmnes negatiivne mittelineaarne seos (joonis 8). Arvukamalt on eelvastseid esinenud püükides aastatel, kui veetemperatuur oli jahedam (nt 2015-2016 ja 2020-2021) ja vesi soojenes aeglasemalt koorumise ja eelvastsete leviku perioodil kalendrinädalatel 16-22. Madalama veetemperatuuriga aastatel oli eelvastsete merre kandumise ajal vesi statistiliselt usaldusväärset külmem: mediaanväärtused 11.7 ja 14.3 kraadi (One-way ANOVA, $p < 0.01$, joonis 8). Välja saab tuua veel märkimisväärse suurema eelvastsete arvukuse ja selle kiire languse temperatuuridel 10-13 kraadi, misjärel on arvukus ühtlaselt madal temperatuuridel 13-17 kraadi.

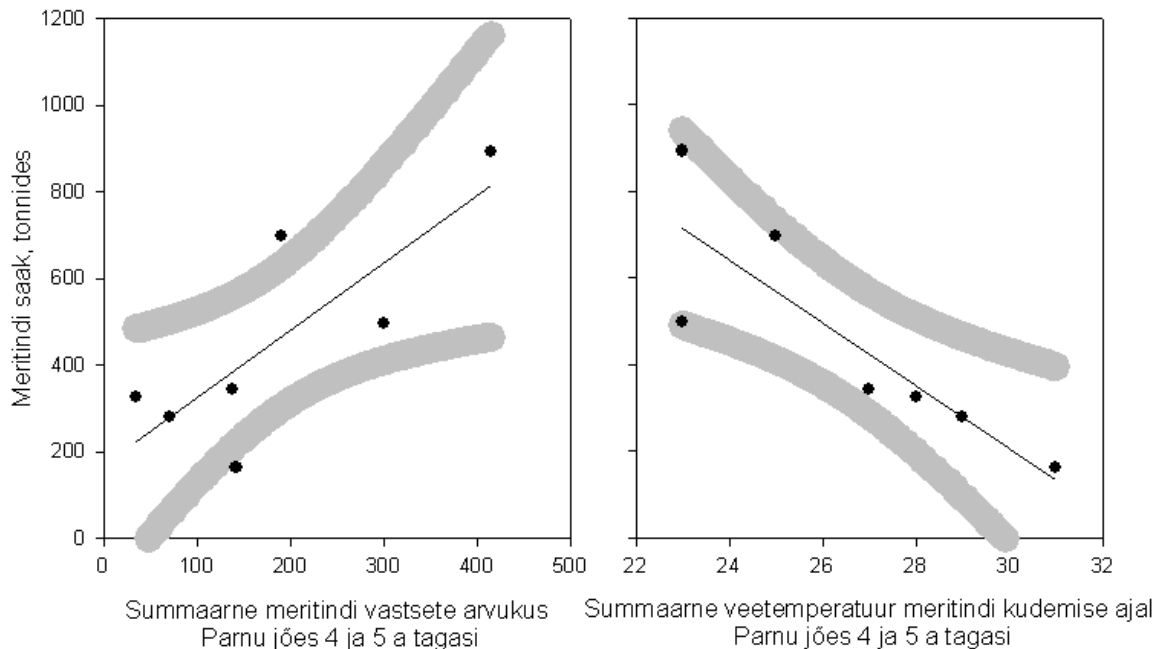


Joonis 8. Meritindi eelvastsete arvukuse ja veetemperatuuri vaheline mittelineaarne seos Pärnu jões 2009-2022. Väiksem paneel joonisel tähistab jahedama (sinine tulp) ja soojema (punane tulp) veetemperatuuriga aastaid meritindi eelvastsete arengu ajal. Väiksel joonisel on toodud igapäevaste veetemperatuuri mõõtmiste 25% ja 75% persentiilid (tulbad), 5% ja 95% persentiilid (vuntsid) koos ekstreemväärtustega (mustad täpid). Sooja ja külma aasta piir jookseb 12-13 kraadi vahelt. Punane täpp tähistab 2022. aastat.

3.6. Meritindi saakide prognoosimine vastsete arvukuse ja veetemperatuuride alusel

Meritindi saakide suuruse ja Pärnu jõe koelmu- ja vastsete turgutusaladelt 4. ja 5. a varem kogutud andmete vahel ilmnes kaks tugevat statistiliselt usaldusväärset seost (joonis 9). Neid seoseid rakendades saame anda esialgseid hinnaguid milliseks võiks kujuneda optimaalsed meritindi saagid, mis ei ohusta populatsiooni jätkusuutlikust. Eeldusel, et meritindi saakides domineerivad 4- ja 5-aastased isendid, leidsime, et meritindi kudemise

ajal koelmutel mõõdetud veetemperatuuride keskmiste summa seostus negatiivselt meritindi saakide suurusega. Mida madalam oli veetemperatuur 4 ja 5. a tagasi, seda suuremad oli meritindi saagid (($n=7$, $Adj\ R^2=0.687$, $P<0.05$; $saak = 2384.583 - (72.535 * \text{veetemperatuur } 4 \text{ ja } 5 \text{ a tagasi})$). Teine tugev seos ilmnes meritindi vastsete arvukuse 4. ja 5. a tagasi ning meritindi saakide vahel. Mida rohkem oli meritindi vastseid, seda suuremad olid meritindi saagid ($n=7$, $Adj\ R^2=0.568$, $P<0.05$; $saak = 171.051 + (1.553 * \text{vastsete arvukus } 4 \text{ ja } 5 \text{ a tagasi})$).

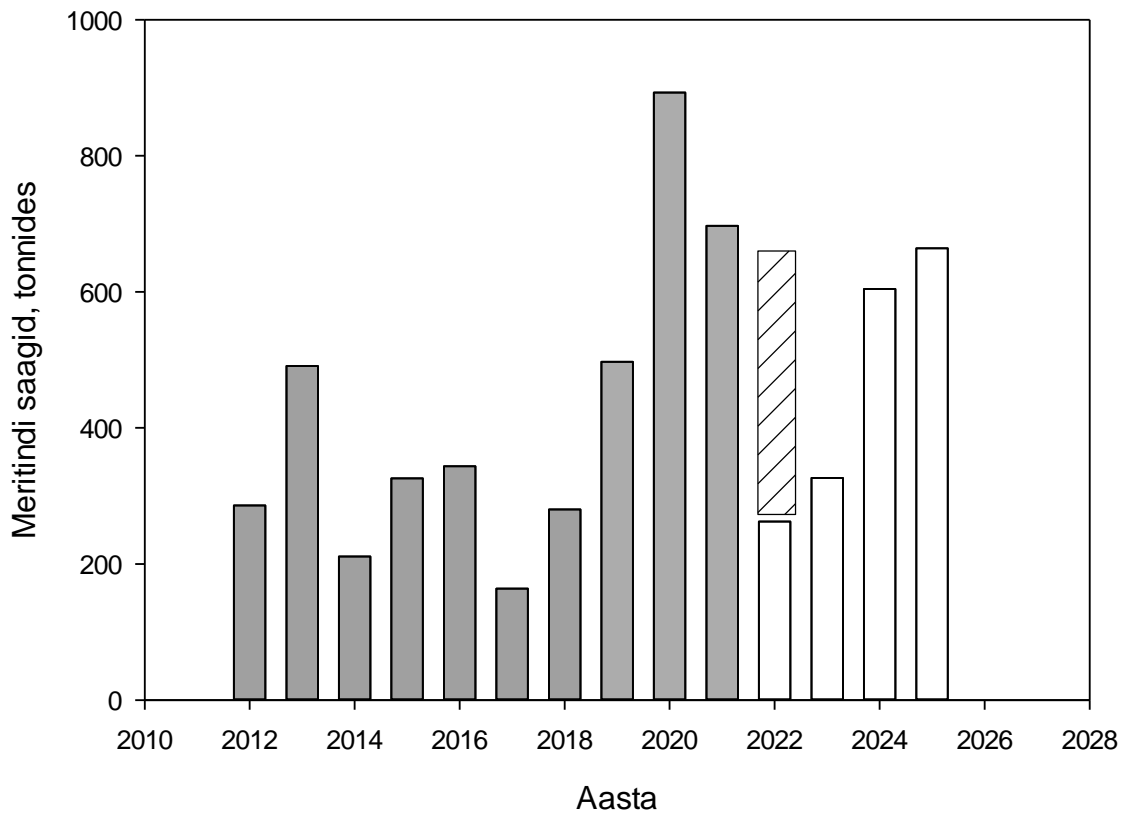


Joonis 9. Veetemperatuuri, meritindi vastsete arvukuse ja meritindi saakide vahelised seosed. Joonisel on lineaarne regressioon koos 95 % usalduspiiridega.

Rakendades kahte ülal toodud lineaarset seost, saame prognoosida meritindi saake järgnevatel aastatel kasutades statistiliselt usaldusväärseid regressiooni võrrandeid. Arvestada tuleb, et tegemist on prognoosiga, mis toetub kalandusest sõltumatutel indikaatoritel ja näitab, milline on parim jätkusuutlik ja teaduslikult põhjendatud saakide suurus aga mitte seda, kui suureks realselt saagid kehtiva majandamismudeli juures kujunevad. Arvestades meritindi püügis rakenduvat praktikat, sõltub saakide suurus lisaks varule ka ilmastikuoludest, so jää sulamisest ja triivjää liikumisest. Seega, tegelike, realiseeruvate saakide märkimisväärselt suuremaks kujunemine 2022-23 a ei pruugi teenida jätkusuutliku meritindi varude haldamise eesmärki ning märkimisväärselt

suuremad saagid võivad viia varu vanusstruktuuri seisu, kus see ei anna ökosüsteemi kandevõimet arvestavat maksimaalset võimalikku saaki.

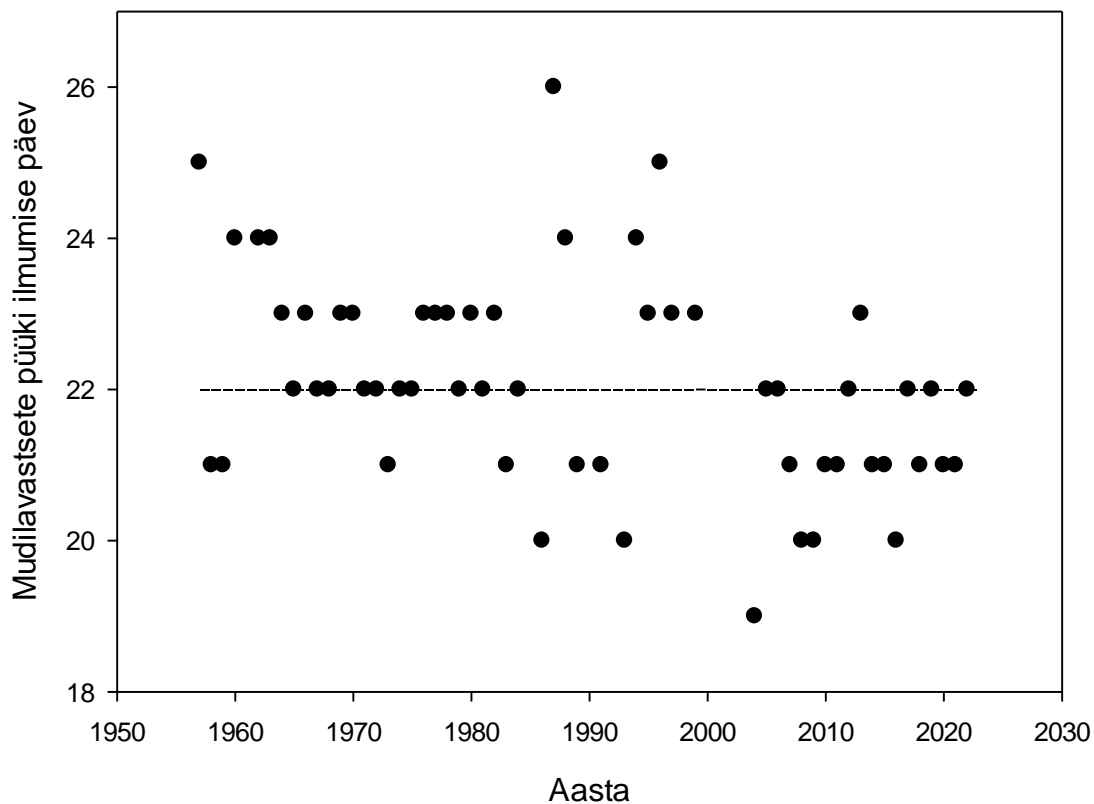
Meritindi saake analüüsid näeme, et saagid on suurenenud ja püsinud kõrgena, kuid lähtuvalt 2017. ja 2018. a valitsenud ebasoodsatest kudetingimustest (vt palun joonis 9) on tõenäoline saakide märkimisväärne langus, misjärel 2024. ja 2025. saagid taas suurenevad (joonis 10). Rakendades maksimaalset püügi intensiivsust 2022. ja 2023. a, nähtav varu taastumine ja saakide suurenemine 2024-25 aset ei leia. Kuivõrd 2022. a kujunesid märksa suuremaks, kui prognoosisime, siis on vägagi tõenäoline saakide märkimisväärne langemine lähiaastatel.



Joonis 10. Meritindi saakide dünaamika 2012-2025. Tühjad tulbad on saakide prognoos 2022-2025 a, mis toetub meritindi kudemise (veetemperatuur ja vastsete arvukus) ja saakide vahelisel seosel perioodil 2010-2021. Viirutatud + tühi tulp tähistab 2022. a realiseerunud saake.

3.6. Mudila noorjärkude esmase ilmumise ja arvukuse pikaajaline dünaamika

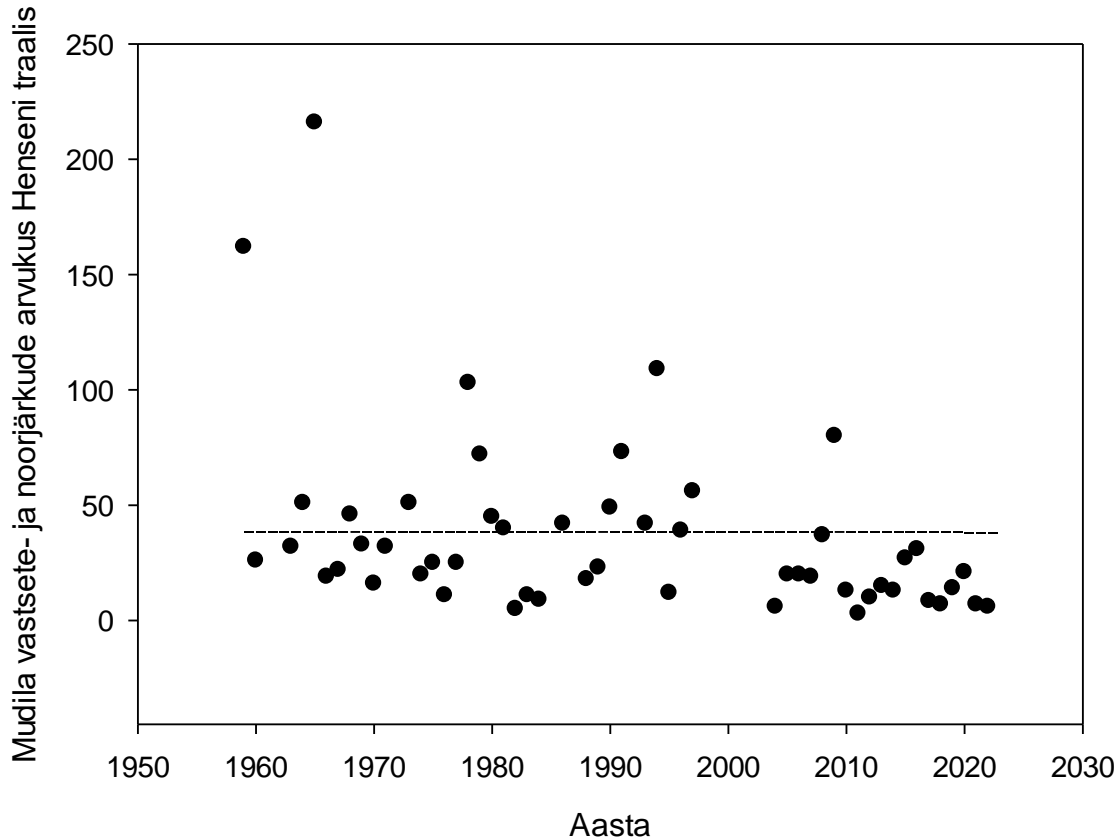
Mudila vastsete koorumine ning esmane ilmumine Henseni traali püükidesse oli varaseim 2005. aastal (kalendri nädal 19) ning hilisem 1987. aastal (kalendri nädal 26), mis tähendab enam kui 1.5 kuu pikkust erinevust kudemises ja vastsete koorumises. Käesoleval aastal ilmusid mudila vastsed püükides 22. kalendri nädalal, mis vastab pikaajalisele keskmisele (joonis 11).



Joonis 11. Mudila vastsete esmailmumise nädala pikaajaline dünaamika (must punkt) Henseni traali püükides Liivi lahe kirdeosas 1957-2022 koos pikajalise keskväärtusega (must punktiirjoon).

Mudilavastsete arvukus on pikaajalisel skaalal olnud väga varieeruv (joonis 12). Viimasel kümnendil on arvukused olnud pikaajalisest keskmisest madalamad. Vahetult eelmiste

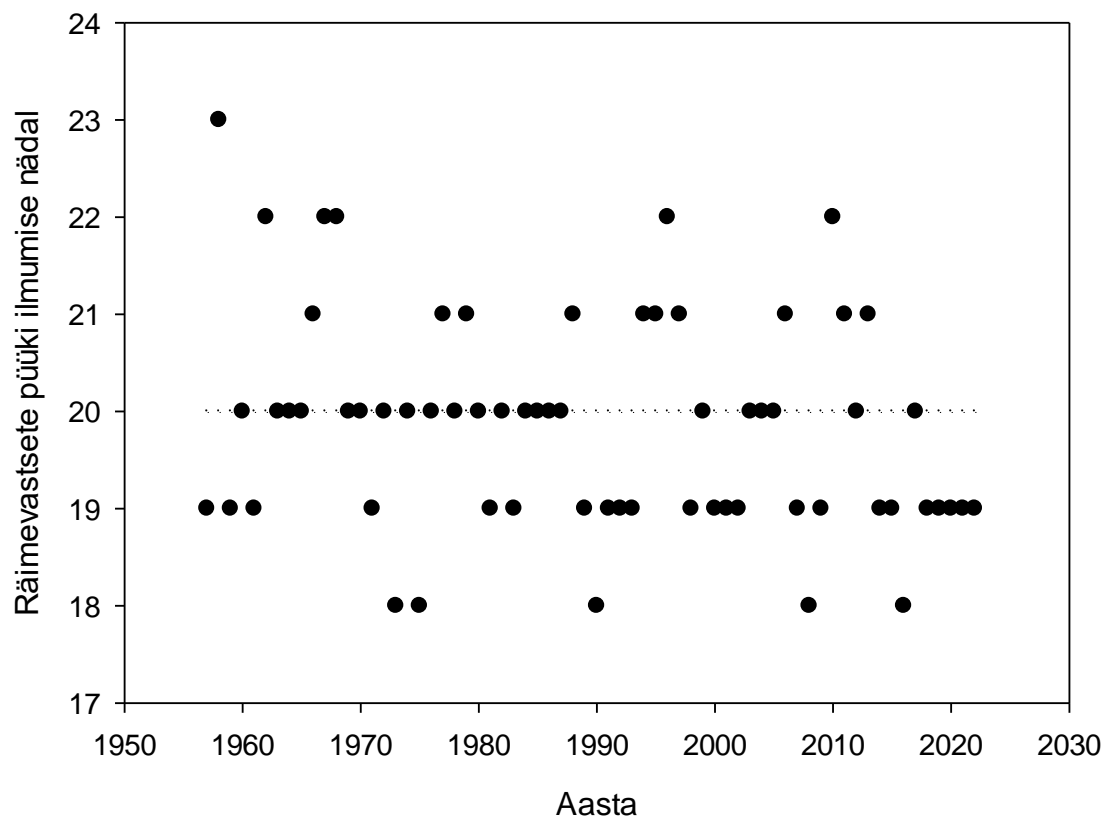
aastatega võrrelduna on mudilavastsete arvukus 2022. a. sarnases suurusjärgus.



Joonis 12. Mudila vastsete ja noorjarkude arvukuse mediaan-väärtuste (must punkt) pikaajaline dünaamika Pärnu lahes ja Liivi lahe kirdeosas aastatel 1959-2022 koos pikaajalise keskväärtusega (must punktiirjoon).

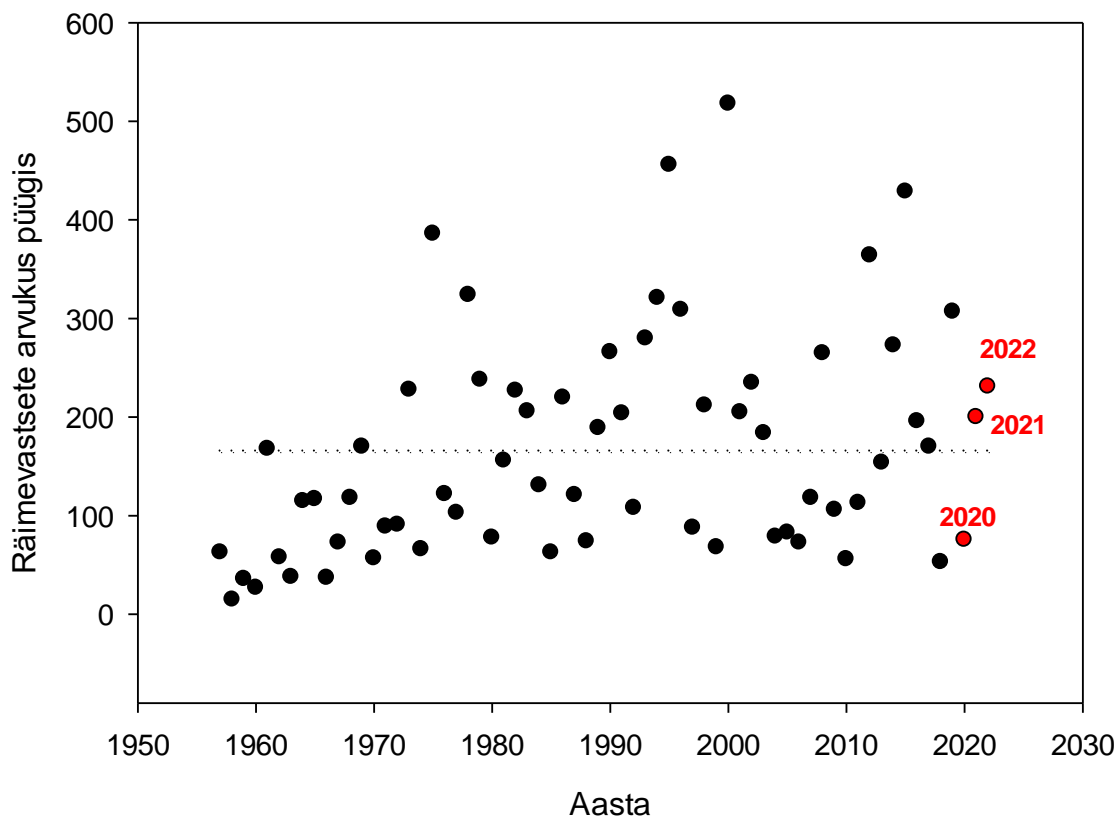
3.7. Räimevastsete esmase ilmunise ja arvukuse pikaajaline dünaamika

Räime kudumine ja -vastsete esmane ilmunine Henseni traali püükidesse varieerus enam kui kuu aega perioodil 1957-2022 (joonis 13). Kõige varasem vastsete koorumine leidis aset mai alguses, so 18. kalendri nädalal (1973, 1990, 2008, 2016) ning hilisem alles juuni alguses, so 23. kalendrinädal. Räimevastsetes ilmusid Henseni traali püüki 2022. a mai keskel, so 19. nädalal.



Joonis 13. Räimevastsete esmailmumise (must ring) nädala dünaamika Henseni traali püükides Liivi lahe kirdeosas 1957-2022 koos pikajalise keskmisega (must punktiirjoon).

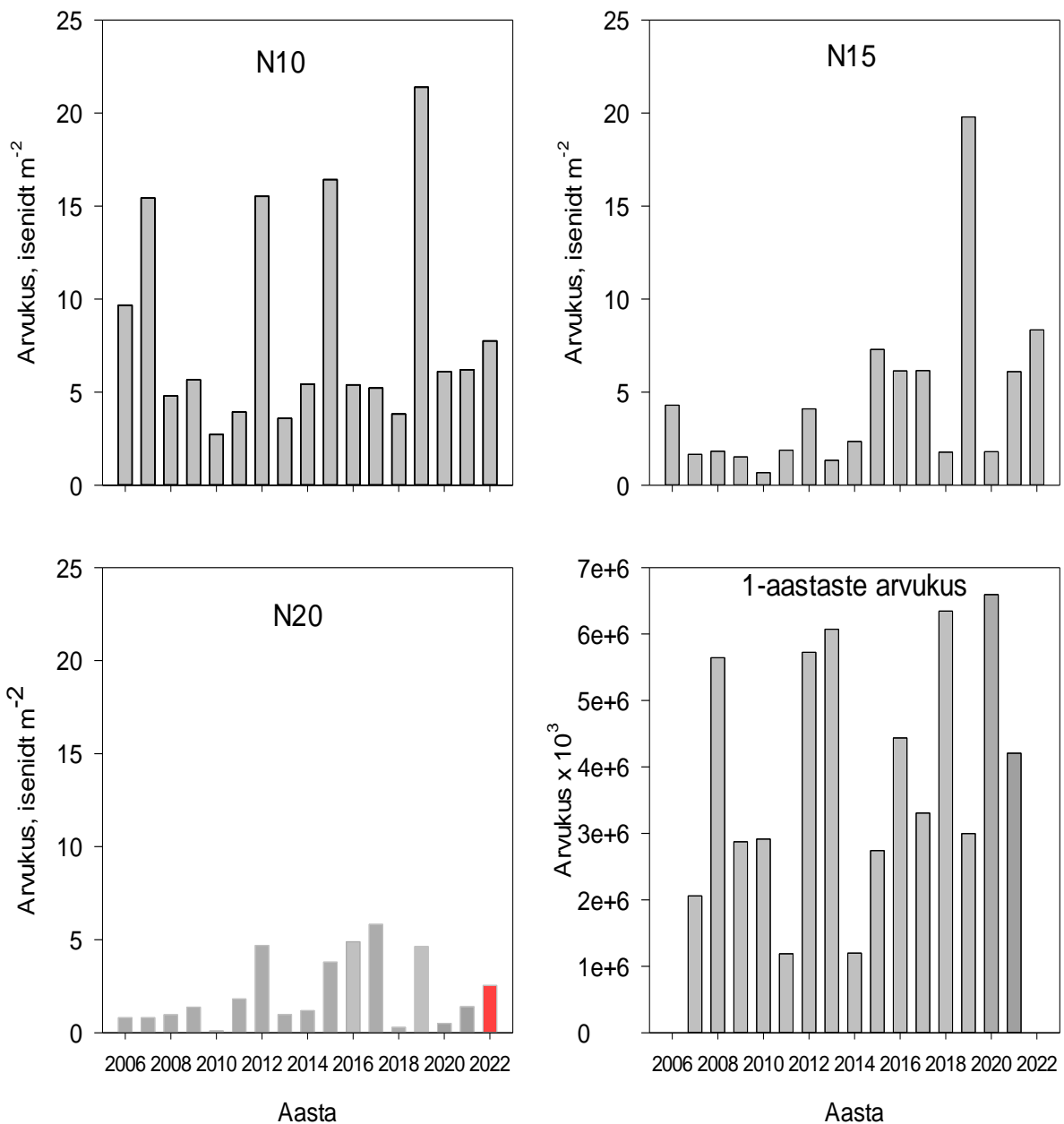
Räimevastsete arvukus oli pikaajalisel skaalal suhteliselt madalam 1950- ja 1960-ndatel, millele järgnes arvukuse varieeruvuse suurenemine ja pikaajalisest keskmisest kõrgemate arvukuste sagedam esinemine 1970-ndail aastail (joonisel 14). Käesoleval, 2022. aastal hakkavad Liivi lahe kevadkuderäime saagid tõenäoliselt baseeruma 2-5 aastastel isenditel, st põlvkonnad, mis koorusid vastavalt 2018-2021 aastal. Möödunud, 2022. a, oli räimevastsete arvukus keskmisest pisut kõrgem, kuid arvestades varajast temperatuuri tõusu ja kõrgeid veetemperatuuri väärtusi, siis sellegipoolest väga arvukat põlvkonda sealt areneda ei pruugi.



Joonis 14. Räimevastsete arvukuse dünaamika aastatel 1957-2022 (must punkt) koos pikaajalise keskmisega (must punktiirjoon). Punased täpid tähistavad käesoleval, 2023. aastal Liivi lahe räimesaakides domineerivaid põlvkondi (2-4 aastased isendid).

3.8. Räimevastsete arvukuse dünaamika erinevates arengustaadiumites ja seos täiendiga

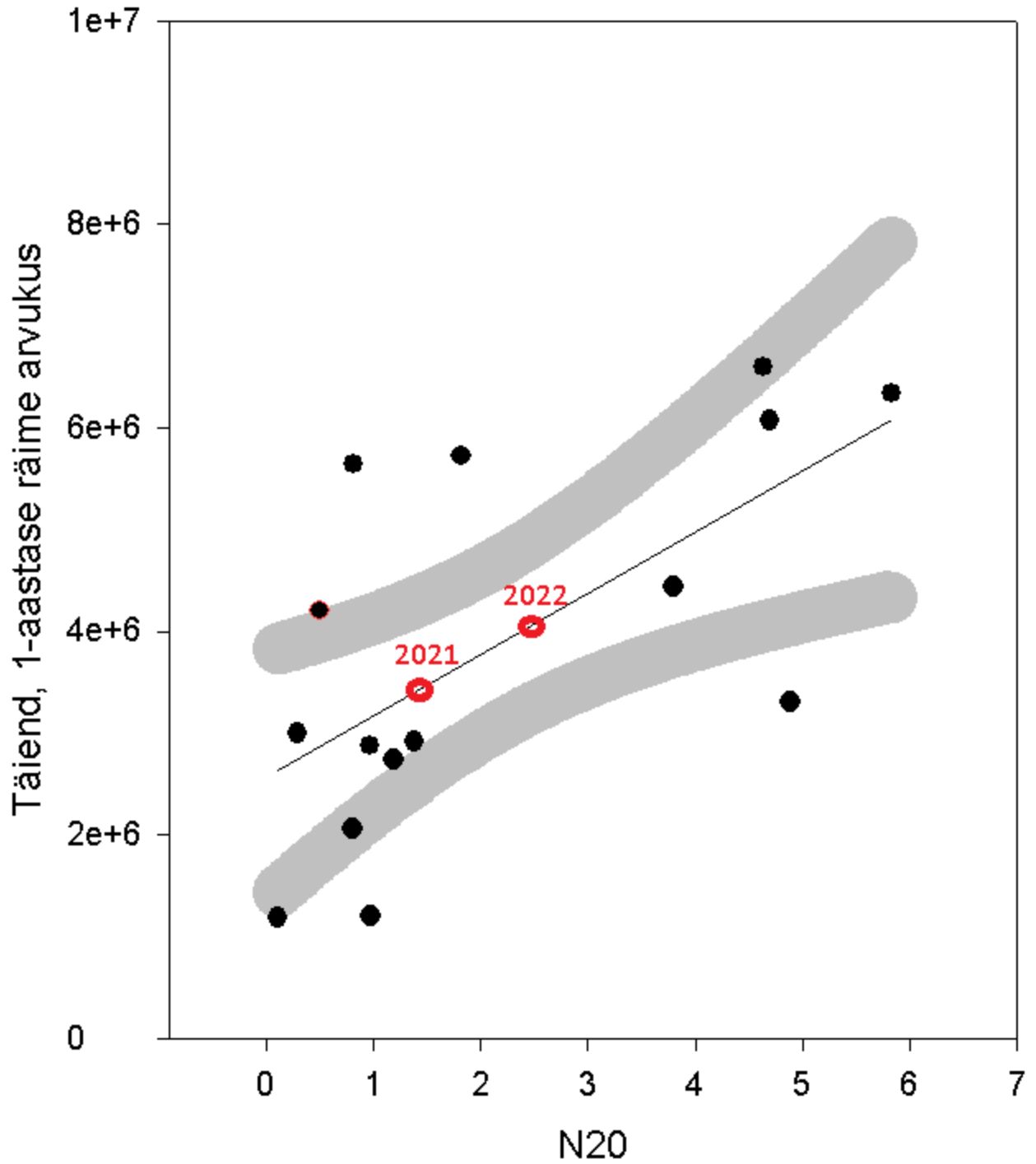
Räime põlvkonna arvukuse kujunemise seisukohalt on oluline jälgida suurte, st kriitilise, aktiivsele toitumisele ülemineku etapi läbinud räimevastsete arvukuse dünaamikat (joonis 15). Suurte (N20) räimevastsete arvukus on suurenenud alates 2020. aastast ja võrrelduna kahe eelneva aastaga on 2022. a mõnevõrra suurem. Seevastu 2020. ja 2021. a oli suuri räimevastseid vähearvukalt, mis tähendab, et vastavad 2- ja 3-aastased kalad, kes saakides domineerivad, arvukus saab olema väike.



Joonis 15. Erinevas arengustaadiumis (N10, N15, N20) räimevastsete arvukuse indeks (2006-2022) ruutmeetri kohta ja Liivi lahe kevadkude räime täiendi (1-aastaste kalade) arvukus 2007-21 aastal (2022. a arvukust aruande esitamise hetkeks arvatud ei ole). Punane tulp (N20) tähistab suurte räimevastsete arvukust, millelt on prognoositud käesoleva aastal realiseeruv täiendi arvukus.

Nagu möödunud ja ülemöödunud aasta aruandes kirjutasime, viitab 2019. a väga kõrge N20 väärtus väga arvukale kevadräime põlvkonnale (joonis 15), mis realiseerus vastavalt

prognoosidele 2020. ja 2021 a Liivi lahe suurenenud räimesaakides. 2019. a koorunud räimevastsete moodustasid 2021. a Liivi lahe kevadräime traalpüügi saakides 40.7 % 2-aastaste isenditena ja 2022.a 3-aastastena 30% Seevastu 1- ja 3-aastaseid räimi oli Liivi lahe traalpüügi saakides 2021. a vähe (12-13 %), 2022. a olid traalpüükides need põlvkonnad vastavalt 2- ja 4-aastastena ja nende osatähtsus 2022. a traalpüükides oli vastavalt 14,6% ja 14,1% mis seostub samuti kenasti räimevastsete arvukusega ja selle põhjal antud prognoosiga. N20 ja Liivi lahe kevadräime täiendi vahel oli statistiliselt usaldusväärne seos ((n=15, *Adj Rsqr*=0.376, F=9.437, P<0.01; HA1 = 2572884,056 + (602786,742 * N20)). N20 pikkusrühma kuuluvate räimevastsete arvukuse alusel Liivi lahe räime täiendit ennustades on see 4109990 x 10³ isendit 2023. aastal (joonis 16) ehk üle keskmise arvukusega põlvkond. Seega on kolmel järjestikkusel aastal kujunenud vähearvukad või keskmise arvukusega põlvkonnad (2020-2022), mille kõrval 2019. a põlvkond veel 2022. a saakides domineeris, kuid 2023. a on see põlvkond valdavalt välja püütud. Liivi lahe räime saakide potentsiaal 2023 a, kus 2019. a väga arvukas põlvkond on ammendumas ja 2020, 2021 ja 2022. a. põlvkonnad on alla keskmise arvukusega, on tõenäoline Liivi lahe kevadkuderäime kudekarja biomassi ja saakide vähenemine. Tingimustes, kus saagid võrreldes varasemate aastatega suurenevad, on tõenäoline varu biomassi kiire langus lähiaastatel.



Joonis 16. Räimevastsete (N20) ja Liivi lahe kevadräime 1-aastaste arvukuse vaheline seos 2006-2022 a (1-aastaste räimede arvukus on nihutatud aasta varasemaks, et joonisel korreleerida räimevastsete arvukusega). Punasega on tähistatud Liivi lahe kevadräime

põlvkonnad, mis koorusid 2021. ja 2022. a ning on 1-aastased vastavalt 2022. ja 2023. a. Hetkel 1-aastaste räimede arvukust nendel aastatel veel teada ei ole. Arvud punktide kohal tähistavad põlvkonna koorumise aastat (nö vastse aastat). Joonisel on toodud lineaarne regressioon koos 95 % usaldusnivooga.

4. Kokkuvõte

Keskkonnatingimused Pärnu lahes olid 2022. a taas erakordsed. Pinnalähedaste veekihtide temperatuur räimevastsete esinemise ajal kerkis juuni lõpus rekordiliselt kõrgeks, mis muutis räimevastsete leviku perioodi rekordiliselt lühikeseks – räimevastsete kadusid püükidest juuli alguses, nagu ka eelmisel, 2021. a. Sarnaselt 2021. a soojenes vesi ligemale 27 kraadini juba juuni lõpus (2021. a registreeriti kõrgeimaks veetemperatuuriks 29 kraadi), mistõttu räime vastsete levik lõppes juuli alguses. Vee soolsus oli samuti taas üks perioodi kõrgeimaid, samas kui algproduktiooni (chl a) oli pisut kõrgem kui möödunud aastal. Kevadised hüdroloogilised olud meritindi kudemise ja vastsete leviku ajal Pärnu jões olid liigile ebasoodsad, st vesi keskmisest soojem ja eelvastsete arvukus madalam.

Räime varu täiendi (1-aastaste isendite arvukus) seisukohast peetakse oluliseks vaid suurte (N20), st kriitilise elustaadiumi läbinud vastsete arvukust. Selliste räimevastsete arvukus oli 2020. a väga madal, 2021. a keskmine ja 2022. a samuti keskmine. Prognoosi realiseerumine tähendaks, et käesoleval, 2023. a Liivi lahe räime kudekarjas ja saakides on keskmise või madala arvukusega põlvkonnad. See omakorda tähendab viimastel aastatel suurenenud kudekarja (2017. a $135,6 \times 10^3$ tonnilt 2021 $165,4 \times 10^3$ tonnini) kiiret vähenemist tingimustes, kus rakendatakse keskmisest suuremat kalastussuremust. Samuti prognoosib ka (ICES 2022) keskmise kalastussuremuse tingimustes 2023. ja 2024. a $< 150 \times 10^3$ t kudekarja biomassi Liivi lahe kevadkuderäimele. Kuna N20 seostub statistiliselt usaldusväärselt räime täiendiga järgneval aastal, siis on see hetkel meie ainus teadmine 2022. ja 2023. a räime saakides esinevate 1-aastaste kalade kohta. Meenutades 2020. ja 2021. a räimesaake Liivi lahes, siis sellest ligemale poole moodustasid 2019. a koorunud 1-aastased räimed, mis vastas ka väga arvukale N20 väärtusele.

Räimevastsete esimese saaklooma, aerjalgsete vähikvastsete mediaan-arvukus kalendrinädalatel 20-30 on viimasel kolmel aastal järjest suurenenud ning oli suurim 2022. a. Seega järgib suurte räimevastsete ja räime täiendi dünaamika saakloomade dünaamikat. Mida rohkem on räime eelvastsetel kehavälisele toitumisele ülemineku hetkel toitu, seda enam neid ellu jääb ja suuremaks kujuneb täiend. Näiteks 2019. a oli aerjalgsete vähikvastsete arvukus kõrge, mis soodustas kriitilises elustaadiumis räimevastsete ellujäämist. Head toitumistingimused vastsestaadium omakorda realiseerusid arvuka põlvkonnana, mida veel möödunud, 2022. a kalurid püüdsid.

Meritindi saagid suurenesid järk-järgult perioodil 2016-2021 ja olid prognoositust märkimisväärselt kõrgemad 2022. a. Eelduse meritindi saakide suurenemiseks löid soodsad kudemise- ja embrüonaalse arengu tingimused 2015-16 a, kui vesi oli piisavalt jahe ja koorus arvukalt meritindi vastseid. Samas 2022. a olid mõõdetud veetemperatuurid koelmutel kõrged ja eelvastsete arvukus madal. Rakendades kahte lineaarset seost saame prognoosida meritindi saake järgnevatel aastatel. Arvestada tuleb, et tegemist on prognoosiga, mis toetub kalandusest sõltumatutel indikaatoritel ja näitab, milline on parim jätkusuutlik ja teaduslikult põhjendatud saakide suurus ja mitte seda, kui suureks saagid tegelikult kujunevad. Arvestades meritindi püügi eripäraga, sõltub saakide suurus lisaks varule ka ilmastikuoludest, so jää sulamisest ja triivjää liikumisest. Seega, tegelike, realiseeruvate saakide prognoosist märkimisväärselt suuremaks kujunemine 2022-23 a ei pruugi teenida jätkusuutliku meritindi varude haldamise eesmärki ning märkimisväärselt suuremad saagid võivad viia varu vanuse struktuuri seisu, kus see ei anna ökosüsteemi kande võimet arvestavat maksimaalset võimalikku täiendit ja saaki 2024. ja 2025. a.

Meritindi saake analüüsid näeme, et saagid on suurenenud ja püsinud kõrgena, kuid lähtuvalt 2017. ja 2018. a valitsenud ebasoodsatest kudetingimustest (vt palun joonis 9) on tõenäoline saakide märkimisväärne langus, misjärel 2024. ja 2025. saagid taas suurenevad (joonis 10), tingimustes, kus 2022. ja 2023. a soovitusel märkimisväärselt rohkem ei püüta.

Pärnu lahe 1- ja 2-aastasele kohale oluliseks toiduobjektiks olevate mudilavastsete ja -noorjarkude arvukus oli taas 2022. a pikaajalisest keskmisest tunduvalt madalam ja ilmumine püükidesse varasem, mis loob kasinad tingimused arvuka koha järglaskonna tekkel (vähe toitu koha täiendile). Lisaks sellele avaldab koha järelkasvule negatiivset mõju

merevee soolsuse tõus. Nimelt suurenes Pärnu lahe koha embrüonaalne suremus 32 protsendilt 40 protsendini, kui merevee soolsus suurenes kahelt promillilt neljale. Pärnu lahe muulide läheduses asuvas Poi mõõtmispunktis on merevee soolsus olnud viimasel viiel aastal varasemast kõrgem ja varieerunud vähem mediaanväärtuse ümber. Mudilavastsete esmailmumine püükidesse on kogu uurimisperioodi vältel varieerunud enam kui kuu aega (4 nädalat), kusjuures 2020. aastal oli mudila vastsete püükidesse ilmumise nädal varasem pikaajalisest keskmisest.

5. Kasutatud kirjandus

Oeberst, R., Klenz, B., Grohsler, T., Dickey-Collas, M., Nash, R. D. M., Zimmermann, C. 2009. When is year-class strength determined in western Baltic herring? *ICES Journal of Marine Science*, 66: 1667–1672.

ICES. 2022. Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS).
ICES Scientific Reports. 4:44. 659 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.19793014>