

Tartu Ülikool

EESTI MEREINSTITUUT

**RAHVUSLIKU KALANDUSE ANDMEKOGUMISE PROGRAMMI
TÄITMINE
2010-2011**

Töövõtulepingu 4-1.1/ 191, III vahearuanne (01.02.2011)

Osa: Liivi lahe kalavastsed

Põhitäitjad ja aruande koostajad: Henn Ojaveer
Evald Ojaveer
Timo Arula
Kerli Laur

Tallinn 2011

Sisukord

1. Sissejuhatus	3
2. Töö täitjad.....	4
3. Materjal ja Metoodika.....	4
3.1. Ümbritsev keskkond	4
3.2. Kalavastsed	4
3.3 Andmetöötlus.....	5
4. Tulemused.....	9
4.1. Vee eluta keskkonna parameetrite sesoonne dünaamika.....	9
4.2. Kalavastsete liigiline koosseis ning räime ja mudila arvukuse dünaamika.....	12
4.3. Meritindi vastsed Pärnu jões.....	14
4.4. Mudila noorjarkude arvukuse pika-ajaline dünaamika	16
4.5. Räimevastsete arvukuse pika-ajaline dünaamika ja seda määravad tegurid	17
5. Kasutatud kirjandus.....	21
6. Kokkuvõte.....	22
7. Lisa 1. Kalavastsete püükide tulemused.	24

1. Sissejuhatus

Keskkonnatingimused (nii eluta kui ka eluskeskkond) kalade kudealadel ja –ajal, kalavastsete kiire kasv ning nende sobivad elutingimused (s.h. temperatuur, toidu ja vaenlaste olemasolu/puudumine) on kõik olulised tegurid tekkiva kalapõlvkonna tugevuse määramisel. Kalavastsete ja nendele sobivate toiduobjektide ajalis-ruumilise leviku kattumine ja viimaste arvukus paneb aluse tugeva põlvkonna tekkele. Sel juhul on kalavastsete kasv kiirem ning nende looduslik suremus väiksem. Seevastu nigelaid toitumistingimusi vastse-eas (ja sellest tulenevalt kasvavat looduslikku suremust) peetakse kalavarude kasina täiendi tekke üheks oluliseks põhjuseks.

Kalavarude täiend on aastati väga varieeruv. Täiendi arvukuse teadmine, mis nõuab iga-aastaseid pidevaid uuringuid, on väga oluline kalavarude suuruse (ja võimalike saakide) prognoosimisel, omades seega fundamentaalset tähtsust kalavarude pikaajalise säästliku haldamise korraldamisel. Selle esimeseks etapiks on just kalavastsete ja nende ümbruskonnatingimuste uuringud koos vastavate seadupärasuste ja omavaheliste suhete selgitamisega. Saadav teave moodustab ühe osa ökosüsteemsete aspektide arvestamisel kalavarude säästlikuks majandamiseks.

Madal ja tuultele suhteliselt varjatud Pärnu laht ning sellega külgnevad alad on ajalooliselt olnud Liivi lahe Eesti vetes mitmete töönduskalade nagu näiteks kevadkuduräim, meritint ja koha väga oluline paljunemis- ja noorjärkude turgutusala. Uuringuid kalavastsete ja nende toiduobjektide (zooplankton) leviku, arvukuse dünaamika ja seoste kohta ümbritsevate keskkonnatingimustega alustati juba 1940-ndate aastate lõpul. Põhirõhk on olnud Liivi lahe olulisimal ja rahvusvaheliselt majandataval töönduskalal – räimel. Samas hõlmasid uuringud ka teisi, nii tööndus- (meritint, ahvenlased) kui ka mittetönduskalu (nt. mudilad ja väike tobias). Käesolev aruanne (i) annab ülevaate tehtud töödest ja saadud tulemustest 2010. aastal, ning (ii) analüüsib räimevastsete ja mudila noorjärkude arvukuse pika-ajalist dünaamikat ja püüab selgitada selle põhjusi.

2. Töö täitjad

Henn Ojaveer, PhD – vastutav täitja, aruandlus,

Evald Ojaveer, Dr. Sci. – tulemuste interpreteerimine,

Timo Arula, MSc – välitööd, laborianalüüsid, andmetöötlus, aruandlus,

Kerli Laur, MSc – välitööd, laborianalüüsid, esialgne andmetöötlus.

3. Materjal ja Metoodika

3.1. Ümbritsev keskkond

Perioodil mai-juuli viidi Pärnu lahel ja Liivi lahe kirdeosas kokku 9 jaamas (Joonis 1, Tabel 1) läbi välitöid järgnevatel kuupäevadel: 12., 19., 25/26., ja 31. mai; 3., 7/10., 17/20., 22/26. ja 29. juuni; 7/8., 13/16/17. ja 21/22. juuli. Välitöid teostati TÜ EMI veealustel 'Konrad' ja 'Vilma'. Igal reisiril määrati tuule suund ning hinnati selle tugevus. Vee eluta keskkonna parameetritest mõõdeti soolsus (‰), temperatuur (°C), hapniku sisaldus (mg/l), hapniku küllastus (%), pigment klorofüll a (chl_a, µg/l) kontsentratsioon ja vee läbipaistvus (m). Mõõtmised toimusid CTD sondi vertikaalsel sukeldamisel pinnast põhjani ning väärtused fikseerusid kahesekundilise intervalliga. Väärtused on arvutatud keskmistena pinnast põhjani. Vee läbipiastvus mõõdeti Secchi kettaga. Igal reisiril koguti kahest jaamast zooplanktoniproovid edasiseks analüüsiks.

3.2. Kalavastsed

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.

Merel teostati kokku 80 püüki 9 jaamas (Joonis 1, Tabel 2). Esimestel reisiridel maikuus püüti vastseid vaid kahest Pärnu lahe sopis paiknevast jaamast ning mai teisel poolel kõigist üheksast jaamast. Ilmastikuoludest sõltuvalt tuli mõnel reisiril osa jaamu välja jätta ning vahel toimus reis mitmel päeval.

Meritindi vastseid koguti Pärnu jõel kolmes jaamas: Jaam I – asukohaga jõesuudmest 2 km ülesvoolu; Jaam II – asukohaga jõesuudmest 6 km ülesvoolu; Jaam III – asukohaga jõesuudmest 8 km ülesvoolu. Jaam III paikneb meritindi Pärnu jõe

põhikoelmust ligikaudu 2 km allavoolu (Joonis 2). Meritindi vastsete kogumiseks sooritati Pärnu jõel 4 reisi. Proovide arv, proovivõtu kuupäevad, jõevee temperatuurid pindmises kihis ja püügi kestvus on toodud Tabelis 3.

3.3 Andmetöötlus

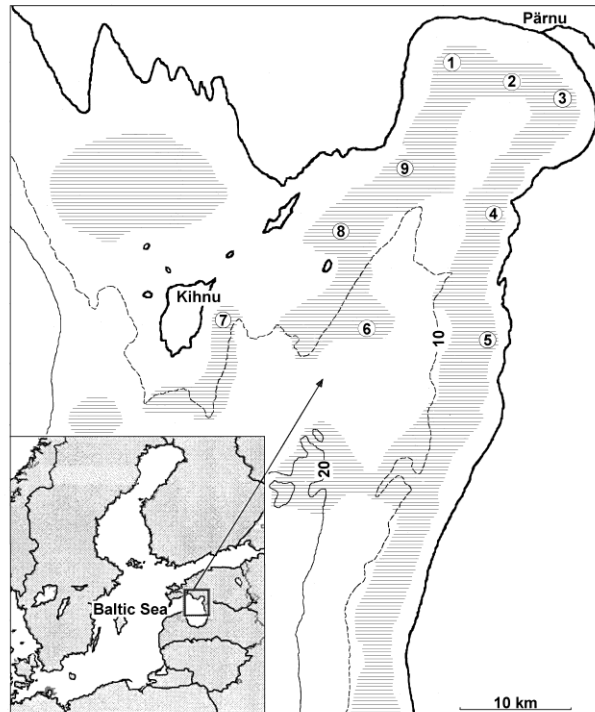
Kalavastsete pikaajalise arvukuse dünaamika uurimisel kasutati mitteparameetrilisi (Spearman Rank correlation R_s) analüüse, kui tingimused parameetriliseks analüüsiks ei olnud täidetud. Andmetöötlus viidi läbi vabakasutatava tarkvara R keskkonnas ning rakendades andmetöötluspaketti STATISTICA 8.0. Seoseid käsitleti statistiliselt oluliseks usaldusnivoo p väärtusel alla 0.05. Liivi lahe räime täiendi (1 aastaste kalade arvukuse) prognoosimiseks suurte (pikkus > 17 mm) räimevastsete alusel kasutati GAM mudelit (*Generalized Additive Model*), kuna see mudel kirjeldas suurima osa täiendi arvukuse aastatevahelisest variatsioonist.

Režiimihike analüüsil rakendati Rodionov'i järjestikust t-testi (Rodionov 2004), mille alusel tuvastati statistiliselt olulised nihked ökosüsteemi peamiste üksikkomponentide pikaajalises dünaamikas. Režiimihike analüüsil rakendati järgmisi tingimusi: *probability=0.1; Huber parameter=1, no weighting*.

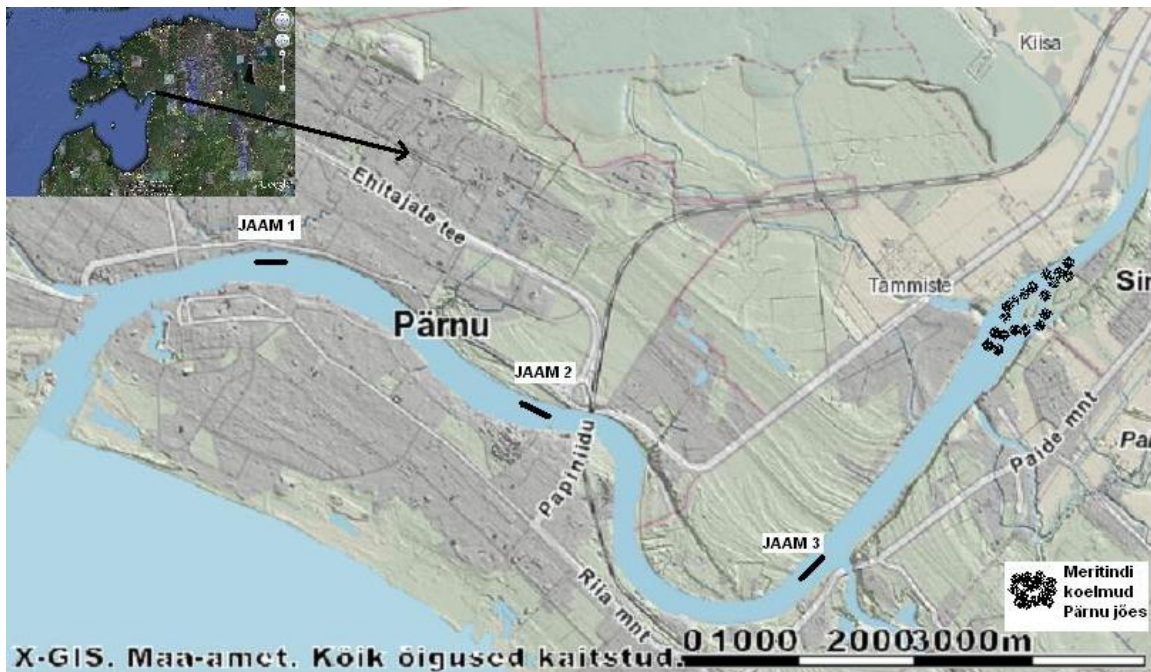
Meritindi vastsete aastane keskmine arvukus Pärnu jõel (isendeid 10 minuti püügi kohta) on arvatud reise kohta mil kalavastseid esines püükides massiliselt vähemalt ühes jaamas.

Tabel 1. Kalavastsete püügi koordinaadid Liivi lahe kirdeosas ja Pärnu lähel.

Jaam	Koordinaadid	
1. Audru	58° 22'	24° 22'
2. Poi	58° 20'	24° 26'
3. Uulu	58° 19'	24° 31'
4. Tahku	58° 15'	24° 27'
5. Timmkanal	58° 08'	24° 24'
6. Palva	58° 07'	24° 14'
7. Kihnu	58° 08'	24° 05'
8. Sorgu	58° 13'	24° 13'
9. Liu	58° 16'	24° 19'



Joonis 1. Kalavastsete püükide asukohad meres: 1 – Audru, 2 – Poi, 3 – Uulu, 4 – Tahku, 5 – Timmkanal, 6 – Palva, 7 – Kihnu, 8 – Sorgu ja 9 – Liu (viirutatud alad tähistavad kevadkuduräime koelmuid Liivi lahe kirdeosas).



Joonis 2. Meritindi vastsete püügi asukohad Pärnu jões koos koelmualadega.

Tabel 2. Pärnu lahel ja Liivi lahe kirdeosas teostatud kalavastsete püükide kuupäevad, tuule tugevus ja suund, vee läbipaistvus ning pinnavee temperatuur 2010. aastal.

Reisi aeg	Nädal	Jaam	Tuule tugevus (m/s) ja suund	Secchi (m)	Veetemperatuur pinnal (°C)
12.5.2010	20	Poi	1W	0,70	11,5
12.5.2010	20	Uulu	1W	0,80	11,8
19.5.2010	21	Poi	0-1E	1,50	17,4
19.5.2010	21	Audru	1E	1,70	20,2
19.5.2010	21	Uulu	1E	1,40	17,7
25.5.2010	22	Audru	1NE	1,00	15
26.5.2010	22	Liu	1NE	2,10	14,4
25.5.2010	22	Sorgu	2NE	2,20	14,0
25.5.2010	22	Palva	2NW	1,80	14,0
25.5.2010	22	Tahku	2NE	1,20	14,4
26.5.2010	22	Uulu	2NE	0,90	14,4
26.5.2010	22	Poi	2NE	0,90	13,6
31.5.2010	23	Audru	5NE	0,80	14,7
3.6.2010	23	Liu	2-3SE	2,00	14,8
3.6.2010	23	Sorgu	2-3SE	2,80	13,4
3.6.2010	23	Kihnu	2-3SE	2,60	13,4
3.6.2010	23	Palva	3NW	3,70	15,5
3.6.2010	23	Timmkanal	3-4NNW	3,20	14,8
31.5.2010	23	Uulu	5NE	0,80	15,4
3.6.2010	23	Poi	5-6W	1,40	16,8
10.6.2010	24	Audru	2NE	1,20	15,8
7.6.2010	24	Liu	2-3W	2,6	12,80
7.6.2010	24	Kihnu	6-7N	3,00	12,8
7.6.2010	24	Palva	4-5E	3,20	12,2
7.6.2010	24	Timmkanal	3-4NNE	2,60	13,8
7.6.2010	24	Tahku	5NNE	1,40	13,4
10.6.2010	24	Uulu	2-3NE	1,00	15,8
7.6.2010	24	Poi	4S	1,80	14,0
20.6.2010	26	Audru	5-6SW	0,50	16,2
17.6.2010	25	Liu	2W	0,90	14,3
17.6.2010	25	Sorgu	3-4W	2,10	15,0
17.6.2010	25	Kihnu	5-6W	2,40	14,0
17.6.2010	25	Palva	5-6NW	2,80	13,2
17.6.2010	25	Timmkanal	7-8NW	1,50	14,8
17.6.2010	25	Tahku	4-5NW	0,90	15,8
20.6.2010	26	Uulu	2-3SW	0,60	16,4
17.6.2010	25	Poi	1-2NW	0,80	16,0
26.6.2010	26	Audru	6-8SW	1,00	17,2
22.6.2010	26	Liu	3N	1,20	15,0

Reisi aeg	Nädal	Jaam	Tuule tugevus (m/s) ja suund	Secchi (m)	Veetemperatuur pinnal (°C)
22.6.2010	26	Sorgu	3-4N	1,60	14,5
22.6.2010	26	Kihnu	3-4N	2,20	14,0
22.6.2010	26	Palva	3N	2,10	14,1
22.6.2010	26	Timmkanal	2-3N	1,70	14,5
22.6.2010	26	Tahku	3N	1,00	15,2
22.6.2010	26	Poi	2N	0,80	15,8
29.6.2010	27	Audru	4-5NW	0,80	20,0
30.6.2010	27	Liu	2SW	1,60	19,4
30.6.2010	27	Sorgu	3-4SW	2,10	18,8
30.6.2010	27	Kihnu	3-4SW	3,00	18,4
30.6.2010	27	Palva	1-2S	2,40	19,5
30.6.2010	27	Timmkanal	3S	1,70	20,3
30.6.2010	27	Tahku	0-1	1,90	21,3
29.6.2010	27	Uulu	4-5NW	0,80	20,0
30.6.2010	27	Poi	0-1	1,30	21,4
8.7.2010	28	Audru	3-4NW	2,00	21,8
7.7.2010	28	Liu	1-2NW	2,40	22,6
7.7.2010	28	Sorgu	2-3NW	2,30	22,2
7.7.2010	28	Kihnu	1-2N	3,50	20,2
7.7.2010	28	Palva	3-4N	3,20	20,0
7.7.2010	28	Timmkanal	3-4N	2,60	20,6
7.7.2010	28	Tahku	3-4N	1,50	21,7
8.7.2010	28	Uulu	2-3NW	2,20	21,6
7.7.2010	28	Poi	2NW	1,90	22,5
16.7.2010	29	Audru	6SW	1,60	26,0
13.7.2010	29	Liu	2NE	1,60	23,2
13.7.2010	29	Sorgu	2S	2,20	22,6
13.7.2010	29	Kihnu	2E	2,00	23,8
13.7.2010	29	Palva	0	2,50	25,2
13.7.2010	29	Timmkanal	1SE	3,00	25,6
13.7.2010	29	Tahku	1-2NW	2,70	25,0
17.7.2010	29	Uulu	0-1SW	0,80	26,5
13.7.2010	29	Poi	0,5NW	1,40	26,8
21.7.2010	30	Liu	2-3SE	2,60	23
21.7.2010	30	Sorgu	2-3SE	2,40	22,8
22.7.2010	30	Kihnu	3S	4,20	22,5
21.7.2010	30	Palva	2-3S	2,90	22,6
22.7.2010	30	Timmkanal	3-4S	2,40	24,4
22.7.2010	30	Tahku	3SW	1,60	25
22.7.2010	30	Uulu	2SW	0,80	26,2
21.7.2010	30	Poi	2SE	0,90	24

Tabel 3. Meritindi vastsete püüdmise aeg, tuule suund ja tugevus, vee läbipaistvus (Secchi, m), pinnakihi temperatuur ning vastsete arvukus (10 minuti püügi kohta) Pärnu jões 2010. aastal

Reisi aeg	Jaam	Tuule tugevus		Pinnatemp.		Meritint
		(m/s), suund	Aeg	Secchi (m)	(°C)	
6.5.2010	I	5NE	15:39	0,8	9,0	27
	II	5NE	15:04	0,8	8,5	12
	III	5NE	14:33	0,8	8,8	25
15.5.2010	I	5,5E	17:03	0,9	16,8	147
	II	5,5E	17:27	0,9	17,0	214
	III	5,5E	17:47	0,9	17,2	24
21.5.2010	I	0,4S	10:20	0,8	20,1	0
	II	0,4S	10:50	0,6	20,6	1
	III	0,4S	11:13	0,8	20,2	0
28.5.2010	I	1,3SW	10:55	1,1	15,8	0
	II	1,3SW	11:25	1,2	15,8	7

4. Tulemused

4.1. Vee eluta keskkonna parameetrite sesoonne dünaamika

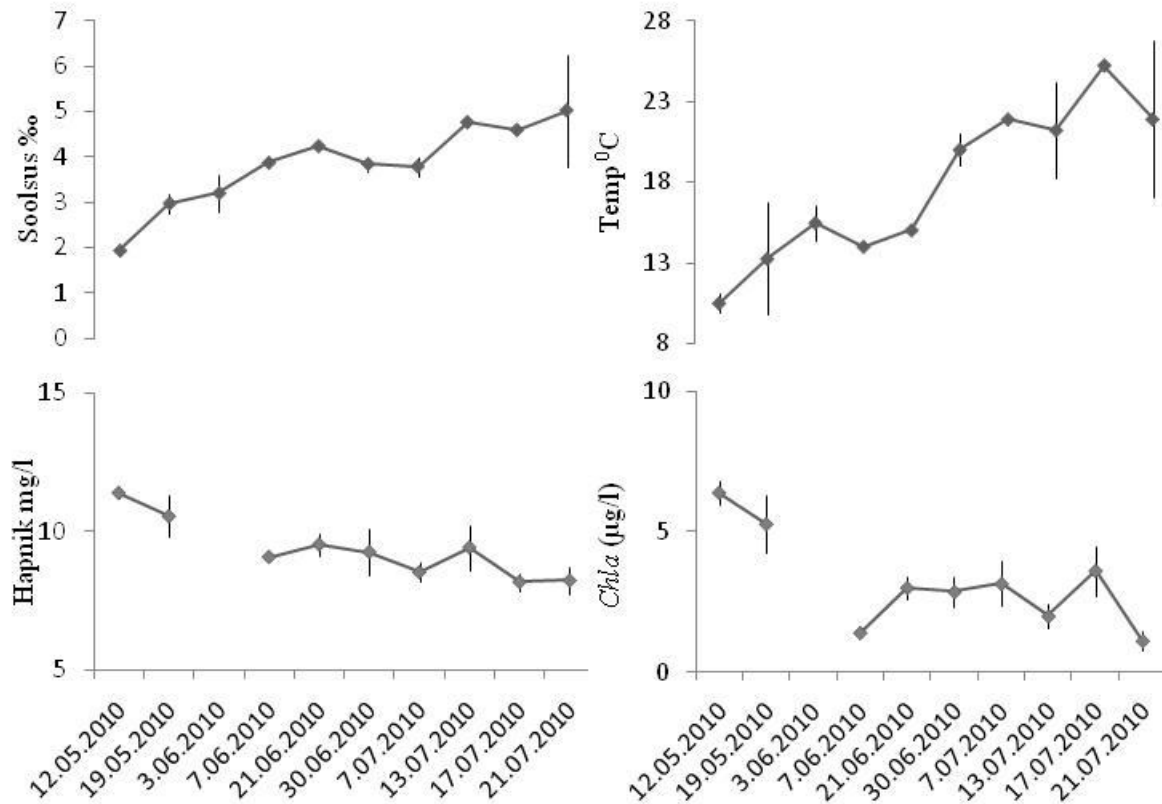
Veetemperatuur oli 2010. aastal erakordselt kõrge. Mai teiseks nädalaks ulatus temperatuur 10 °C-ni ning temperatuur jätkas tõusu kuni juuni esimese nädalani, misjärel tegi läbi väikese languse, kuid juulikuus oli temperatuur läbi terve veekihi (pinnast põhjani) enam kui 25 °C (Joonis 3).

Soolsus varieerus uurimisperiodil vahemikus 1.9-5.1‰. Suhteliselt madalam soolsus mais oli ilmselt tingitud suurematest jõe vooluhulkadest kusjuures juunis – juulis täheldatud soolsuse kõrgemad väärtused võisid olla ühelt poolt tingitud nii alanenud jõe sissevoolust kui ka soojast ilmast tingitud vee intensiivsemast aurustumisest. Üldjoontes saab täheldada soolsuse tõusu sesooni arenendes ja võrdlemisi suurt variatsiooni pinnast põhjani.

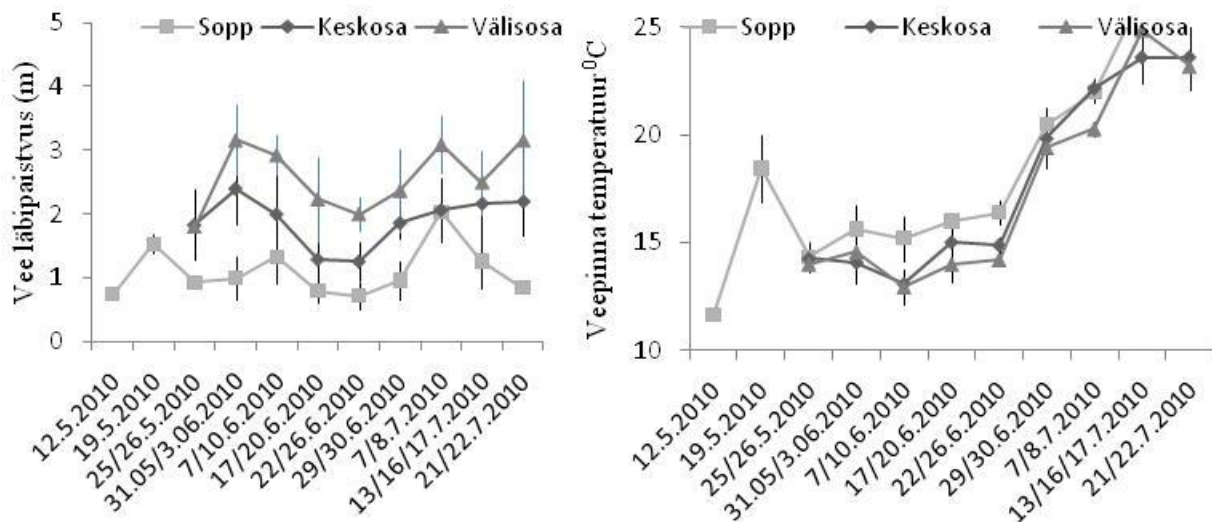
Hapniku küllastusprotsent varieerus uuritud perioodid vahemikus 97-107 % ning hapnikusisaldus 8.2-11.4 mg/l. Mõnevõrra kõrgem hapniku sisaldus mõõdeti maikuu ning suhteliselt madalamad väärtused juunis-juulis, mil hapniku kontsentratsioon oli 8.2-9.5 mg/l (Joonis 3).

Chl *a* kontsentratsioon varieerus vahemikus 1.1-6.4 µg/l. Chl *a* väärtused langesid maist-juulini, ning olid mõnevõrra kõrgemad juulis. Selgesuunalist tendentsi Chl *a* kontsentratsioonides pinna ja põhja vahel ei ilmnenud, millest ka suhteliselt väike variatsioon (Joonis 3).

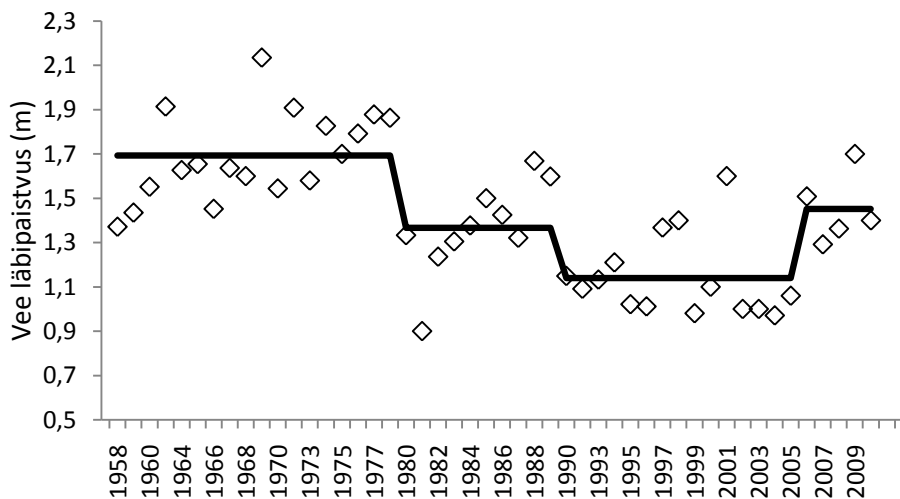
Vee läbipaistvus ja merevee pinnakihi temperatuur erinesid piirkonniti uurimisalal. Üldine sesoonne dünaamika oli küll sarnane, kuid välja võib tuua märkimisväärselt madalama vee läbipaistvuse lahe sopis, võrrelduna lahe kesk- või välisosaga. Samuti võib täheldada lahe sopis vee pinnatemperatuuri suhteliselt kiiremat soojenemist kevadel ning ühtlustumist suvel (Joonis 4). Pika-ajalisel skaalal on vee läbipaistvus, peale korduvat hüppelist langus, hakanud tõusma alates 2000-ndate aastate keskpaigast (Joonis 5).



Joonis 3. Eluta keskkonna parameetrite sesoonne dünaamika Pärnu lahes (Poi jaam; keskmine ± standardhälve). Väärtused on toodud keskmistena pinnast põhjani.



Joonis 4. Vee läbipaistvuse ja pinnavee temperatuuri sesoonne dünaamika kolmes erinevas piirkonnas Pärnu lahel ja Liivi lahe kirdeosas (keskmine \pm standardhälve). Lahesopp: Audru, Uulu, Poi; Keskosa: Tahku, Liu, Sorgu; Välisosa: Timmkanal, Palva, Kihnu.



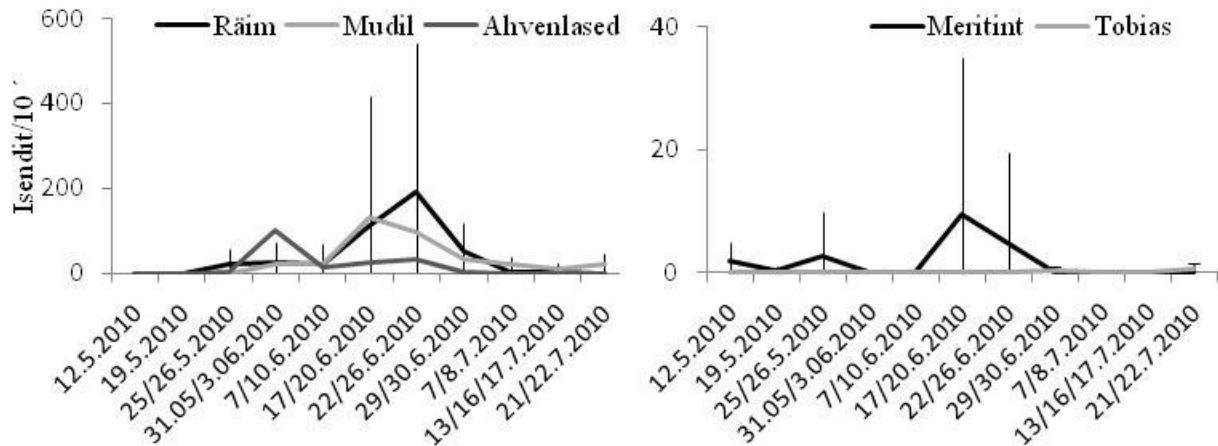
Joonis 5. Vee läbipaistvuse (mõõdetuna Secchi kettaga) pika-ajaline dünaamika koos režiimihike joonega Pärnu lahes (jaamad 1-4, 9; vt. tabel 1) aastatel 1958-2010.

4.2. Kalavastsete liigiline koosseis ning räime ja mudila arvukuse dünaamika

Henseni traalis esines 2010.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*) ja madunõel (*Nerophis ophidion*). Arvukaimalt esines mudilat ja räime kusjuures teiste liikide arvukused jäid oluliselt väiksemateks (Lisa 1).

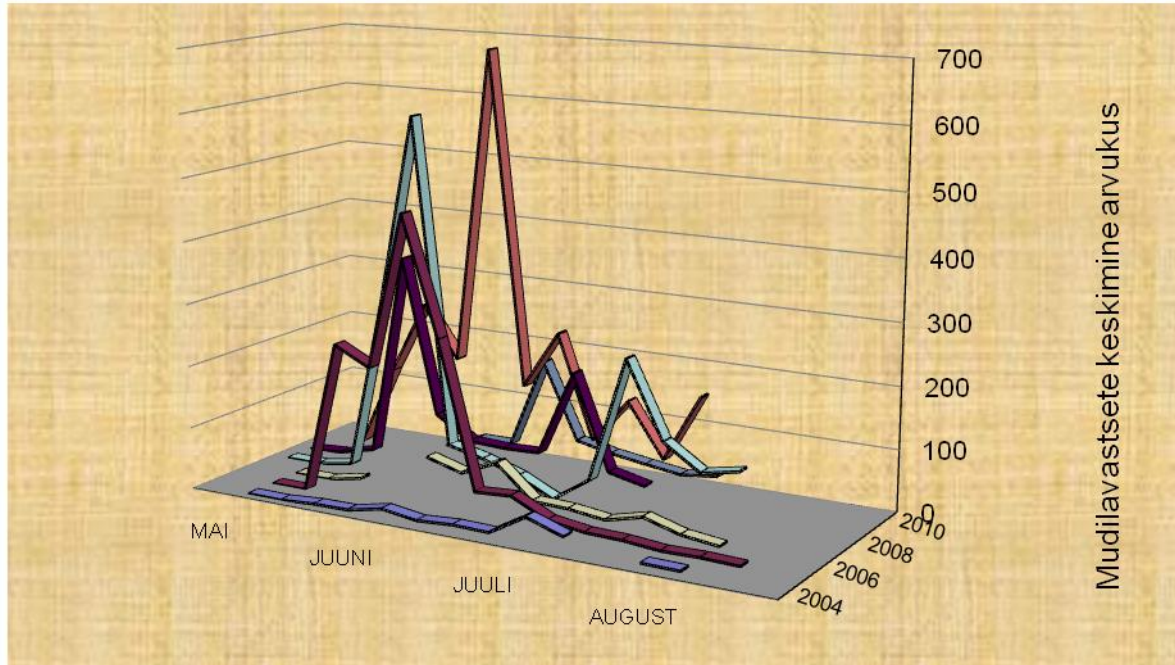
Räimevastseid leiti kõigist jaamadest, kusjuures arvukaimalt esines neid Pärnu lahe siseosas (Audru, Poi, Uulu). Esimesed räimevastsete ilmusid püükidesse mai keskel. Arvukus kasvas kiiresti kuni juuni lõpuni, pärast mida arvukus vähenes (Joonis 6). Arvukaimalt (vastseid oli püükides enam kui 50% sessooni keskmisest – nõ. 'massesinemine') leiti räimevastseid juuni esimesest kuni juuli esimese nädalani. Räimevastseid esines püükides kuni juuli lõpuni. Võrreldes eelnevate aastatega oli 2010. aastal räimevastsete keskmine arvukus (47 isendit püügi kohta) väiksem kui aastatel 2004-2009. Erinevalt möödunud aastast kui kudemisele eelnes suhteliselt soe talv ja varajane soojenemine kevadel, leidis 2010. aastal räime massiline kudemine aset mõnevõrra hiljem ja vastsete arvukuse jaotus püükides oli ebahühtlasem. Räimevastsete suurim arvukus leiti juuni eelviimsel nädalal ja vastsete arvukus varieerus jaamade vahel väga suurel määral.

Ahvenlaste vastsete arvukus tipnes juuni esimesel nädalal (103 isendit 10 minuti püügi kohta), peale mida see kahanes kuni püükidest kadumiseni viimasel reisil. Väikese tobias ja meritindi arvukused olid püükides märkimisväärselt madalamad (Joonis 6)



Joonis 6. Püükides esinenud kalavastsete arvukuse sesoonne dünaamika (isendit 10 minuti püügi kohta) Pärnu lahe ja Liivi lahe kirdeosas üheksas jaamas 2010. aastal.

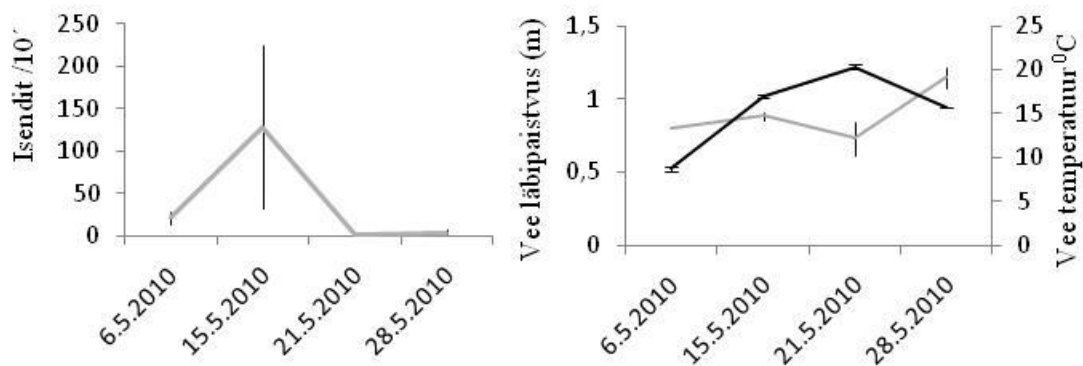
Mudilavastsete ja –noorjarkude arvukuse sesoonne dünaamika on aastate lõikes erinev ja ühtset mustrit dünaamikas ei kujune (Joonis 7). Enamasti oli mudilavastsete sesoonne dünaamika kahetine: (i) arvukus püsis kas madal ja stabiilne kogu vastsete esinemisperioodi jooksul, või (ii) ilmnis arvukuse kiire tõus ja järsk langus lühikese aja jooksul. Mudilavastsete ilmusid püükidesse maikuu ning muutusid vähearvukaks alates augustist. Sesooni kõrgeimad arvukused esinesid mai viimastel nädalatel ja juuni esimestel nädalatel, 2007. ja 2008. a. oli arvukus kõrge ka juulis. 2010. aastal oli mudilavastsete arvukus (40 isendit 10 minuti püügi kohta) madalam kui eelnevatel aastatel, saavutades sesooni maksimumi juuni kolmandal nädalal.



Joonis 7. Mudilavastsete arvukuse sesoonne dünaamika (isendit 10 minuti püügi kohta) Pärnu lahel ja Liivi lahe kirdeosas aastatel 2004-2010.

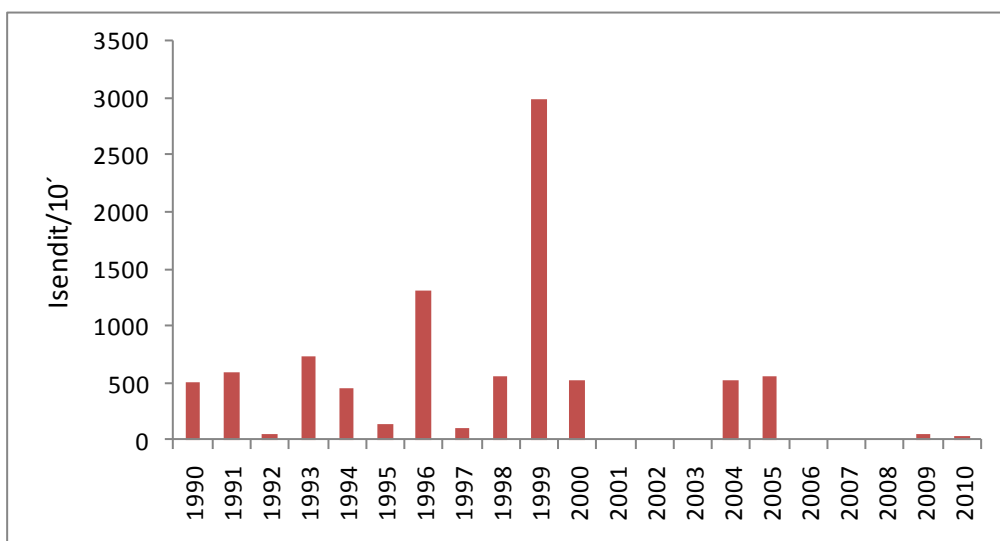
4.3. Meritindi vastsed Pärnu jões

Esimene reis sooritati 6. mail kui veetemperatuur meritindi koelmuil oli 8.5-9.0 °C. Veetemperatuur tõusis kiiresti ulatudes 21. maiks 20.6 °C. Hapniku sisaldus varieerus vahemikus 8.7-11.3 mg/l ning Chl *a* kontsentratsioon 2.8-3.4 µg/l. Meritindivastseid oli püükides mai esimesel nädalal 12-27 is/püügi kohta, ning nende arvukus oli suurim mai teisel nädalal, ulatudes 128 isendini püügi kohta. Sellel nädalal varieerus arvukus suurel määral jaamade vahel, olles oluliselt kõrgem lahe suudme poole jäävates jaamades (I ja II), mis viitab nende koorumisele 1-2 päeva tagasi, kuna jõe voolukiirus varieerus vahemikus 0.04-0.2 m/sek ja põhikoelmud jäävad lahe suudmest 10-12 km kaugusele. Järgmistel nädalatel meritindi vastsete arvukus püükides kahanes, mis viitab massilise kudemise lõppemisele (Joonis 8). Esimestel reisidel oli püükides arvukalt rebukotiga eelvastseid pikkusega valdavalt 5-7 mm, mis tulenes nende äsjasest koorumisest. Selget seost Pärnu jõest ja lahest püütud tindivastsete arvukuse vahel perioodil 1990-2010 ei ilmnenud. Vastsete sesoonne dünaamika ja arvukuse maksimum olid sarnased möödunud aastale, kuid veetemperatuuri väärtused olid vastsete esinemise ajal 2010. aastal märkimisväärselt kõrgemad kui 2009. aastal.



Joonis 8. Meritindi vastsete arvukuse (vasakul) ning vee läbipaistvuse (hall joon) ja temperatuuri (paremal, must joon) sesoonne dünaamika Pärnu jõel 2010. a. mais (keskmise ± standardhälve).

Meritindi vastsete pikaajaline arvukus on varieerunud alates 1990-ndast aastast, mil meritindi vastsete püüke Pärnu jõel alustati, suurtes piirides. Kuigi 2000-ndatel aastatel on uuringuid tehtud vaid üksikuil aastail selgub, et 1990-ndail aastail oli meritindi vastsete arvukus selgelt suurem kui viimasel kümnendil kusjuures 2010. a. oli meritindi vastseid erakordselt vähearvukalt (42 isendit 10 minuti püügi kohta; Joonis 9).

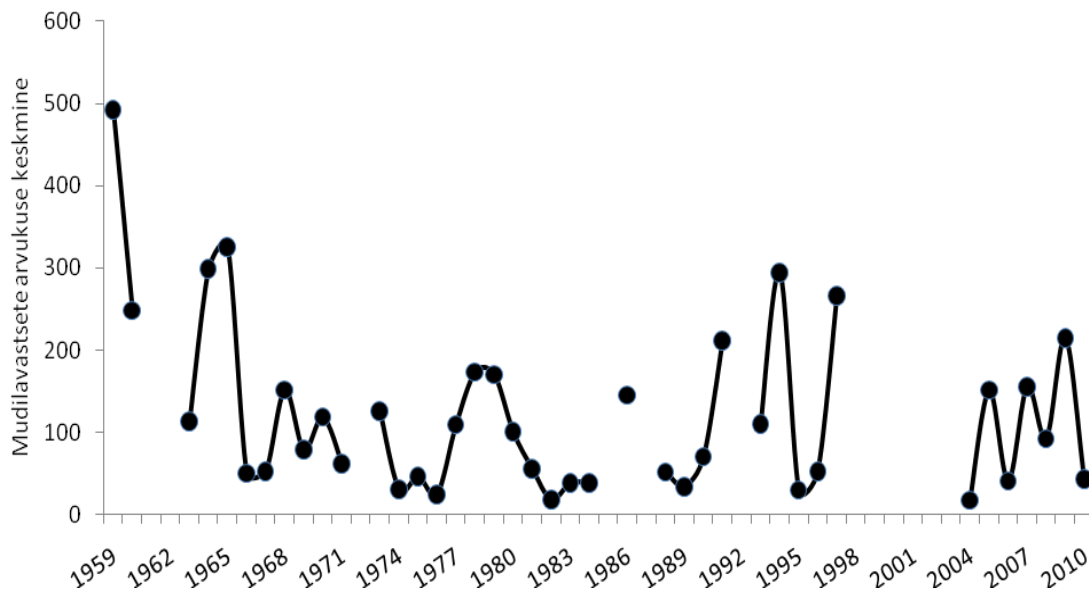


Joonis 9. Meritindi vastsete keskmine arvukus (isendit 10 minuti püügi kohta) Pärnu jões aastatel 1990-2010.

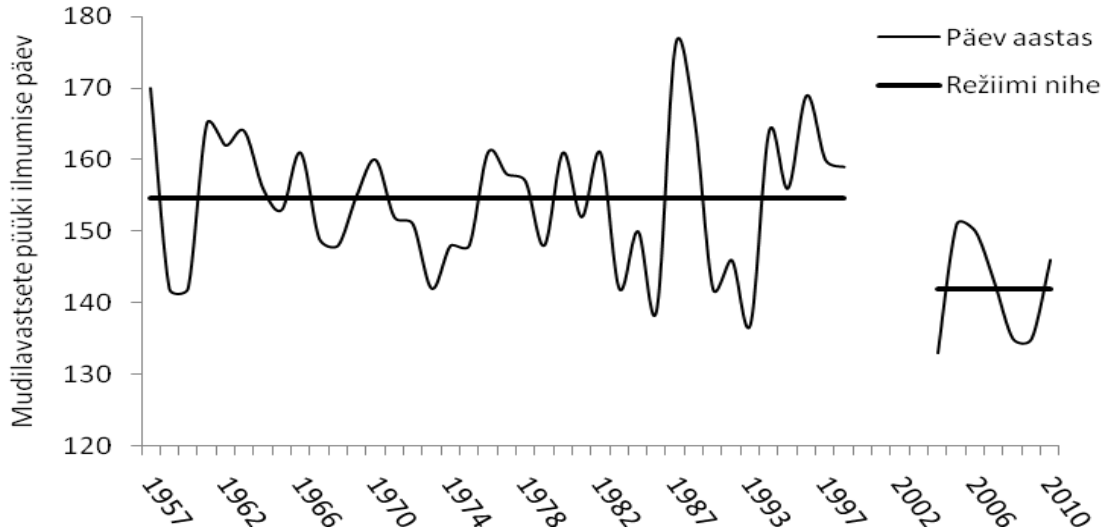
4.4. Mudila noorjärkude arvukuse pika-ajaline dünaamika

Pikaajalisel skaalal (aastad 1958-2010) langes mudilavastsete ja -noorjärkude arvukus oluliselt, olles 2010. aastal madalam kui eelnenud aastail (Joonis 10). Mudilavastsete arvukus on langenud eriti Pärnu lahes, kusjuures lahe välisosas kindlasuunalist trendi arvukuse muutuses ei ilmnenud.

Mudilavastsete püükidesse ilmumine on varieerunud enam kui kuu aega (vastavalt 133–176 päevani; Joonis 11). Kõige varem ilmusid mudilavastset püüki 2004. aastal - 133. päeval (12. mai) ning hilisemalt 1987. aastal - 176. päeval (25. juuni). Keskmiselt ilmusid mudilavastset püükidesse 152. päeval (31. mail). Esimesed vastsed ilmusid püükidesse reeglina Pärnu lahe siseosas asuvates jaamades (Audru, Uulu, Poi), kus veetemperatuuri soojenemine toimub kevadel kiiremini. Režiimihke analüüsist ilmnes, et 2000-ndail aastail ilmus mudil püükidesse oluliselt varem kui kogu eelneval perioodil ($RSI=-0,51$; $p<0,01$; $n=45$). Esimesel perioodil ($n=38$) ilmus mudil püükidesse keskmiselt 155. päeval. Alates 2004. a. ilmus mudil püükidesse umbes 2 nädalat varem, vastavalt 141. päeval. ($n=7$). Pikaajalisel skaalal usaldusväärset muutust esmaesinemise päeva varasemaks või hilisemaks muutumises ei ilmnenud.



Joonis 10. Mudila noorjärkude arvukuse pikaajaline dünaamika Pärnu lahes ja Liivi lahe kirdeosas aastatel 1958-2010.



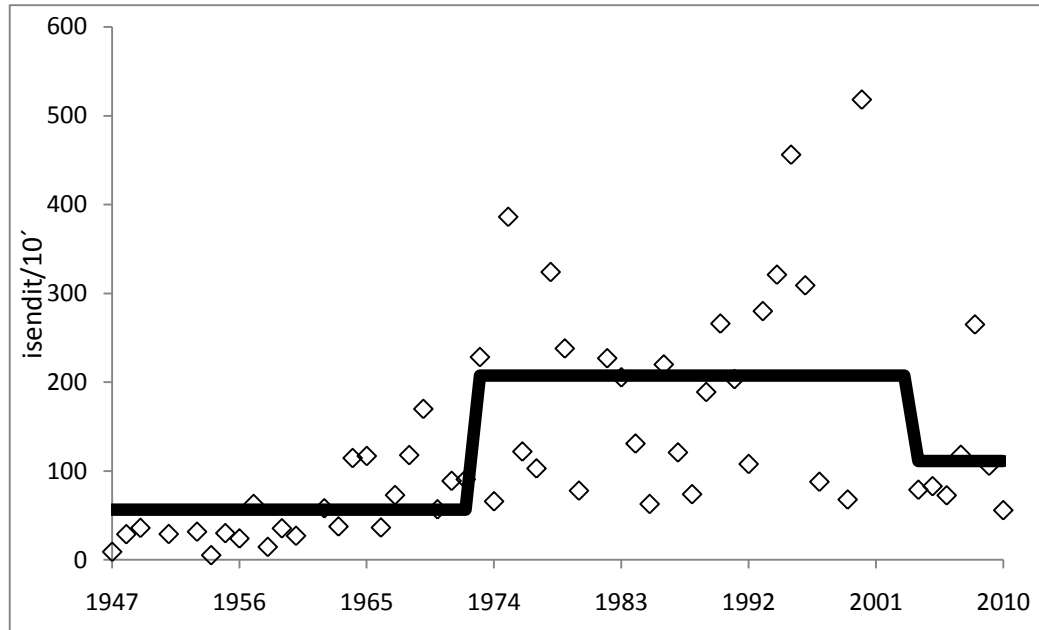
Joonis 11. Mudilavastsete püükidesse ilmumise päeva dünaamika pinnalähedases veekihis Pärnu lahel 1957-2010. a. (koos režiiminihke analüüsi joonega).

4.5. Räimevastsete arvukuse pika-ajaline dünaamika ja seda määravad tegurid

Alates 1947. aastast on räimevastsete aastatevaheline arvukus varieerunud märkimisväärselt (Joonis 12). Räimevastsete arvukus oli suhteliselt madal 1950-ndail aastail, millele järgnes kiire tõus 1960-ndail. Alates 1970-ndaist on vastsete keskmine arvukus püsinud kõrge, kuid varieerunud ligi kümnekordselt ulatudes mõnel aastal erakordselt kõrgete väärtusteni. Sellist suureskaalalist lühiajalist (aastatevahelist) varieerumist, ilma tõenäose languse või tõusuta isendite arvukuses võib pidada ootuspäraseks tulemuseks, kuivõrd tegemist on suhteliselt lühiealise kalaliigi varajaste elustaadiumitega, mille leviku kirjeldamise ja arvukuse hindamise muudab keeruliseks suhteliselt suur hajuvus veemassides.

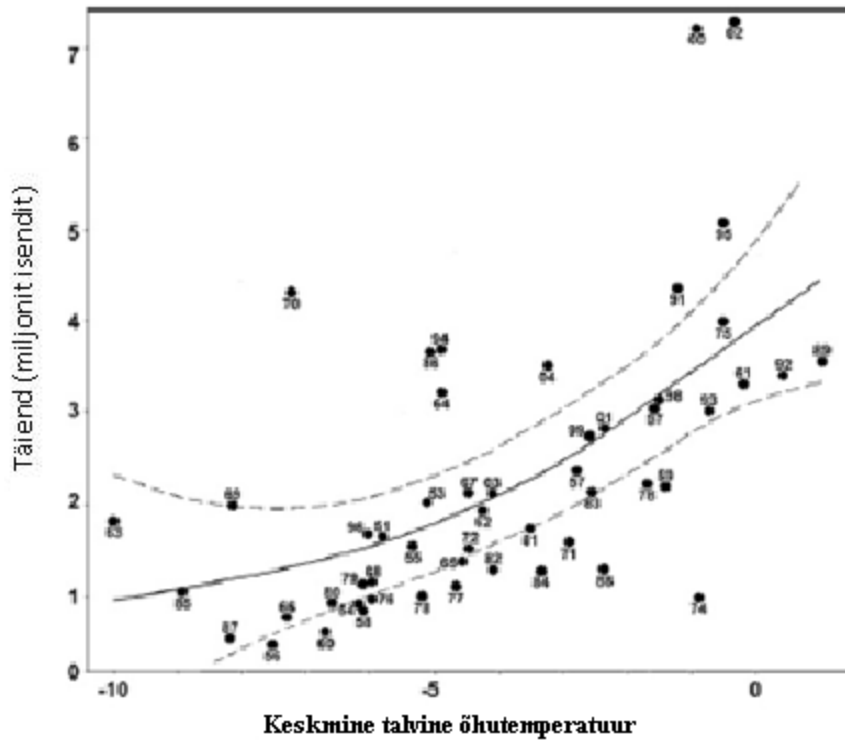
Räimevastsete pikaajaline arvukus on muutunud statistiliselt usaldusväärselt kahel korral (nõ režiiminihe): (i) 1973. aastal, mil räimevastsete keskmine arvukus suurenes 56-lt isendilt 207 isendini püügi kohta; (ii) 2004. aastal, kui räimevastsete arvukus langes 111 isendini (Joonis 12). Seda fakti arvesse võttes on põhjust arvata, et Liivi lahe

kevadräime erinevate eluetappide vahelised seosed (st. kudukari – vastsed – täiend) on paindlikud ja sõltuvalt elukeskkonna tingimustest periooditi muutuvad.



Joonis 12. Räimevastsete arvukuse pikaajaline dünaamika Pärnu lahes ja Liivi lahe kirdeosas (koos režiimihike joonega) aastatel 1947-2010.

Analüüsidest talvetemperatuuri käiku pikaajalisel skaalal selgub, et suhteliselt külmem periood algas 1940-ndail ja kestis kuni 1970-ndateni. Sel perioodil oli räimevastsete arvukus suhteliselt madal. Alates 1970-ndate algusest, kui talved muutusid pehmemaks, suurenes räimevastsete arvukus märkimisväärselt ning paranes seos vastsete arvukuse ja täiendi vahel. See ühtlasi kinnitab, et talvetemperatuuride tähtsus sel perioodil oli vähemolulisem (Tabel 4). Samuti leiti negatiivne seose talve karmuse ja räime põlvkonna vahel: pärast külmemaid talvi tekib vähem arvukam täiend (Joonis 13). Ilmneb, et see seos ei ole lineaarne kusjuures keskmine talvetemperatuur (jaanuarist märtsini) alla $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ tekkiva räimepõlvkonna suurust oluliselt ei mõjuta. Samas, kuni $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni näib õhutemperatuuril olevat tekkiva räimepõlvkonna suurusele oluline negatiivne mõju.



Joonis 13. Liivi lahe kevadkuderäime põlvkonna tugevuse seos keskmise Pärnu talvetemperatuuriga (jaanuar-märts) aastatel 1951–2004 (pidevjoon: GAM \pm 2x standardhälve; Ojaveer et al. 2011).

Uuritud parameetritest korreleerub Liivi lahe kevadkuderäime põlvkonna tugevusega enim talvetemperatuur ning suurte vastsete arvukus, kusjuures seosed on usaldusväärsed nii kogu uurimisperioodi kui ka alaperioodide kaupa (Tabel 4).

Tabel 4. Liivi lahe kevadkuderäime põlvkonna tugevuse korrelatiivne seos erineva suurusega räimevastsete- ja olulisemate keskkonnamuutujate vahel kogu uurimisperioodil ja erinevate režiimihke perioodide lõikes (Ojaveer et al. 2011).

Muutuja	1951–2004	1951–1972	1973–2004
Vastsed 5–9mm	0.25(38)	0.23(18)	–0.02 (20)
Vastsed 10–16mm	0.40* (38)	0.25(18)	0.53* (20)
Vastsed \geq 17mm	0.62** (38)	0.50* (18)	0.78* (20)
Õhu temp. °C			
(Jaan.–Märts)	0.66** (52)	0.47* (21)	0.69* (31)
Õhu temp. °C			

(Mai–Juuli)	0.37* (50)	−0.01 (20)	0.47* (30)
Vee läbipaistvus			
(Mai–Juuli)	−0.14 (34)	0.42(9)	−0.08 (25)

Sulgudes on toodud vaatluste arv. * P < 0.05; ** P < 0.001.

Perioodil, mil talved olid külmemad ning seetõttu räimevastsete arvukus väiksem, usaldusväärselt seost räime kudukarja biomassi ja täiendi arvukuse vahel ei leitud (Tabel 5). Ilmselt on siin piiravaks teguriks talve karmus räime esimesel elutalvel. Seevastu soojemate talvedega perioodil, mil suurte vastsete arvukus kirjeldas hästi täiendi arvukust, on statistiliselt tõenäone, et suurem kalavaru tagab arvukama täiendi kusjuures temperatuur esimesel elutalvel räime täiendi suurust oluliselt ei mõjuta.

Tabel 5. Osakorrelatsiooni koefitsent (ρ) Liivi lahe kevadkuderäime täiendi (x), suurte (≥ 17 mm) räimevastsete (y) ja SSB (z) vahel (Ojaveer et al. 2011).

	1957–2004(n = 33)	1957–1972(n = 13)	1973–2004(n = 20)
xy(z)	0.67**	0.46	0.69**
xz(y)	0.41**	0.32	0.52*
yz(x)	0.28	−0.41	0.52*

Sulgudes on toodud vaatluste arv. * P < 0.05; ** P < 0.001.

5. Kasutatud kirjandus

ICES. 2009. Report of the Working Group on Holistic Assessments of Regional Marine Ecosystems (WGHAME), 12-16 October 2009, ICES Headquarters, Copenhagen. ICES CM 2009/RMC:13. 76 pp.

Ojaveer, E., Arula, T., Shpilev, H., Lankov, A. 2011. Impact of environmental deviations on the larval and year class abundances in the spring spawning herring (*Clupea harengus membras L.*) of the Gulf of Riga (Baltic Sea) in 1947-2004. Fisheries Research, 107: 159-168.

Rodionov, S. N. 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts, Geophys. Res. Lett., 31, L09204, doi:10.1029/2004GL019448.

6. Kokkuvõte

Võrreldes nii eelnevate aastatega, kui ka pikaajalisel skaalal, oli 2010. aastal kalavastsete arvukus Pärnu lahes ja Liivi lahe kirdeosas suhteliselt madal.

Räimevastsete keskmine arvukus oli 2010. aastal, pärast olulist arvukuse langust 2004. aastal, perioodi madalaim (47 isendit püügi kohta). Erinevalt möödunud aastatest, mil kudemisele eelnes suhteliselt soe talv ja varajane soojenemine kevadel, toimus räime massiline kudemine 2010. aastal mõnevõrra hiljem (kuigi mai alguses oli erakordne kahenädalane soojalaine). Räimevastsete arvukuse jaotus püükides oli ebahütlane ning suurim arvukus registreeriti alles juuni lõpus. Vastsete arvukuse tavapärasest hilisem maksimum viitab asjaolule, et kala kudekäitumine on enim mõjutatud talve temperatuuridest, ning mitte niivõrd kiirest veetemperatuuri tõusust kevadel.

Kuigi Liivi lahe kevadkuderäime varu on momendil suhteliselt kõrge, on tõenäone, et möödunud talv, mis oli viimaste kümnendite üks külmemaid, mõjutas kala kudemist ja seeläbi vastsete suremust ning nende arvukust. Lähtudes senisest teadmisest täiendi kujunemise mehhanismile, ning pidades silmas räimevastsete madalat arvukust 2010. aastal, oleks ootuspärane keskmise või madala arvukusega täiendi kujunemine 2011. aastal. Sellesuunaliste soovitude rakendumise tõenäosust on meil plaanis lähiaastail täpsemalt uurida.

Pika-ajaliste andmeridade analüüsil selgus kliima oluline ja kohati määrav mõju Liivi lahe räimepopulatsioonile. Eelkõige seondub see temperatuuritingimustega talvel. Perioodil mil valdavad külmemad talved (1940-ndad-1970-ndate algus), on räimevastsete arvukus suhteliselt madal ning seos vastsete arvukuse ja täiendi vahel nõrgem. Sel perioodil puudus usaldusväärne seos kudekarja biomassi ja täiendi vahel. Seevastu pehmemete talvedega perioodil (alates 1970-ndate keskpaigast) suurenes räimevastsete arvukus märkimisväärselt, paranes seos vastsete arvukuse ja täiendi vahel, vähenes talvetemperatuuride mõju ning suurem räimevaru tagas arvukama täiendi. Pärast külmemaid talvi tekib reeglina vähemarvukam täiend, kusjuures see seos ei ole lineaarne. Keskmise talvetemperatuuri langemisega kuni ca. $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni kaasneb negatiivne mõju tekkiva räimepõlvkonna täiendile, kuid temperatuurid alla $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ tekkiva räimepõlvkonna suurust oluliselt ei mõjuta.

Räimevastsete arvukuse režiimihked näitavad teatavat sarnasust Läänemere teiste alapiirkondade rannikuosas tuvastatud režiimihetega (WGHAME 2009).

Pikaajalisel skaalal (aastad 1958-2010) vähenes mudilavastsete ja -noorjarkude arvukus oluliselt (eelkõige Pärnu lahes) ning 2010. aastal oli see madalam (40 isendit püügi kohta) kui vahetult eelnevail aastail. Mudilavastsete esmailmumine püükidesse on varieerunud kogu uurimisperioodi vältel enam kui kuu aega (133–176 päeva), kusjuures 2000-ndail aastail ilmus mudil püükidesse keskmiselt 2 nädala võrra varem kui eelneval perioodil.

Meritindi vastsete pikaajaline arvukus on varieerunud alates 1990-ndast aastast, mil vaststepüüke Pärnu jõel alustati, suurtes piirides (suurim aasta keskmine arvukus ca 3000 isendit). Kuigi 2000-ndatel on uuringuid tehtud vaid üksikuil aastail selgub, et sel kümnendil oli meritindi vastsete arvukus, vaatamata saakide ja ilmselt ka kalavaru suurenemisele, selgelt väiksem kui 1990-ndatel.

7. Lisa 1. Kalavastsete püükide tulemused.

Kalavastsete arvukus Henseni püükides (10 minutit) 2010. aastal.

Reisi aeg	Jaam	Räim	Mudil	Meritint	Väike tobias	Ahvenlased
12.5.2010	Poi	1	0	4	0	0
12.5.2010	Uulu	0	0	0	0	0
19.5.2010	Poi	0	0	0	0	0
19.5.2010	Audru	1	0	0	0	0
19.5.2010	Uulu	0	0	1	0	0
25.5.2010	Audru	0	0	19	0	1
26.5.2010	Liu	32	1	0	0	1
25.5.2010	Sorgu	1	0	0	0	1
25.5.2010	Palva	0	0	0	0	0
25.5.2010	Tahku	98	0	0	0	15
26.5.2010	Uulu	20	2	0	0	7
26.5.2010	Poi	7	2	0	0	6
31.5.2010	Audru	20	130	0	0	541
3.6.2010	Liu	5	3	0	0	2
3.6.2010	Sorgu	5	0	0	0	0
3.6.2010	Kihnu	16	3	0	0	0
3.6.2010	Palva	4	0	0	0	0
3.6.2010	Timmkanal	2	0	0	0	0
31.5.2010	Uulu	143	26	0	0	280
3.6.2010	Poi	4	17	0	0	1
10.6.2010	Audru	17	12	0	0	35
7.6.2010	Liu	8	13	0	0	1
7.6.2010	Kihnu	1	0	0	0	0
7.6.2010	Palva	0	0	0	0	0
7.6.2010	Timmkanal	27	5	0	0	0
7.6.2010	Tahku	87	4	0	0	1
10.6.2010	Uulu	16	133	0	0	70
7.6.2010	Poi	3	14	0	0	8
20.6.2010	Audru	1162	394	47	0	218
17.6.2010	Liu	89	19	0	0	1
17.6.2010	Sorgu	56	12	0	0	0
17.6.2010	Kihnu	1	12	0	0	0
17.6.2010	Palva	7	20	0	0	0
17.6.2010	Timmkanal	108	21	0	0	0
17.6.2010	Tahku	29	45	0	0	66
20.6.2010	Uulu	229	240	0	0	107
17.6.2010	Poi	506	781	67	0	104
26.6.2010	Audru	189	266	0	0	2
22.6.2010	Liu	17	4	0	0	0
22.6.2010	Sorgu	0	0	0	0	0
22.6.2010	Kihnu	58	4	0	0	0
22.6.2010	Palva	52	2	0	0	0
22.6.2010	Timmkanal	201	50	0	0	0
22.6.2010	Tahku	0	0	0	0	0
22.6.2010	Poi	0	0	0	0	0

Reisi aeg	Jaam	Räim	Mudil	Meritint	Väike tobias	Ahvenlased
29.6.2010	Audru	5	14	0	0	4
30.6.2010	Liu	18	42	0	0	0
30.6.2010	Sorgu	81	10	0	1	1
30.6.2010	Kihnu	2	3	0	1	0
30.6.2010	Palva	14	52	0	0	0
30.6.2010	Timmkanal	185	20	0	1	0
30.6.2010	Tahku	139	143	0	1	1
29.6.2010	Uulu	27	20	2	0	2
30.6.2010	Poi	5	6	0	0	2
8.7.2010	Audru	0	13	0	0	0
7.7.2010	Liu	0	0	0	0	0
7.7.2010	Sorgu	0	19	0	0	0
7.7.2010	Kihnu	1	20	0	0	0
7.7.2010	Palva	1	18	0	0	0
7.7.2010	Timmkanal	15	51	0	0	0
7.7.2010	Tahku	6	42	0	0	1
8.7.2010	Uulu	0	7	0	0	0
7.7.2010	Poi	2	34	0	0	0
16.7.2010	Audru	2	0	0	0	0
13.7.2010	Liu	0	0	0	0	0
13.7.2010	Sorgu	0	17	0	0	1
13.7.2010	Kihnu	1	34	0	0	0
13.7.2010	Palva	0	0	0	0	0
13.7.2010	Timmkanal	3	15	1	0	0
13.7.2010	Tahku	0	4	0	0	1
17.7.2010	Uulu	2	27	0	0	0
13.7.2010	Poi	0	6	0	0	0
21.7.2010	Liu	0	24	0	0	0
21.7.2010	Sorgu	0	34	0	0	0
22.7.2010	Kihnu	1	75	0	2	0
21.7.2010	Palva	0	18	0	0	0
22.7.2010	Timmkanal	0	16	0	2	0
22.7.2010	Tahku	1	2	0	0	0
22.7.2010	Uulu	0	0	0	0	0
21.7.2010	Poi	0	5	0	0	0