

HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns
Gagnaskýrsla fyrir árið 2023

Verkpáttur nr. 2:

Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol

Haraldur R. Ingvason og Stefán Már Stefánsson



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

MARINE & FRESHWATER RESEARCH INSTITUTE

Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns

Gagnaskýrsla fyrir árið 2023. Verkpáttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol

Höfundar	Haraldur R. Ingvason og Stefán Már Stefánsson
Unnið fyrir	Bláskógabyggð, Grímsnes- og Grafningshrepp, Landsvirkjun, Orkuveitu Reykjavíkur og Þjóðgarðinn á Þingvöllum
Verkefnisstjóri	Haraldur R. Ingvason
Yfirfarið af	Friðþjófur Árnason
Samþykkt af	Guðni Guðbergsson, sviðsstjóri Ferskvatns- og eldissviðs

Haf- og vatnarannsóknir / Marine and Freshwater Research in Iceland

Númer	HV 2024-39	ISSN	2298-9137
Dagsetning	11. desember 2024	Dreifing	Opin
Fjöldi síðna	30	Verknúmer	17696

© Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

Ágrip

Hér er gerð grein fyrir vöktun á lífríki og umhverfispáttum svífvistar í vatnsbol Þingvallavatns árið 2023. Stöðugleiki virðist ríkja í eðlis- og efnabáttum meðan töluverðar sveiflur má sjá milli ára í vatnshita og þéttleika lífvera, þar á meðal halaflóar, sem virðist hafa náð fyrri þéttleika eftir samfellda lægð í nokkur ár. Halaflóin leikur lykilhlutverk í svífvistinni og er t.d. mikilvæg fæðuteigund fyrir fiska. Þá bendir haustveiði á murta ekki til þess að niðursveifla síðustu ára sé á enda þótt mögulega megi greina jákvæð merki frá síðasta ári.

Lykilorð: svífdýr, blaðgræna, vatnshiti, þyrildýr, murta

Abstract

Presented here are results from annual ecological monitoring of Lake Þingvallavatn, focusing on phytoplankton, zooplankton, environmental variables and planktonic arctic charr in 2023. Chemical and physical factors seem stable between years while water temperature and zooplankton density are more variable. Daphnia, which plays a key role in the ecosystem, has bounced back from a period of unusually low density, starting in 2019. The pelagic charr population that has been collapsing, may show limited signs of recovery although catches are still record low.

Keywords: zooplankton, chlorophyll- *a*, water temperature, rotifer, planktonic arctic charr (murta)

Efnisyfirlit

1 Inngangur	1
2 Framkvæmdalýsing	2
3 Niðurstöður	4
3.1 Eðlis- og efnaþættir	4
3.2 Sjóndýpi og blaðgræna-a	5
3.3 Vatnshiti á stöð 2	6
3.4 Sviflæg krabbadýr	8
3.5 Sviflæg þyrildýr	10
3.6 Murta	12
4 Umræður	16
4.1 Eðlis- og efnaþættir	16
4.2 Sjóndýpi og blaðgræna-a	17
4.3 Vatnshiti á stöð 2	19
4.4 Svifdýr	20
4.5 Murta	26
5 Samantekt	28
Þakkarorð	29
Heimildir	30

Myndaskrá

Mynd 1. Sýnatöku- og mælistöðvar í Þingvallavatni árið 2023.....	3
Mynd 2. Sólarhringsmeðaltöl vatnshita (°C) á dýptarsniði á stöð 2.....	7
Mynd 3. Vatnshiti (°C) á dýptarsniði á stöð 2 á tímabilinu 6.7–24.10 árið 2023	8
Mynd 4. Fjöldi sviflægra krabbadýra í 10 lítrum á hverju mældýpi á stöð 3 árið 2023	10
Mynd 5. Fjöldi sviflægra þyrildýra í 10 lítrum á hverju mældýpi á stöð 3 árið 2023.....	12
Mynd 6. Meðalfjöldi algengra þyrildýrategunda í 10 lítrum á hverju mældýpi.....	12
Mynd 7. Lengdar- og þyngdardreifing murtu í netaveiði við Svínanes árið 2023.....	13
Mynd 8. Lengdardreifing murtu í hverri möskvastærð í netaveiði við Svínanes árið 2023	14
Mynd 9. Aldursdreifing murtu í netaveiði við Svínanes árið 2023.....	15
Mynd 10. Sjóndýpi í Þingvallavatni árin 2007–2023 flokkað eftir árstíma	18
Mynd 11. Blaðgræna-a í Þingvallavatni árin 2007–2023 flokkað eftir árstíma	18
Mynd 12. Jafnhitastig og meðalvatnshiti 1. október á árabilinu 2010–2023	20
Mynd 13. Fjöldi ranaflóa og langhalafloa í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023.....	21
Mynd 14. Fjöldi svifdíla og augndíla í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023	23
Mynd 15. Fjöldi fjaðrþýrlna og slóðþýrlna í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023.....	24
Mynd 16. Fjöldi sólþýrlna og spaðþýrlna í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023	25
Mynd 17. Heildarveiði murtu og hlutfall veiði í hverja möskvastærð	27
Mynd 18. Hlutfallsleg aldurssamsetning í murtuveiði árin 2015–2023.....	27

Töfluskrá

Tafla 1. Sýnatökur og mælingar vegna vöktunar í Þingvallavatni árið 2023.....	3
Tafla 2. Styrkur næringarefna á stöð 3 í Þingvallavatni árið 2023.	4
Tafla 3. Vatnshiti, rafleiðni og sýrustig í Þingvallavatni	5
Tafla 4. Magn blaðgrænu-a og sjóndýpi í Þingvallavatni	6
Tafla 5. Tegundasamsetning sviflægra krabbadýra og þéttleiki	9
Tafla 6. Tegundasamsetning helstu tegunda þyrildýra (Rotifera) og þéttleiki	11
Tafla 7. Heildarafli og aflasamsetning í murtuveiði við Mjóanes árið 2023.....	13
Tafla 8. Aldurs- og lengdardreifing murtu í hverri möskvastærð árið 2023.....	15
Tafla 9. Meðalstyrkur heildarfosfórs (P-heild) og heildarniturs (N-heild) í Þingvallavatni.....	17

1 Inngangur

Allt frá árinu 2007 hefur staðið yfir samfelld vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Forsvarsaðilar verkefnisins eru Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, Bláskógabyggð, Grímsnes- og Grafningshreppur og Þjóðgarðurinn á Þingvöllum. Framkvæmdaraðilar síðustu ár hafa verið Náttúrufræðistofa Kópavogs og Ferskvatns- og eldissvið Hafrannsóknastofnunar, sem nú hefur tekið alfarið við verkefninu í kjölfar þess að rannsóknahluti Náttúrufræðistofunnar var lagður niður fyrri hluta árs 2023. Um er að ræða sýnatökur og mælingar nokkrum sinnum á ári sem snúa að vöktun á lífríki ásamt efna- og eðlisþáttum í vatnsbol og sýnatökum til efnagreininga í innrennsli og útfalli vatnsins.

Sá hluti vöktunarinnar sem hér verður fjallað um hefur beinst að helstu lífveruhópum í svifvist Þingvallavatns, þ.e. svifþörungum, þyrildýrum og sviflægum krabbadýrum auk murtu. Til viðbótar hefur verið safnað upplýsingum um ólífræna þætti í vatnsbol, á borð við styrk næringarefna ofan og neðan hitaskiptalags, sýrustig, rafleiðni og vatnshita. Saman mynda þessir þættir helstu áhrifavalda í vistkerfi Þingvallavatns, en þeir geta verið háðir utanaðkomandi áhrifum og aðstæðum svo sem aðflutningi næringarefna, veðurfari og loftslagi.

Frá árinu 2015 hafa svifþörungur verið greindir til tegunda, en slík greining fór einnig fram á árunum 2007–2010 þegar sýni voru send til Kanada til tegundagreininga. Sýnum hefur verið safnað sérstaklega í þessum tilgangi, bæði á dýptarsniði á stöð 3 sem og í útfalli vatnsins en þar hefur sýnatökutíðni verið hærri en í vatninu. Þessi hluti vöktunarinnar hefur að mestu verið á hendi Gunnars Steins Jónssonar líffræðings.

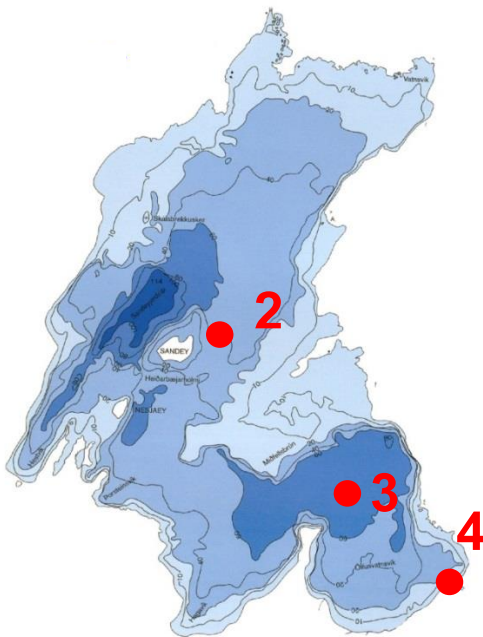
Frá upphafi hefur lengst af verið gerð grein fyrir niðurstöðum vöktunarinnar í skýrslum Náttúrufræðistofu Kópavogs og Gunnars St. Jónssonar og hafa skýrslurnar verið öllum aðgengilegar á heimasíðu Náttúrufræðistofu Kópavogs (<https://natkop.kopavogur.is/utgefingefni/skyrslur/voktunarverkefni/>). Að auki hafa verið birtar greinar í Náttúrufræðingnum, félagsriti Hins íslenska náttúrufræðifélags, sem byggja á niðurstöðum vöktunarinnar (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2020, Finnur Ingimarsson o.fl. 2020, Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason 2020). Síðasta skýrsla (fyrir árið 2022) var hins vegar gefin út af Hafrannsóknastofnun og verður sá háttur væntanlega hafður á áfram. Finna má skýrsluna á vef stofnunarinnar (<https://www.hafogvatn.is/is/midlun/utgafa>).

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum ársins 2023. Lögð er áhersla á myndræna framsetningu helstu niðurstaðna, auk þess að gefa yfirlit yfir sýnatökur sem vöktuninni tengjast. Skýrslan byggir á rýrari gögnum en fyrri ár þar sem meginefni hennar samanstendur af niðurstöðum þriggja sýnatökuferða en ekki fjögurra eins og verið hefur. Þetta frávík er afleiðing þess uppnáms sem varð þegar rannsóknahluti Náttúrufræðistofu Kópavogs var óvænt lagður niður í upphafi rannsóknartímabilsins, án þess að nokkrar áætlanir hefðu verið gerðar eða samtal átt sér stað um afdrif þeirra verkefna og rannsókna sem í gangi voru. Þessu verkefni hefur nú í heild sinni verið komið í skjól hjá Ferskvatns- og eldissviði Hafrannsóknastofnunar með samþykki verkkaupa og er vonast til að skaðinn af þessum gjörningi verði sem minnstur til framtíðar.

2 Framkvæmdalýsing

Árið 2023 var framkvæmd vöktunarinnar að mestu með hefðbundnum hætti á stöðvum 3 og 4 þar sem mælingar voru gerðar og sýni tekin (mynd 1, tafla 1). Þó voru einungis farnar þrjár rannsóknarferðir (6. júlí, 24. ágúst og 24. október) í stað fjögurra eins og til stóð og kom það til vegna algerrar óvissu um stöðu verkefnisins vegna skyndilegrar lokunar rannsóknahluta Náttúrufræðistofu Kópavogs. Fyrsta ferðin féll niður, en hún er alla jafna farin í maí. Sýni til talninga á svifdýrum voru tekin með 10 lítra vatnssýnataka frá yfirborði og niður á 65 metra dýpi á stöð 3 og samhliða gerðar mælingar á vatnshita, rafleiðni og sýrustigi, auk þess sem sýni voru tekin til mælinga á magni blaðgrænu-a. Einnig var vatnshiti mældur á klukkustundar fresti með hitasíritum (HOBOTidbit v2) á dýptarsniði á stöð 2 yfir sama tímabil (mynd 1). Vatnssýnum til mælinga á næringarefnum og fleiri efnum var safnað á 5 m og 35 m dýpi á stöð 3 dagana 6. júlí og 24. ágúst. Þá var sýnum til tegundagreininga á svifþörungum safnað í öllum þremur sýnatökuferðum á 5, 20, 35 og 65 m dýpi á stöð 3, ásamt sýnum sem tekin voru á um 1 m dýpi á stöð 4 í útfalli vatnsins.

Greiningar á efnasýnum voru gerðar af samstarfsaðilum Hafrannsóknastofnunar, sem og allar aðrar mælingar á efnafræði í verkefninu. Sýnum til tegunda- og magngreininga á þörungum var safnað við útfall vatnsins, að jafnaði 1–2 sinnum í mánuði yfir árið en oftast að vori. Var sú sýnataka og úrvinnsla í höndum Gunnars Steins Jónssonar og eru niðurstöðurnar gefnar út í sérskýrslum (sjá t.d. Gunnar Steinn Jónsson 2021, 2024). Dagana 5.–6. október voru lögð net til að afla sýna úr hrygningarstofni murtu. Lögð voru tvö samsett fjölmöskva net, eins og gert hefur verið lengst af í þessari vöktun, á hefðbundnum veiðistað við Svínanes rétt norðan Mjóaness. Varðandi nánari framkvæmdalýsingar, sem og sögu þess hvernig verkefnið hefur þróast gegnum árin, er vísað til fyrri gagnaskýrslna (sjá t.d. Haraldur R. Ingvason o.fl. 2015, 2022).



Mynd 1. Sýnatöku- og mælistöðvar í Þingvallavatni árið 2023.

Tafla 1. Sýnatökur og mælingar vegna vöktunar í Þingvallavatni árið 2023 , alls þrjú skipti (6. júlí, 24. ágúst og 24. október) en fyrsta sýnataka féll niður. Að auki var tíu hitasíritum komið fyrir þann 6. júlí á stöð 2 (sjá mynd 1), með jöfnu millibili frá 4 m dýpi og niður á 40 m dýpi. Tölur í töflu eru fjöldi sýna eða mælinga. Murtuveiði fór fram 5.–6. október við Svínanes norðan Mjóaness við vatnið austanvert. Möskvastærðir eru miðaðar við legglengd, lengd milli hnúta í möskva.

		Stöðvar og dýpi (m)										
		Stöð	3									4
Tegund sýnis		Mælibreytur	1	5	10	20	25	35	45	55	65	~1
Þörungasvif												
Ósíað sýni, 100 ml	Tegundagr./ talning			3		3		3			3	3
Ósíað sýni, 1 lítri	Blaðgræna-a		3	3	3		3	3	3	3	3	3
	Sjóndýpi		2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Dýrasvif												
Síað sýni, 9 lítrar, 45 µm	Tegundagr./ talning		3	3	3		3	3	3	3	3	3
Eðlisþættir - Fjölþáttamælir												
	Vatnshiti		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Sýrustig		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Raflleiðni		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Efnagreining - síað/ósíað, 100			2		2							
Murtuveiði, Svínanes	Möskvastærðir (mm)	10, 12,5, 15,5, 19,5 og 24										

3 Niðurstöður

3.1 Eðlis- og efnabættir

Vatnssýni til efnamælinga voru tekin á stöð 3, á 5 m og 35 m dýpi í tveimur ferðum árið 2023 (töflur 1 og 2). Tilgangur þessarar sýnatöku er fyrst og fremst að kanna hvort greina megi mun á styrk helstu næringarefna ofan og neðan við hitaskil á þeim árstíma sem þeirra má vænta. Einnig gefa þessar mælingar vísbendingar um vatnsgæði m.t.t. styrks næringarefna, en til að ákvarða með vissu um þann þátt er þörf á fleiri mælingum sem taka til allra árstíða. Ástandsflokkar vatnsgæða eru því einungis birtir hér til viðmiðunar. Að þessu sinni voru tekin bæði síuð og ósíuð sýni í til að skoða muninn milli þessara tveggja aðferða, en lengst af hefur verið um ósíuð sýni að ræða. Þessi sýnataka er til viðbótar við efnavöktun Ferskvatns- og eldissviðs Hafrannsóknastofnunar sem byggir á sýnatöku í innrennsli og útfalli Þingvallavatns (Eydís Salome Eiríksdóttir 2023).

Í síuðum sýnum mældist heildarstyrkur fosfórs (P-heild) að meðaltali 12,3 µg/l sem setur vatnið í ástandsflokk B samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Styrkur fosfats mældist nánast sá sami í öllum mælingum eða á bilinu 8,1–12 µg/l. Heildarstyrkur köfnunarefnis í síuðum sýnum (N-heild) var að meðaltali 46,8 µg/l sem telst lágt gildi og langt innan marka fyrir ástandsflokk A (tafla 2). N-total og NH₄ mælast nokkru hærri í seinni sýnatökunni en að öðru leiti eru gildin svipuð milli dagsetninga og dýpa. Í ósíuðum sýnum mælast gildi fyrir köfnunarefni á 35 m dýpi heldur hærri en í síuðum sýnum. Þessi sýni verða síuð framvegis, enda er það verklag viðhaft í efnamælingum í inn- og útfalli vatnsins og mikilvægt að aðferðafræði sé samræmd.

Tafla 2. Styrkur næringarefna á stöð 3 í Þingvallavatni árið 2023. Heildarfosfór (P-total), fosfat (PO₄), heildarnitur (N-total), ammóníum (NH₄), nítat (NO₃) og nítít (NO₂) Grænar tölur í töflu eru mælingar úr ósíuðum sýnum sem tekin voru til samanburðar en rétt er að miða og ástandsflokk við gildi úr síuðum sýnum.

Dags	Dýpi m	PO ₄ µg/l	NO ₃ µg/l	NO ₂ µg/l	NH ₄ µg/l	N-total µg/l	P-total µg/l	
6.7.2023	5	9,2	<2,0	<0,3	<3,0	32	12	síað sýni
6.7.2023	35	8,1	<2,0	<0,3	<3,0	41	10	síað sýni
6.7.2023	5	9,3	8,1	<0,3	<3,0	63	16	ósíað sýni
6.7.2023	35	8,5	3,4	<0,3	<3,0	55	16	ósíað sýni
24.8.2023	5	9,0	<2,0	<0,3	<3,0	52	12	síað sýni
24.8.2023	35	12,0	<2,0	<0,3	3,9	62	15	síað sýni
24.8.2023	5	9,9	7,2	0,32	12,0	62	15	ósíað sýni
24.8.2023	35	11,0	2,5	<0,3	4,4	91	18	ósíað sýni
Meðaltal		9,6	<2,0	<0,3	<3,0	46,8	12,3	síað sýni
Staðalfrávik		1,69				13,05	2,06	
Meðaltal		9,7	5,3	<0,3	4,9	67,8	16,3	ósíað sýni
Staðalfrávik		1,05	2,76		4,96	15,90	1,26	
Mismunur		0,1	5,3	-	4,9	21,0	4,0	
Ástandsflokkur A	Næringarefnasnautt					<300	<10	
Ástandsflokkur B	Næringarefnalítið					300–750	10–30	
Ástandsflokkur C	Næringarefnaríkt					751–1.500	31–50	
Ástandsflokkur D	Næringarefnaauðugt					1.500–2.500	51–100	
Ástandsflokkur E	Ofauðugt					>2.500	>100	

Vatnshiti í sýnatökuferðum á stöð 3 fylgdi árstíðum með greinilegum hætti (tafla 3). Þá mátti sjá greinilegan hitamun eftir dýpi (á bilinu 1 m–65 m dýpi) að sumarlagi og hvernig sá munur jafnaðist út að hausti. Í fyrri hluta júlí mældist meðalhiti í vatnsbol 7,9°C og vatnshiti var 9,2°C á 1 m dýpi en 6,9°C á 65 m dýpi. Í ágúst var meðalhitinn 10,1°C og lá á bilinu 8,5–12,1°C. Í október var vatnsmassinn hins vegar fullblandaður og mældist sami vatnshiti á öllum dýpum eða 7,1°C.

Tafla 3. Vatnshiti, rafleiðni og sýrustig í Þingvallavatni í þremur sýnatökuferðum árið 2023 en mælingar féllu niður í maí vegna óvissu um framhald verkefnisins. Meðaltal, staðalfrávik, hámark og lágmark miðast við stöð 3.

Stöð	Dýpi	Vatnshiti °C			Rafleiðni µS/cm			Sýrustig (pH)		
		6.7.2023	24.8.2023	24.10.2023	6.7.2023	24.8.2023	24.10.2023	6.7.2023	24.8.2023	24.10.2023
3	1	9,2	12,1	7,1	69,6	69,8	64,2	7,94	8,01	7,81
"	5	8,4	11,9	7,1	69,2	70,0	64,1	7,95	8,02	7,82
"	10	7,9	11,7	7,1	69,4	69,6	63,7	7,90	8,03	7,82
"	20	7,8	11,1	7,1	69,4	69,3	64,1	7,92	8,06	7,82
"	25	7,9	9,5	7,1	69,1	68,7	64,1	7,93	8,00	7,82
"	35	7,7	8,9	7,1	69,1	69,1	64,1	7,89	7,86	7,83
"	45	7,6	8,8	7,1	69,4	69,4	64,1	7,87	7,59	7,82
"	55	7,6	8,6	7,1	69,2	69,2	69,1	7,84	7,45	7,88
"	65	6,9	8,5	7,1	69,6	70,0	68,8	7,71	7,30	7,95
4	~1	9,2	12,6	7,0	70,3	70,2	69,2	7,95	8,15	7,95
Meðaltal		7,9	10,1	7,1	69,3	69,5	65,1	7,9	7,8	7,8
Staðalfrávik		0,6	1,5	0,0	0,2	0,4	2,2	0,1	0,3	0,0
Hámark		9,2	12,1	7,1	69,6	70	69,1	8,0	8,1	8,0
Lágmark		6,9	8,5	7,1	69,1	68,7	63,7	7,7	7,3	7,8

Rafleiðni hnikaðist lítillega til milli sýnatökutímabíla og var að meðaltali á bilinu 65,1–69,5 µS/cm (tafla 3). Leiðnin var alla jafna afar svipuð niður vatnssúluna en hækkaði þó lítillega þegar nær dró botni í október. Sýrustig mælist nokkuð svipað niður vatnbolinn í júlí og október eða á bilinu 7,7–8,0 en í ágúst varð greinileg breyting neðan 25 m dýpis þar sem það féll úr 8,0 niður í 7,3 við botn.

3.2 Sjóndýpi og blaðgræna-a

Sjóndýpi var einungis mælt í tveimur seinni ferðum sumarið 2023 (tafla 4). Í ágúst mældist það með allra mesta móti eða 19,5 m. Þarna nálgast þau mörk sjóndýpis sem hægt er að mæla með þessari aðferð sökum þess hve Secci diskurinn er orðinn lítill á þessu dýpi og því er ekki gerlegt að ná svona mælingum nema aðstæður séu með besta móti. Í október hafði dregið úr sjóndýpi niður í 11 m.

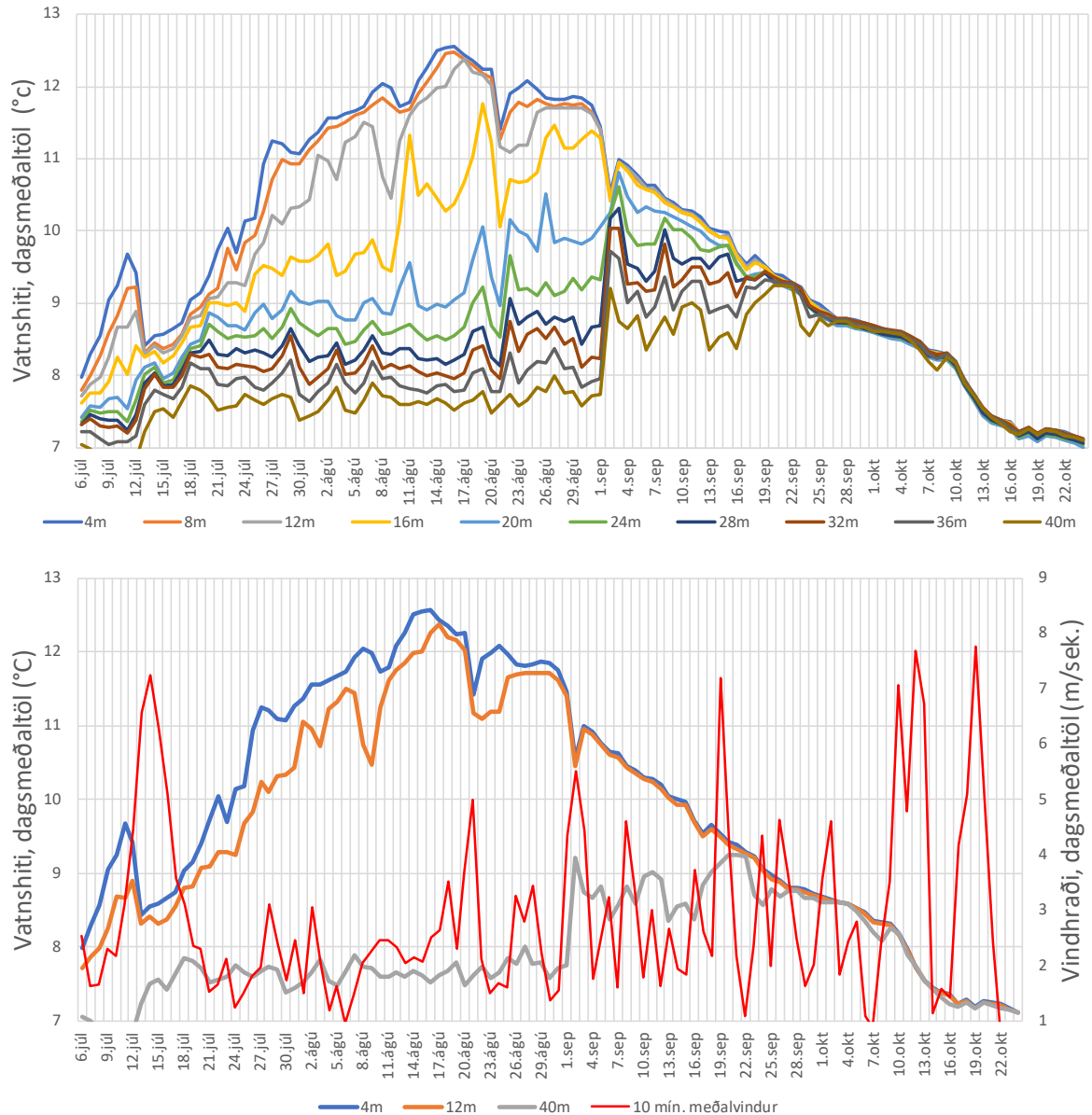
Blaðgræna-a mældist á bilinu 0,36–2,64 µg/l á stöð 3 og var meðalgildi í vatnssúlunni á bilinu 0,81–2,50 µg/l. Hæsta gildið 2,76 µg/l mældist á stöð 4 (í útfalli) í október. Breytileiki sást bæði eftir sýnatökutíma og dýpi á þann veg að minna mældist að sumarlagi en að hausti og meira mældist neðan 25 m dýpis en ofan þess.

Tafla 4. Magn blaðgrænu-a og sjóndýpi í Þingvallavatni í þremur sýnatökuferðum árið 2023.

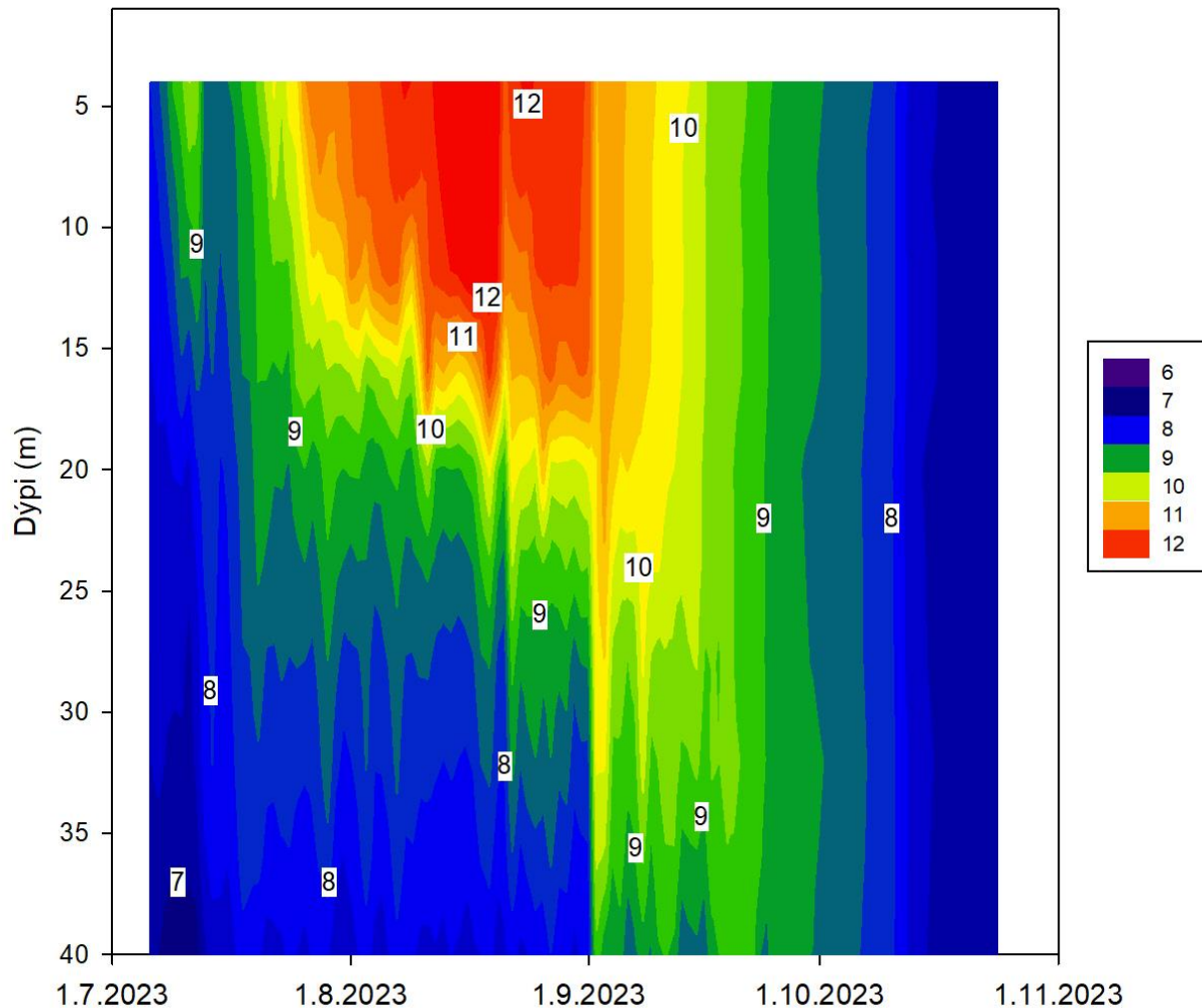
Blaðgræna-a ($\mu\text{g/l}$) og sjóndýpi 2023				
Stöð	Dýpi (m)	6.7.2023	24.8.2023	24.10.2023
3	1	0,36	0,48	2,16
3	5	0,60	0,48	2,52
3	10	0,60	0,36	2,40
3	25	0,36	0,84	2,52
3	35	0,96	1,20	2,64
3	45	1,09	1,20	2,64
3	55	1,08	1,44	2,64
3	65	1,44	1,68	2,52
4	~1	0,36	0,48	2,76
Meðaltal		0,81	0,96	2,50
Staðalfrávik		0,39	0,49	0,16
Hámark		1,44	1,68	2,64
Lágmark		0,36	0,36	2,16
Sjóndýpi (m)		-	19,5	11

3.3 Vatnshiti á stöð 2

Vatnshiti var mældur með síritum á 4–40 m dýpi á stöð 2 á tímabilinu 6. júlí–24. október (myndir 2 og 3) og má sjá áhrif vinds á þróun hitaferla vatnsins, sérstaklega þó í upphafi mælinga og svo í september byrjun (Veðurstofa Íslands 2024). Þegar mælingar hófust var hitamunur í vatnssúlunni um 0,9°C en næstu daga hlýnuðu yfirborðslögin hratt. Sú hlýnun stöðvast viku síðar þegar vatnsmassinn blandast að miklu leyti. Í kjölfarið tók við langur kafli með stilltu veðri þannig að blöndun varð lítil sem engin og hitaaðskilnaður efstu 12–16 metra vatnbolsins frá hitaskilalaginu náði 2–4°C stóran hluta ágústmánaðar. Litlar sem engar breytingar verða hins vegar á vatnshita neðan 20 m dýpis á þessu tímabili þannig að varmaflutningur frá yfirborði var sáralítill þar til vind fer að hreyfa að ráði í lok ágúst og byrjun september og hiti rís upp í um og yfir 9°C. Eftirtektarvert er að sáralitlar breytingar verða síðan á vatnshita á þessu svæði næstu vikurnar og hiti fer ekki að falla að ráði fyrr en undir lok september. Á sama tíma fellur hiti yfirborðslaganna stöðugt og má telja vatnið fullblandað m.t.t. vatnshita kringum 22. september.



Mynd 2. Sólarhringsmeðaltöl vatnshita (°C) á dýptarsniði á stöð 2 á tímabilinu 6.7–24.10 árið 2023 (efri mynd). Vatnshiti mældur með síritandi hitamælum á 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 og 40 m dýpi. Neðri mynd: Vatnshiti á 4 m, 12 m og 40 m dýpi ásamt sólarhringsmeðaltali 10 mínútna meðalvindhraða á klukkustund yfir sama tímabil (Veðurstofa Íslands 2024). Veðurgögn eru frá veðurstöð 1596, Þingvellir.



Mynd 3. Vatnshiti (°C) á dýptarsniði á stöð 2 á tímabilinu 6.7–24.10 árið 2023. Litir endurspeglar vatnshita í °C. Mælt með síritandi hitamælum á 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 og 40 m dýpi. Myndin byggir á sólarhringsmeðaltölum hitamælinga á hverju dýpi.

3.4 Sviflæg krabbadýr

Tvo meginhópa krabbadýra er alla jafna að finna í svifvist stöðuvatna. Þetta eru krabbaflær (Cladocera) og árfætlur (Copepoda). Í svifvist Þingvallavatns eru tvær tegundir ráðandi og tilheyra þær sitthvorum hópnum, langhalaflær (*Daphnia galeata*) sem tilheyra krabbaflóm og svifdili (*Leptodiptomus* tegund) sem tilheyra árfætlum. Fjölbreytileiki krabbaflóategunda var lítil í svifvist Þingvallavatns árið 2023 en auk langhalaflóar fundust kúlufló (*Chydorus sphaericus*) og rákafló (*Alonella nana*), hvor um sig einungis í einu sýni. Langhalaflóar varð hins vegar vart í öllum sýnatökuferðum og fannst yfirleitt á flestum eða öllum dýpum, stundum í töluverðum þéttleika (tafla 5). Meðalþéttleiki á stöð var á bilinu 13–55 dýr í 10 l í júlí og ágúst og var þéttleikinn á bilinu 0–173 dýr í 10 l. Þegar horft er á dýptardreifinguna breyttist hún eftir því sem leið á sumarið. Í júlí var þéttleikinn mestur á 10–35 m dýpi, í ágúst á 10–25 m dýpi en í október var dreifingin óregluleg en nokkuð jöfn niður alla vatnsúluna.

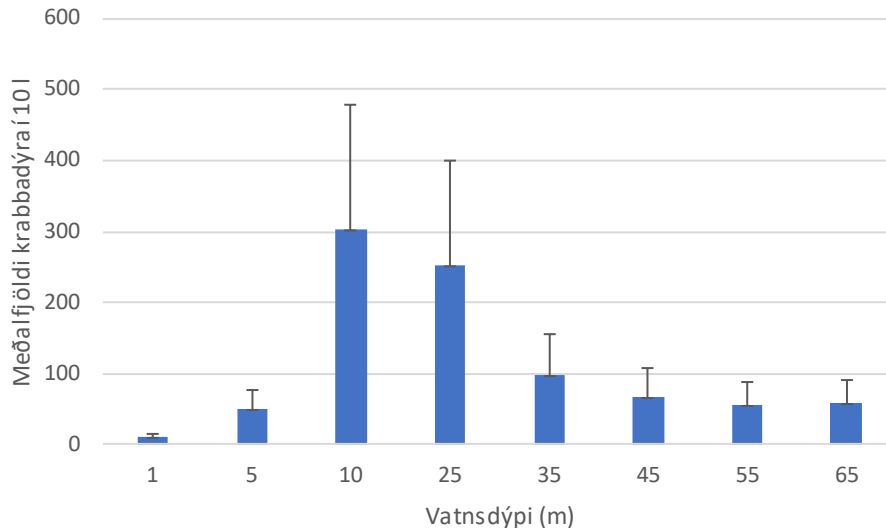
Svifdílí fundust í öllum sýnatökuferðum og á öllum dýpum (tafla 5). Þéttleiki þeirra var mestur í júlí eða 152 dýr í 10 l að meðaltali en til samanburðar var meðalþéttleikinn 32 og 20 dýr í 10 l í ágúst og október. Þéttleikinn var alla jafna mestur á 10 og svo 25 m dýpi og náði mest 583 dýrum í 10 l á 10 m dýpi í júlí.

Augndíli (Cyclopoidae) eru annar hópur innan árfætlna og er hann talinn í heild sinni en ekki greindur til tegunda. Augndíli fundust í öllum sýnatökuferðum og á flestum dýpum (tafla 5). Meðalþéttleiki augndíla var að á bilinu 6–25 dýr í 10 lítrum (spönn 0–61) en sjaldnast í teljandi þéttleika ofan 25 m dýpis. Þéttleikinn var mestur í júlí, eða 25 dýr í 10 l og var þéttleikinn hæstur á 35 m dýpi.

Tafla 5. Tegundasamsetning sviflægra krabbadýra og þéttleiki (fjöldi einstaklinga í 10 lítrum) í Þingvallavatni 2023. Meðaltal, staðalskekja (St.sk.) og geómetrískt meðaltal (Gm.) er reiknað fyrir stöð 3.

Dags.	Stöð	Dýpi	<i>Alonella nana</i>	<i>Chydorus sphaericus</i>	<i>Daphnia galeata</i>	<i>Leptodaptomus</i> tegund	Cyclopidae tegundir	Sviflirfur (nauplius)	Alls (= nauplius)
6.7.2023	3	1	0	0	2	3	0	0	6
"	"	5	0	0	1	62	0	1	64
"	"	10	0	0	29	583	10	13	636
"	"	25	0	0	12	413	18	4	448
"	"	35	0	0	39	63	61	0	163
"	"	45	0	0	11	42	36	4	93
"	"	55	0	0	7	40	36	4	87
"	"	65	0	0	4	8	42	4	59
	4	~1	0	0	2	46	10	1	59
	Meðaltal		0	0	13	152	25	4	194
	St.sk.				4,8	77,7	7,7	1,5	79,3
	Gm.				8	50			97
21.8.2023	3	1	0	0	1	1	0	0	2
"	"	5	0	0	0	29	2	1	32
"	"	10	0	0	101	131	9	0	241
"	"	25	0	0	173	48	27	0	248
"	"	35	0	0	56	14	26	0	96
"	"	45	0	0	44	13	17	3	78
"	"	55	0	0	27	6	18	4	54
"	"	65	0	2	36	12	19	1	70
	4	~1	0	0	9	122	17	0	148
	Meðaltal		0	0	55	32	15	1	103
	St.sk.				20,4	15,1	3,5	0,6	32,6
	Gm.					15			58
24.10.2023	3	1	0	0	1	20	1	130	152
"	"	5	0	0	27	18	9	118	171
"	"	10	0	0	9	32	7	153	201
"	"	25	1	0	36	20	11	142	210
"	"	35	0	0	12	17	6	110	144
"	"	45	0	0	14	20	6	138	178
"	"	55	0	0	13	14	7	151	186
"	"	65	0	0	24	22	4	128	179
	4	~1	0	0	4	29	1	78	112
	Meðaltal		0	0	17	20	6	134	178
	St.sk.				3,9	1,9	1,0	5,4	7,9
	Gm.				12	20	5	133	176

Þéttleiki fullvaxinna sviflægra krabbadýra (fjöldi dýra í 10 lítrum) var minnstur á 1 og 5 m dýpi eða 10–49 dýr í 10 lítrum að meðaltali, en tók stökk á 10 m þar sem fjöldinn var 304 dýr í 10 lítrum (mynd 4). Eftir það dró úr þéttleikanum og á 55 m dýpi var þéttleikinn kominn niður í 56 dýr og 60 dýr á 65 m dýpi. Sviflirfur komu fyrir í töluverðum fjölda í október (tafla 5).



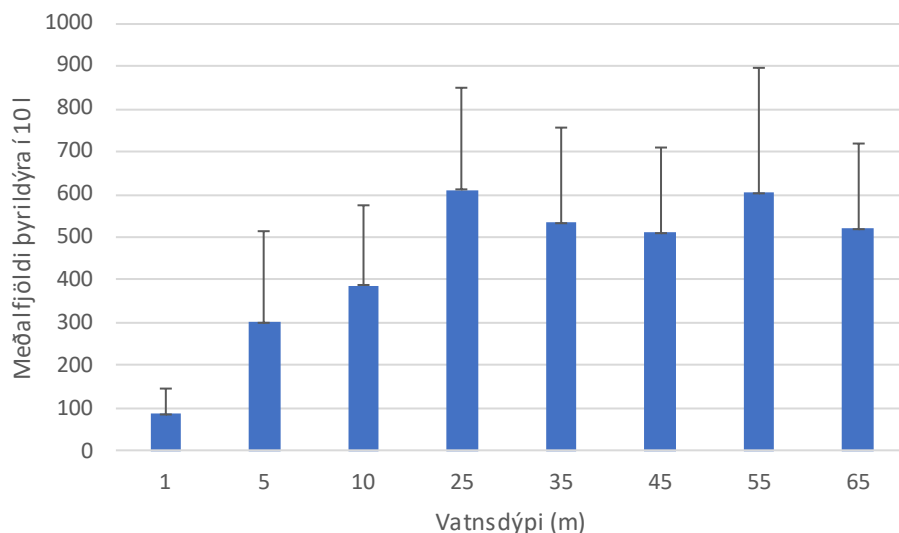
Mynd 4. Fjöldi sviflægra krabbadýra í 10 lítrum á hverju mældýpi á stöð 3 árið 2023. Um er að ræða meðaltal þriggja mælinga (júlí, ágúst og október) ásamt staðalskekku (St.sk.).

3.5 Sviflæg þyrildýr

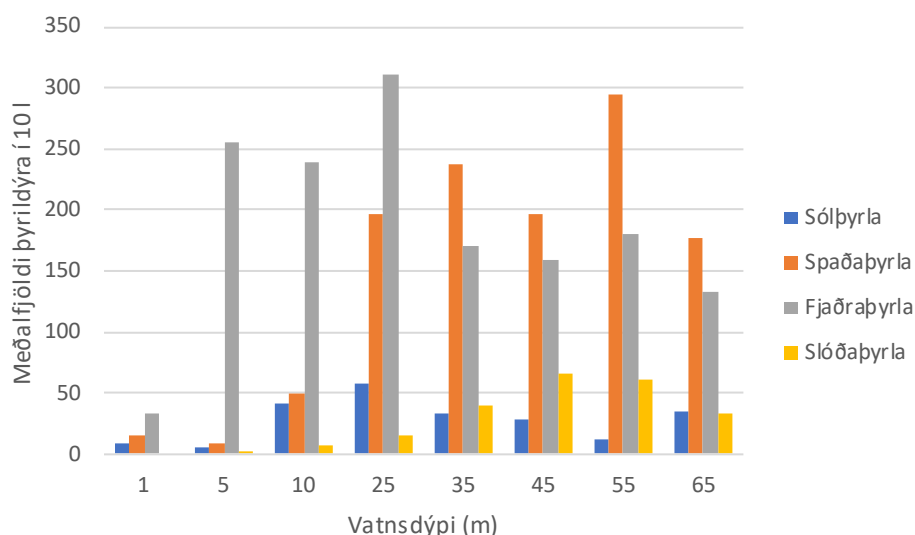
Alls voru greindar 11 tegundir þyrildýra í svifi Þingvallavatns árið 2023, en að auki er safnhópur ógreindra tegunda (tafla 6). Tvær tegundir voru langalgengastar, en það eru fjaðrþýrila (*Polyarthra* tegundir) með 185 dýr í hverjum 10 lítrum og spaðrþýrila (*Keratella cochlearis*) með 147 dýr í heildarmeðalþéttleika á sýnatökutímabilinu (tafla 6). Nokkuð á eftir koma svo slóðrþýrila (*Filinia terminalis*) og sólþýrila (*Conocilus unicornis*) báðar með 28 dýr í 10 lítrum. Meðalþéttleiki þyrildýra fer vaxandi með dýpi að 25 metrum þar sem finna mátti að meðaltali 611 dýr í hverjum 10 lítrum (mynd 5). Þéttleikinn sveiflast þar fyrir neðan en er á bilinu 500–600 dýr á hverju dýpi. Þegar litið er til dýptardreifingar einstakra tegunda sést að spaðrþýrilu og slóðrþýrilu fjölga heldur með auknu dýpi niður á 45–55 m dýpi. Fjaðrþýrila er í mestum þéttleika ofan 25 meta dýpis sem og sólþýrilan (mynd 6).

Tafla 6. Tegundasamsetning helstu tegunda þyrildýra (Rotifera) og þéttleiki (fjöldi einstaklinga í 10 lítrum) í Þingvallavatni 2023. Meðaltal, staðalskekkja (St.sk.) og geómetrískt meðaltal (Gm.) er reiknað fyrir stöð 3.

Dags.	Stöð	Dýpi	<i>Conocilus unicomis</i>	<i>Euchlanis</i> tegundir	<i>Filinia terminalis</i>	<i>Keratella cochlearis</i>	<i>Keratella quadrata</i>	<i>Notholca foliacea</i>	<i>Notholca squamula</i>	<i>Ploesoma hudsoni</i>	<i>Polarthra</i> tegundir	<i>Trichocerca</i> tegundir	<i>Trichotria</i> tegund	Þyrildýr, ógreind	Alls
6.7.2023	3	1	0	9	0	0	0	0	0	0	40	0	0	4	53
"	"	5	0	0	0	0	0	0	0	0	693	0	0	27	720
"	"	10	0	0	0	98	0	18	9	0	604	0	0	27	756
"	"	25	9	0	9	89	0	9	0	0	764	0	0	0	880
"	"	35	0	0	9	240	0	0	9	0	338	0	0	9	604
"	"	45	0	0	18	222	0	0	18	0	320	0	0	9	587
"	"	55	0	0	116	569	27	0	9	0	391	0	0	9	1.120
"	"	65	36	0	62	293	98	0	0	0	302	18	9	0	818
	4	~1	0	0	0	18	0	0	0	0	196	0	0	18	231
	Meðaltal		6	1	27	189	16	3	6	0	432	2	1	11	692
	St.sk.		4,4	1,1	14,6	66,6	12,2	2,3	2,3	0,0	84,7	2,2	1,1	3,8	109,0
	Gm.										336				549
21.8.2023	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
"	"	5	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	22
"	"	10	98	0	13	9	0	0	0	0	71	13	0	36	240
"	"	25	151	0	27	453	9	0	0	0	151	0	0	27	818
"	"	35	89	0	107	444	36	0	0	0	133	36	0	36	880
"	"	45	71	0	178	329	80	0	0	0	124	9	0	18	809
"	"	55	36	0	62	284	53	0	0	2	116	9	0	18	580
"	"	65	53	0	27	204	258	0	0	1	62	0	0	0	606
	4	~1	7	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2	22	36
	Meðaltal		62	0	52	216	54	0	0	0	85	8	1	17	495
	St.sk.		18,2	0,0	22,0	68,4	30,9	0,0	0,0	0,3	19,4	4,3	0,6	5,4	126,7
	Gm.														217
24.10.2023	3	1	27	0	0	44	0	0	0	0	62	62	0	9	204
"	"	5	18	0	4	27	22	0	0	1	49	36	0	4	161
"	"	10	27	0	9	40	4	0	0	0	44	36	0	9	169
"	"	25	13	0	9	49	4	0	0	1	18	36	4	0	134
"	"	35	13	0	4	27	18	0	0	1	40	18	0	0	121
"	"	45	13	0	4	40	13	0	0	0	31	27	0	4	133
"	"	55	1	0	4	31	4	0	0	1	36	27	0	9	113
"	"	65	18	0	9	31	4	0	0	0	36	40	0	0	138
	4	~1	27	0	0	4	9	0	0	0	18	0	0	0	58
	Meðaltal		16	0	6	36	9	0	0	1	39	35	1	4	147
	St.sk.		2,9	0,0	1,1	3,0	2,8	0,0	0,0	0,2	4,6	4,6	0,6	1,5	10,5
	Gm.		12			35					37	33			144



Mynd 5. Fjöldi svíflægra þyrildýra í 10 lítrum á hverju mældýpi á stöð 3 árið 2023. Um er að ræða meðaltal þriggja mælinga (í júlí, ágúst og október) ásamt staðalskekkju (St.sk.).



Mynd 6. Meðalfjöldi algengra þyrildýrategunda í 10 lítrum á hverju mældýpi á stöð 3 árið 2023. Tegundirnar eru sólþyrila (*Conocilus unicornis*), spaðarþyrila (*Keratella cochlearis*), fjaðrarþyrila (*Polyarthra tegundir*), slóðarþyrila (*Filinia terminalis*).

3.6 Murta

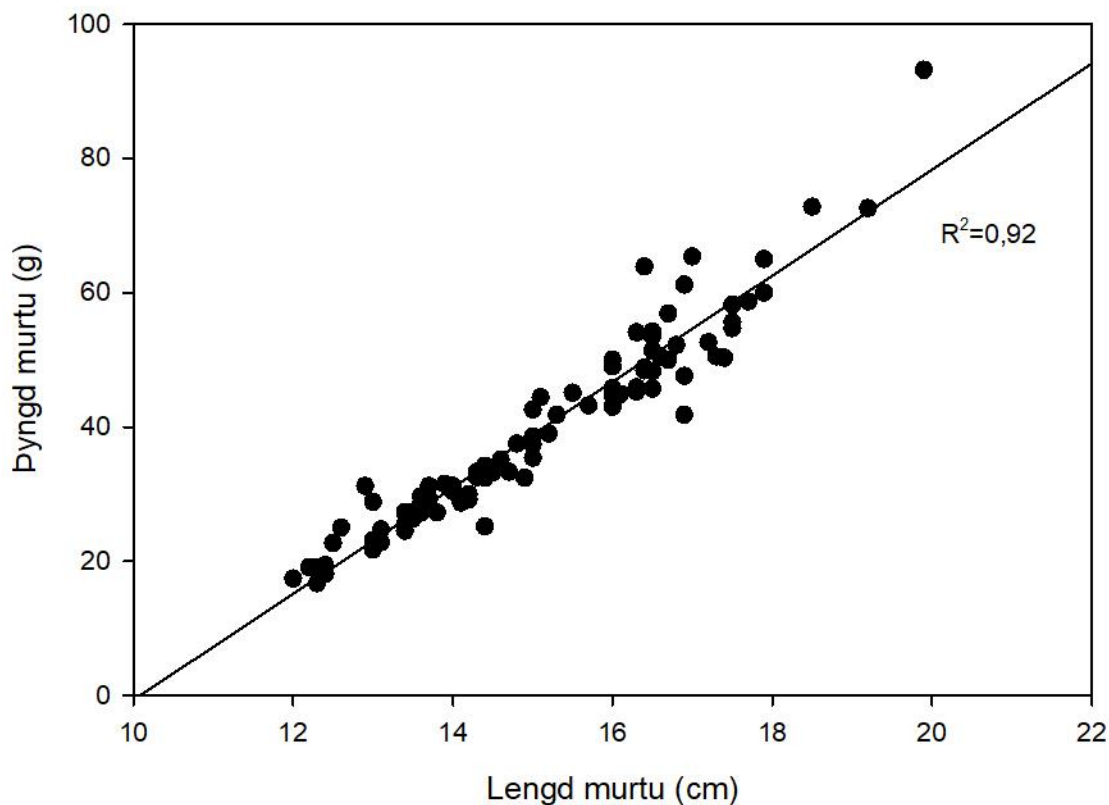
Murtuveiði árið 2023 var hin næst minnsta miðað við veiðiátak frá upphafi vöktunarinnar. Alls veiddust 96 murtur á hefðbundinni veiðislóð við Svínanes norður af Mjóanesi 5.–6. október (tafla 7). Vegna þess hve treglega veiddist var ætlunin að leggja aftur eins og stundum hefur verið gert til að freista þess að ná í stærra sýni. Veður var hins vegar óhagstætt það sem eftir lifði hrygningartíma og því varð ekki af því. Mest veiddist í miðlungs stóran möskva (15 mm legglengd) eða 39 murtur en álíka mikið í næstu möskvastærðir eða 25 í 12,5 mm möskva og 27 í 19,5 mm. Þrjár murtur voru lausar og þegar greitt var

úr netum og var því ekki hægt að rekja til möskvastærðar. Meðallengd murtu var 15,1 cm og var kynjahlutfall afar skekkt eða einungis 7 hrygnur á móti 89 hængum.

Tafla 7. Heildarafli og aflasamsetning í murtuveiði við Mjóanes árið 2023.

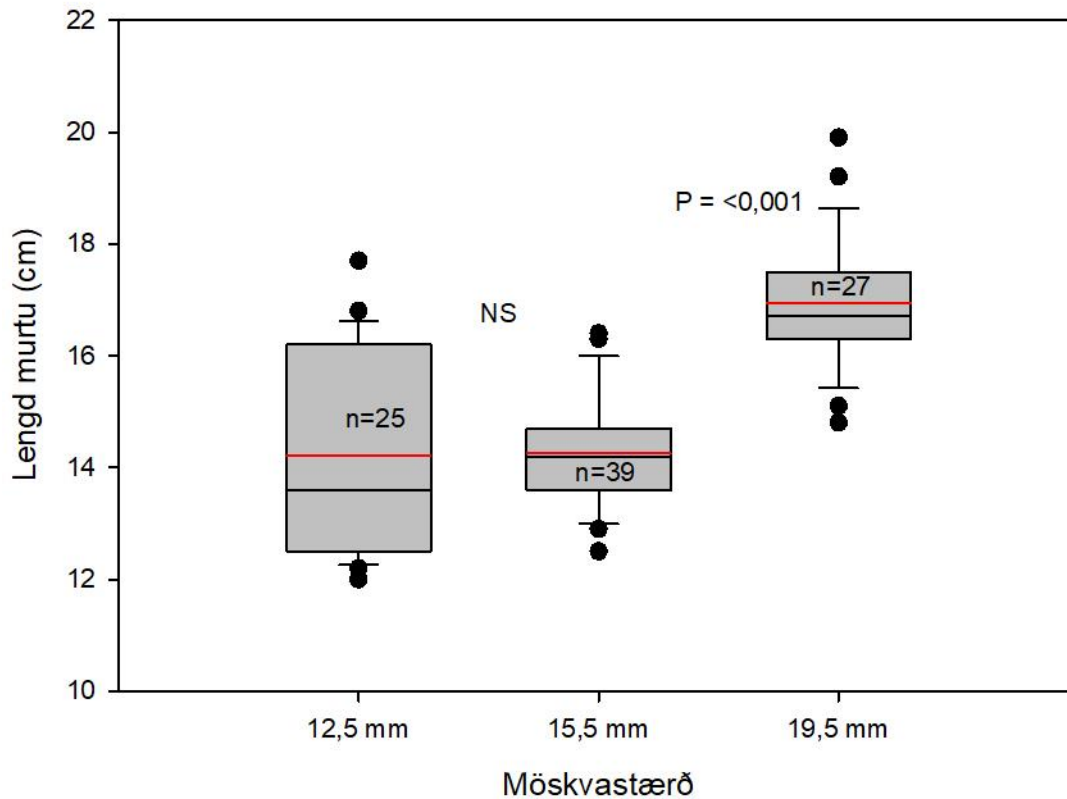
Möskvastærð mm	Murta	Dvergbleikja	Silableikja	Kuðungableikja	Urriði
10	2	1			
12,5	25	3	1		1
15,5	39	7	1	1	3
19,5	27	4			3
24		2			5
Alls	93	17	2	1	12

Lengdarbil murtu í afla var á bilinu 12–19,9 cm og þyngd á bilinu 16,7–93,2. Sterkt samband var milli lengdar og þyngdar (mynd 7). Kynþroskastig þeirra hrygna sem veiddust var metið á bilinu 4–5, þ.e. að hrogn voru nokkuð vel þroskuð en hrygning ekki hafin. Kynþroskastig hænga var metið á breiðara bili eða 2–6 en meirihlutinn var með allvel þroskaða kynkirtla. Holdastuðull (K) hænga var að jafnaði 1,10 og 1,22 hjá hrygnum, en taka verður þessum gildum með fyrirvara þar sem um hrygningarfisk er að ræða og kynkirtlar því gjarna fyrirferðarmiklir, sérstaklega hjá hrygnum.



Mynd 7. Lengdar- og þyngdardreifing murtu í netaveiði við Svínanes árið 2023.

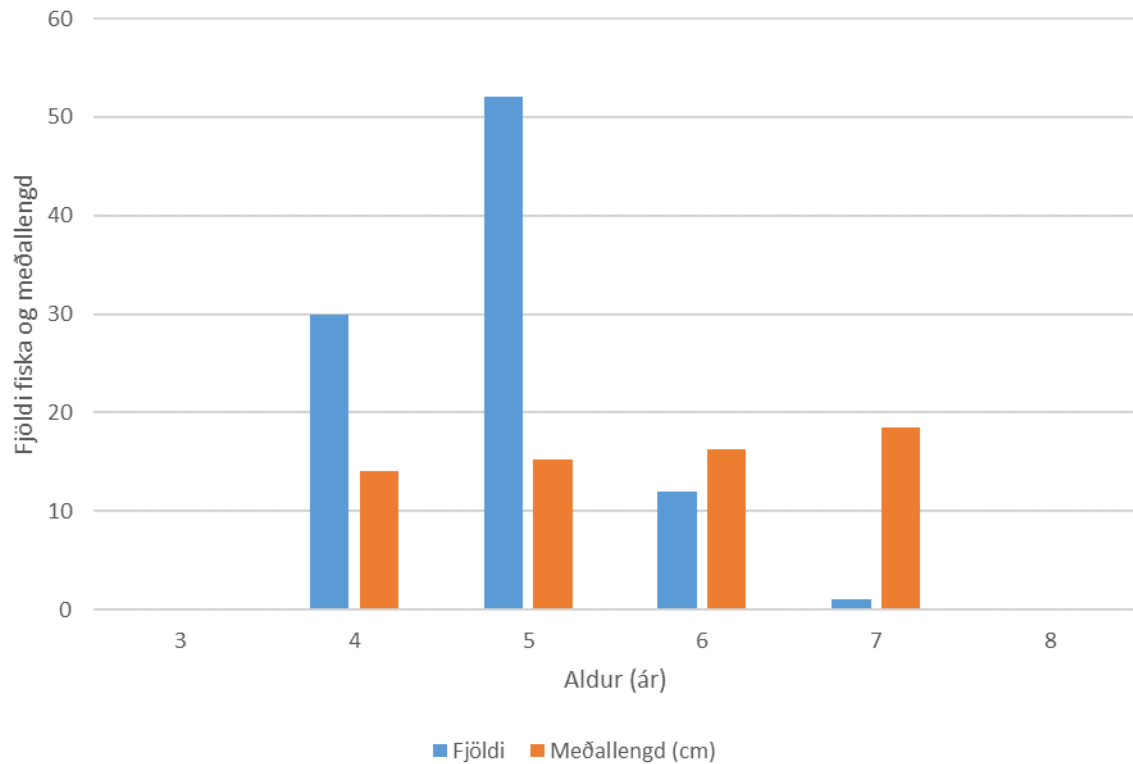
Þegar horft er til lengdardreifingar í veiði miðað við möskvastærð sést að hún er mest í 12,5 mm möskva og nær utan um dreifinguna í næstu möskvastærð fyrir ofan 15,5 mm (mynd 8). 19,5 mm möskvinn sker sig svo frá hinum smærri með marktækt lengri fiska. Engar murtur veiddust í 24 mm möskva sem segir ákveðna sögu um stærðarsamsetningu hrygningarfisks þegar veiðin fór fram.



Mynd 8. Lengdardreifing murtu í hverri möskvastærð í netaveiði við Svínanes árið 2023. Rauð lína markar meðaltal lengdardreifingarinnar og svört lína miðgildi hennar. Boxið afmarkar helming dreifingarinnar, efri og neðri lína sinn fjórðunginn hvor og punktar tákna útlaga. Fjöldi fiska í hverri möskvastærð er táknaður með n. Lengd fiska í 19,5 mm möskva sker sig marktækt frá lengd fiska í hinum möskvastærðunum.

Allar murtur voru aldursgreindar utan ein þar sem kvarnir voru ólæsilegar, og reyndust þær á bilinu 4–7 ára (mynd 9, tafla 8). Uppistaðan (52 fiskar) var fimm ára fiskur en þar á eftir komu fjögurra ára fiskar eða alls 30. Einungis einn 7 ára fiskur veiddist. Afar svipuð aldursdreifing var í 12,5 og 15,5 mm möskva en meðalaldur var lítið eitt hærri í 15,5 eða 4,8 ár á móti 4,5. Hins vegar var meðalaldur fiska í 19,5 mm 5,2 ár og því skilur sú möskvastærð sig einnig frá hinum hvað aldur varðar en ekki bara stærð.

Meðallengd murtu jókst með aldri og var 14 cm fyrir fjögurra ára fisk (12–17,5 cm) 15,3 hjá fimm ára (12,2–19,2 cm) 16,3 hjá sex ára (13,7–19,9 cm). Einungis einn sjö ára fiskur veiddist og var hann 18,5 cm að lengd (mynd 9).



Mynd 9. Aldursdreifing murtu í netaveiði við Svínanes árið 2023 ásamt meðallengd fiska hvers aldursflokks.

Tafla 8. Aldurs- og lengdardreifing murtu í hverri möskvastærð árið 2023 . Ekki var hægt að aldursgreina einn fisk úr 19,5 mm möskva og er fjöldatalan því rauðmerkt.

	10 mm		12,5 mm		15,5 mm		19,5 mm	
	Aldur (ár)	Lengd (cm)	Aldur (ár)	Lengd (cm)	Aldur (ár)	Lengd (cm)	Aldur (ár)	Lengd (cm)
Meðaltal	4,5	16,0	4,5	14,2	4,8	14,3	5,2	16,9
Lágmark	4	15,0	4,0	12,0	4,0	12,5	4,0	14,8
Hámark	5	16,9	6,0	17,7	6,0	17,0	7,0	19,9
Staðalfrávik	-	-	0,59	1,78	0,59	1,02	0,75	1,16
Staðalskekkja	-	-	0,12	0,36	0,10	0,16	0,15	0,22
Fjöldi fiska	2		25		39		26	27

4 Umræður

4.1 Eðlis- og efnabættir

Eins og fram hefur komið eru efnamælingarnar sem tilheyra þessum verkþætti, fyrst og fremst gerðar til að kanna hvort munur mælist á styrk næringarefna ofan (á 5 m dýpi) og neðan þess dýpisbils (á 35 m dýpi) þar sem vænta má að hitalagskiptalag myndist að sumarlagi. Ef skarpt hitaskiptalag myndast má vænta þess að framleiðsla svifþörunga gangi á næringarefnaforða ofan lagsins sökum takmarkaðrar blöndunar þess við neðri hluta vatnssúlunnar. Næringarefni berast helst til vatnsins með innrennsli lindavatns en að sumri er það kaldara en yfirborðslög og leggst innrennslisvatnið því undir og sameinast neðri vatnslögum.

Árið 2023 voru alls tekin átta sýni til efnamælinga, en bæði var um að ræða mælingar á 5 og 35 m dýpi sem gerðar voru í júlí og ágúst, en einnig voru tekin tvennskonar sýni, síuð og ósíuð (tafla 2). Í flestum tilvikum var munur milli síaðra og ósíaðra sýna þar sem hærri gildi mældust í ósíuðum sýnum (NO_3 , NH_4 N-total og P-total). Þá voru gildin oftast en ekki hærri í ágústmælingunni. Í síuðum sýnum var svipaða mynd að sjá, efnastyrkur sem náði yfir greiningamörk í flestum tilvikum lægri á 5 en 35 m og gildi oftast en ekki ívið hærri í ágúst. Töluverðar lagskiptingar gætti þetta árið og sjást augljós merki hennar í eðlisþáttamælingum (tafla 3) sem og í mælingum hitasírita á stöð 2 (myndir 2 og 3). Vatnið varð í kjölfarið afar tætt og magn blaðgrænu-a bendir til lítillar þörungafframleiðslu í efstu 10–20 metrum vatnssúlunnar.

Ef meðalgildi heildarfosfórs og heildarköfnunarefnis þessara mælinga eru borin saman við fyrri mælingar sést að í heildina er efnastyrkur á svipuðu róli þótt vissulega sé breytileiki milli ára (tafla 9). Heilt yfir er styrkur heildarfosfórs rétt yfir viðmiðunarmörkum fyrir ástandsflokk A ($A < 10 \mu\text{g/l}$, B $10\text{--}30 \mu\text{g/l}$) samkvæmt viðmiðum í reglugerð nr. 796/1999 og styrkur heildarköfnunarefnis ævinlega langt innan marka fyrir ástandsflokk A ($< 300 \mu\text{g/l}$).

Þegar litið er til sýrustigs (pH) og rafleiðni á stöð 3 sést enn sá stöðugleiki sem einkennt hefur þessa þætti í Þingvallavatni (tafla 3). Eins og fyrri ár má sjá árstíðabreytileika í þessum þáttum, ásamt breytileika eftir dýpi að sumarlagi, sem væntanlega eru að stórum hluta afleiðd áhrif af vatnshita, en hann er í góðu samræmi við það sem sést hefur áður í þessari vöktun.

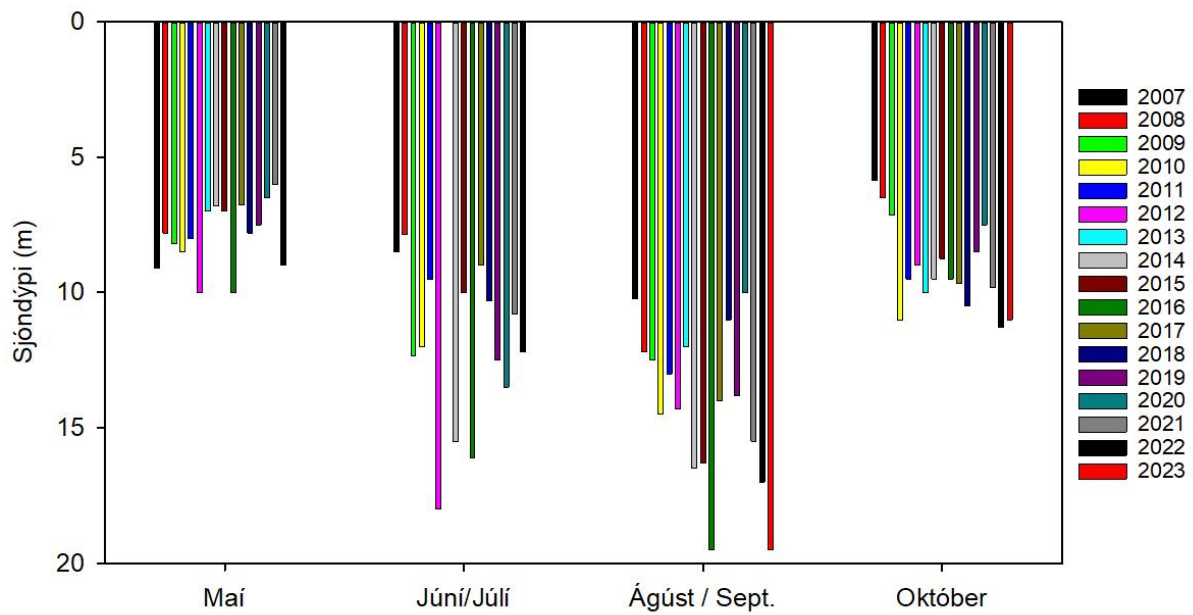
Tafla 9. Meðalstyrkur heildarfosfórs (P-heild) og heildarköfnunarefnis (N-heild) í Þingvallavatni að sumarlagi á árunum 2010–2023. Blátt táknar ástandsflokk A, grænt ástandsflokk B og gult ástandsflokk C samkvæmt viðmiðum í reglugerð nr. 796/1999.

Ár	P-heild µg/l	N-heild µg/l	Fjöldi mælinga
2010	15	74	6
2012	14	65	4
2013	11	68	8
2014	37	<200	8
2015	13	20	9
2016	12	42	8
2017	9	33	8
2018	12	43	6
2019	9,9	25	6
2020	12	38	4
2021	8	53	4
2022	12	99	4
2023	12	47	4
Meðaltal	14	51	
Miðgildi	12	45	
Staðalfrávik	7	23	

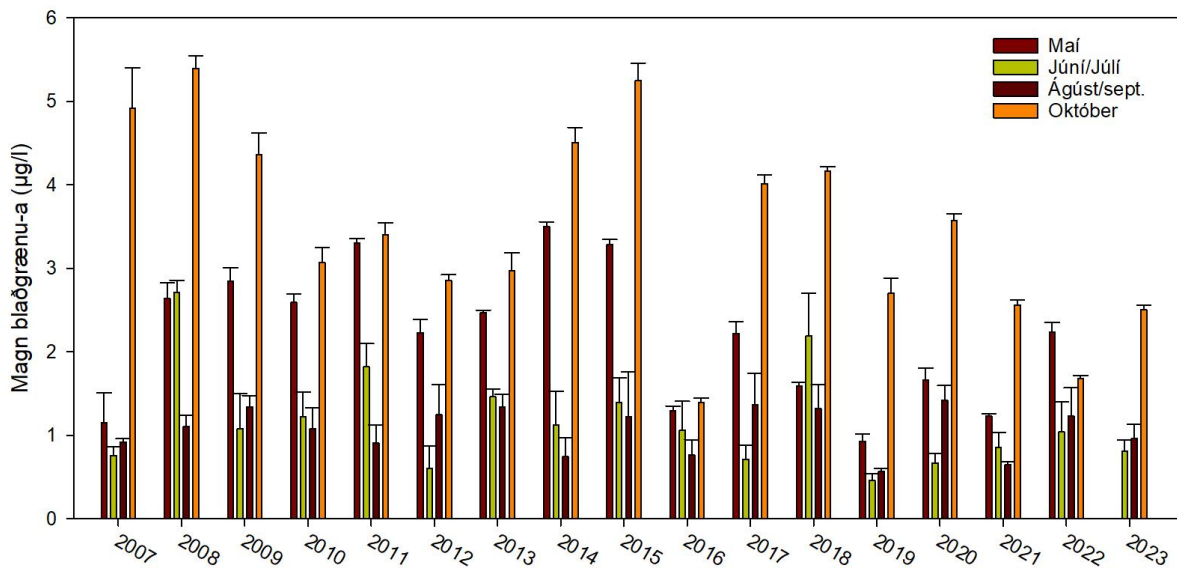
4.2 Sjóndýpi og blaðgræna-a

Sjóndýpi (tærleiki vatns) í Þingvallavatni breytist með árstíðabundnum hætti sem að miklu leiti má rekja til magns svífþörunga í vatninu, en breytileikinn innan hvers árstíma getur verið töluverður (mynd 10). Alla jafna er sjóndýpið minnst að vori en vex yfir sumarið, nær hámarki í ágúst/september en fellur síðla hausts (tafla 4). Árið 2023 var sjóndýpi aðeins mælt tvisvar og fylgja þær mælingar þessum ferli. Þetta árið mældist sjóndýpið með mesta móti og eru mælingarnar á pari við eða mjög nálægt hæstu gildum sem mælt hafa frá upphafi eða 19,5 m í ágúst og 11 m í október.

Magn blaðgrænu-a var einungis mælt þrisvar árið 2023 þar sem vorsýnataka féll niður. Mæligildi fyrir blaðgrænu-a féllu innan þeirra mæligilda sem sést hafa áður í vöktuninni. Árstíðabreytileiki var til staðar þar sem sjá mátti hefðbundna lægð yfir sumartímann, en þá dregur úr þörungavexti í kjölfar hlýnunar efstu 10–20 metra vatnsbolsins, sem aftur dregur úr blöndun hans og flutningi næringarefna úr djúpinu. Haustmælingin var í lægri kantinum og er það í fjórða skiptið á síðustu fimm árum sem það gerist (mynd 11). Vatnsbolurinn var fullblandaður á þessum tíma og því allar forsendur til þörungavaxtar en vera má að vöxturinn hafi ekki verið kominn í fullan gang eða að áhrifamiklir þátttakendur hafi ekki mætt til leiks, en vaxtartími og magn þörungategunda er afar breytilegt milli ára sérstaklega að vori (sjá t.d. Gunnar Steinn Jónsson 2021, 2024).



Mynd 10. Sjónýpi í Þingvallavatni árin 2007–2023 flokkað eftir árstíma. Mælt var á stöð 2 árin 2007–2015 og á stöð 3 árin 2016–2023. Mæling féll niður í maí og júní/júlí 2023.



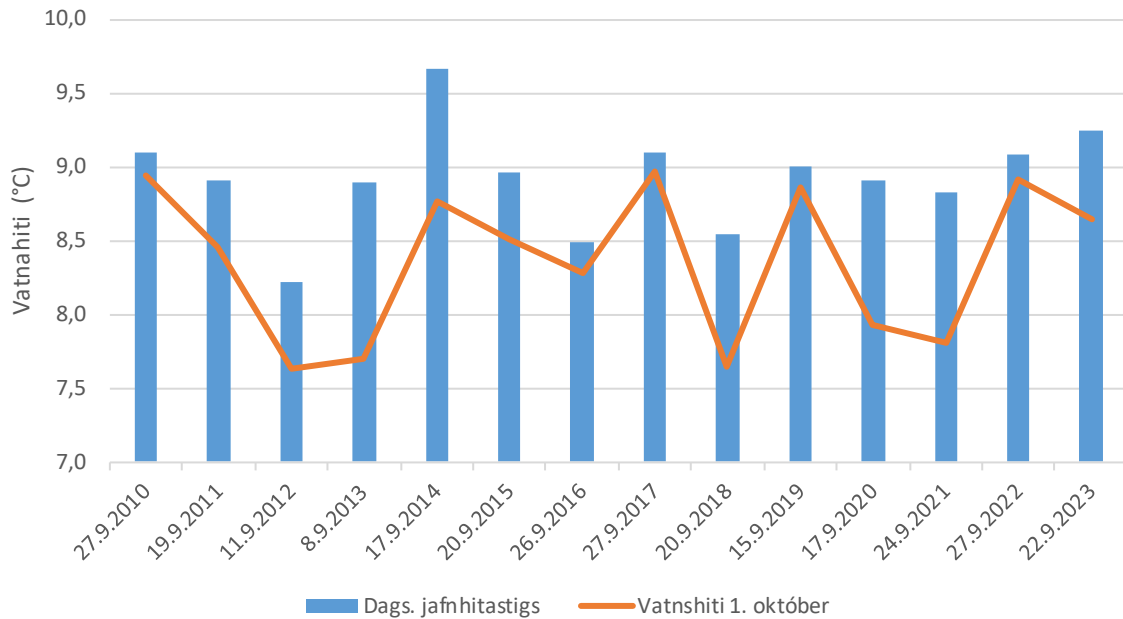
Mynd 11. Blaðgræna-a í Þingvallavatni árin 2007–2023 flokkað eftir árstíma. Mælt var á stöð 2 árin 2007–2015 og á stöð 3 árin 2016–2023. Mæling féll niður í maí 2023. Meðaltöl mælinga á öllum átta sýnatökudýpum. Vikmörk sýna staðalskekkju (SE).

Mælingar á blaðgrænu-a í þessu verkefni hafa gefið afar gagnlegar upplýsingar en eins og ætíð er með punktmælingar þá gefa þær einungis mynd af stöðunni daginn sem sýni eru tekin. Taka þarf til skoðunar að koma upp samfelldri vöktun blaðgrænu-a, t.d. með því að setja upp síritandi vöktunarstöð við útfall vatnsins, líkt og gert hefur verið í Mývatni síðastliðin ár (sjá t.d. Náttúrurannsóknastöðin við Mývatn 2021). Þá gefa tegundagreiningar á svifþörungum afar gagnlegar upplýsingar um persónur og leikendur í þessu mikilvæga þrepi í vistkerfi vatnsins, því þótt blaðgræna sé öflugt tól til að afla upplýsinga um magn þörunga í svifvist vatnsins segir hún ekkert um tegundasamsetninguna og t.d. hve mikið er á hverjum tíma um þörunga sem geta verið vísitægundir á ástandsbreytingar eða hentug fæða fyrir svifdýr. Þá getur stundum sést misræmi t.d. hvað varðar samband blaðgrænu og annarra þátta eins og sjóndýpis (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2021). Í slíkum tilfellum er afar mikill styrkur af beinum mælingum á svifþörunum enda gefst þannig færi á að ákvarða bæði magn þeirra og tegundir.

4.3 Vatnshiti á stöð 2

Vatnshitamælingar með síritandi hitamælum hófust í seinna lagi árið 2023 eða þann 6. júlí. Vatnshiti hafði þá náð um 7–8 °C og næstu daga hlýnuðu efstu metrar vatnsbolsins skart meðan vatnshiti neðan 20 m stóð í stað (mynd 2). Um viku síðar batt hvassviðri tímabundinn enda á þessa framvindu og má sjá greinilegan varmaflutning niður allan vatnsbol sem t.d. leiðir til hlýnunar um ca. 1°C á 40 m dýpi. Þá tók við hægviðriskafli sem leiddi til nær samfelldrar hlýnunar efstu 12 metranna uns hámarkhita, 12,6°C var náð um miðjan ágúst, en þá var vatnshiti um 9°C á 20 m dýpi, um 8°C og 32 m dýpi og 7,6 við botn á 40 m dýpi. Þetta ásand hélst nokkuð stöðugt þar til hvassviðri í byrjun september nær að mestu að rjúfa lagskiptinguna og má m.a. sjá snögga hlýnun við botn upp á um 1,5°C í kjölfar varmaflutnings úr efstu 16 metrum vatnsbolsins. Næstu vikur hélst vatnshitinn á dýpinu svipaður meðan yfirborðslögin fóru samfelld kólnandi og þann 22. september þegar vatnsmassinn hafði blandast að fullu var hitastig hans 9,2°C. Kólnun hélt svo áfram og þann 1. október var hiti í vatnsbol 8,6°C sem telst í hlýrri kantinum þegar horft er til fyrri niðurstaðna (mynd 12) og var kominn niður í 7,1°C þegar mælingum var hætt þann 24. október.

Eftirtektarvert er hve svipaður varmahagur vatnsbolsins er þegar blöndun hefur átt sér stað að hausti árin 2022 og 2023 miðað við hve gjörólík þau voru hvað varðar hitadreifingu og lagskiptingu að öðru leyti. Árið 2022 var stöðugur varmaflutningur niður í djúpið og engin lagskipting myndaðist meðan árið 2023 var nokkuð dæmigert fyrir lagskipt árið, þótt skiptingin hafi í einhverjum tilvikum verið skarpari s.s. árið 2012.



Mynd 12. Jafnhitastig og meðalvatnshiti 1. október á árabílinu 2010–2023. Dagsetningar sýna hvenær jafnhitastigi (vatnshitamunur á 4 m og 40 m dýpi kominn niður í 0,1 °C) er náð á árabílinu 2010–2023 (súlurit). Einnig er sýndur meðalvatnshiti í vatnsbol þann 1. október sama ár (línurit).

4.4 Svifdýr

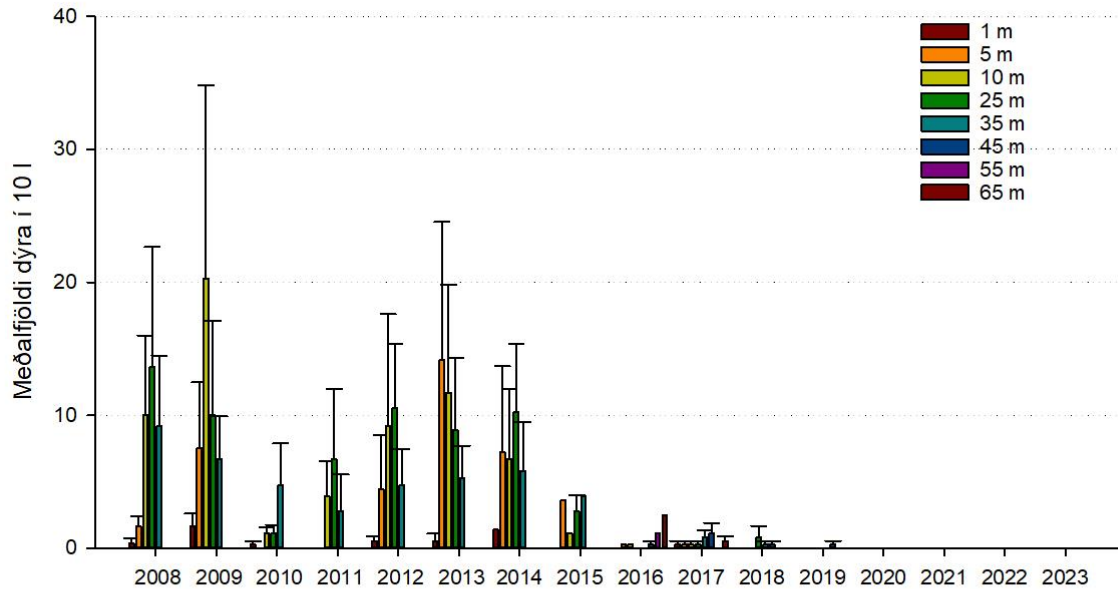
Sökum þess að fyrsta sýnatökuferðin, sem alla jafna hefur verið farin í maí, féll niður árið 2023 var ljóst að taka þurfti tillit til þess við samanburð gagna milli ára, sérstaklega þegar notuð eru meðaltöl sem eru samsett úr niðurstöðum allra fjögurra ferðanna. Til að gera niðurstöðurnar sem sambærilegastar var sú leið var farin að reiknað var meðaltal árána 2016–2022 (árin sem stöð 3 hefur verið meginsýnatökustöð) fyrir þessa tilteknu sýnatökuferð í maí og gildi þess meðaltals notuð í stað mæligilda fyrir maí árið 2023. Áhrif þessa kunna að vera misjöfn eftir lífveruhópum en þau eru lítil á þá hóp sem mest áhersla er lögð á, hóp á borð við langhalafló og svifdéli. Það kemur til af því að þéttleiki þeirra er ævinlega lágur í maí, á þeim tíma sem sýnatökan hefði átt að fara fram.

Eins og fyrri ár reyndust lífsögubættir svifkrabbadýra í Þingvallavatni í föstum skorðum hvað varðar tímasetningar og kjördýpi, þó með þeim fyrirvara að árið 2023 vantar fyrstu sýnatökuna. Hún er þó alla jafna það snemma á ferðinni að fullvaxin svifkrabbadýr eru sjaldnast komin fram í miklum þéttleika en árfætlulirfur (nauplius) geta verið í töluverðum þéttleika. Árfætlur voru ráðandi hópur í júlí og í töluverðum þéttleika á um 10 og 25 m dýpi. Í ágúst var þéttleiki þeirra enn þá nokkur og mestur á 10 m dýpi en í október voru þær nánast jafndreifðar um vatnsbolinn í mun minni þéttleika en áður. Langhalafær sýna annað mynstur, eru komnar fram í júlí en ná mestum þéttleika í ágúst, eða þegar fjöldatappur árfætlanna er genginn yfir og liggja heldur dýpra en þær eða gjarna á og neðan 25 metra dýpis. Langhalafær voru einnig í nokkrum þéttleika um haustið og voru dreifðar um allan vatnsbolinn (tafla 5). Árfætlulirfur voru að vanda áberandi hópur í svifi að hausti en fremur fágætar að sumarlagi.

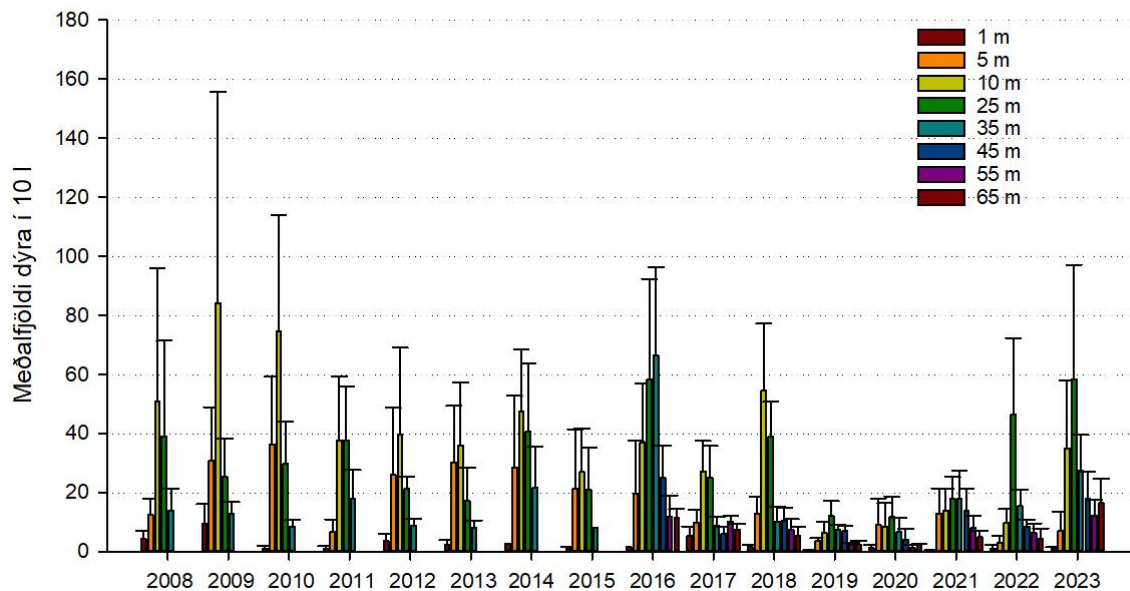
Hvað tegundafjölda krabbaflóa varðar þá hefur verið nánast hending að finna aðrar tegundir en langhalafló. Ranafló, sem sást að staðaldri í fremur lágum þéttleika framan af vöktunartímabilinu, virðist vera horfin en hennar hefur ekki orðið vart í sýnum frá árinu 2019. Hvað þéttleika varðar þá hefur langhalaflóin löngum haldið sjó þrátt fyrir sveiflur, en síðustu ár hefur hallað undan fæti og

Þéttleiki verið sögulega lítill á öllum dýptarbilum (mynd 13). Árið 2022 náði hún sér loks aðeins á strik á 25 m dýpi og árið 2023 virðist hún vera að ná fyrri þéttleika, eða sambærilegum við það sem sást árið 2018. Vegna stöðu langhalaflóar sem þungavigtartegundar í vistkerfi Þingvallavatns væri vert að fylgja betur eftir lífsferlum hennar í tíma og rúmi.

Ranafló (*Bosmina coregonii*)



Langhalafló (*Daphnia galeata*)



Mynd 13. Fjöldi ranaflóa og langhalaflóa í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023. Mældýpi á stöð 3 eru 1, 5, 10, 25, 35, 45, 55 og 65 m, en samanburðarárin á stöð 2 ná mælingar aðeins niður á 35 m dýpi. Um er að ræða meðaltal fjögurra mælinga á hverju dýpi (í maí, júní/júlí, ágúst/september og október/nóvember) ásamt staðalskekkju (St.sk.). Mæling féll niður í maí 2023 og eru í hennar stað notuð meðaltöl mælinga í maí á árunum 2016–2022.

Svifdili eru annar meginhópur sviflægra krabbadýra í Þingvallavatni og hafa þau fylgt svipuðum ferli og langhalaflóin síðustu ár, þ.e. að þéttleiki hefur verið í lægri kantinum, bæði almennt og einnig á 10 m dýpi sem virðist vera kjördýpi (mynd 14). Árið 2022 ná þau hins vegar fremur háum þéttleika á 10 m dýpi og sýna þannig svipaða mynd og langhalaflóin, þ.e. viðsnúning frá því ástandi sem verið hafði undanfarin þrjú ár eða svo. Þessi þróun hélt svo áfram árið 2023 með sambærilegum þéttleika á 10 m dýpi og árið áður og stórauðnum þéttleika á 25 m dýpi sem er óvenjulegt í meira lagi miðað við fyrri ár. Það virðist því sem hin mögru ár séu að baki hjá báðum þessum meginhópum sviflægra krabbadýra og aðstæður árið 2023 hafi verið þeim hagstæðar.

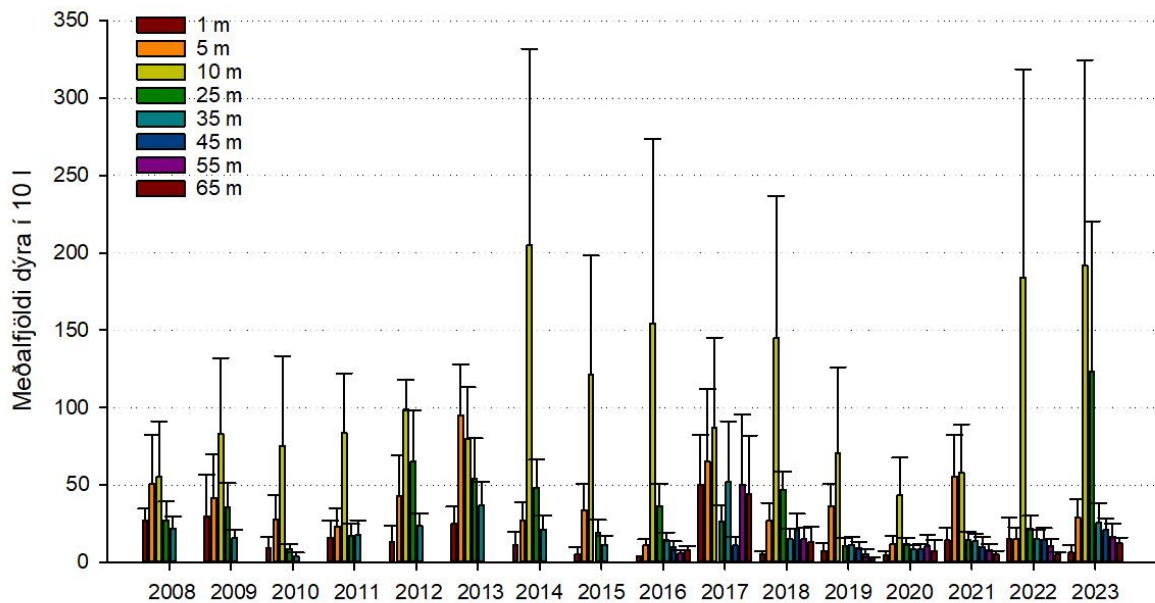
Augndíli eru svo þriðji krabbadýrahópurinn í svifvistinni en þar sem einstaklingar innan hans eru ekki greindir frekar til tegunda eða hópa, er mögulegt að um sé að ræða samansafn tegunda, sem þá geta haft mismunandi lífshætti og því verið misnæmar fyrir breytingum á aðstæðum. Þessi hópur hefur verið afar sveiflukenndur í gegnum tíðina og ekki verið í takti við langhalafló eða svifdili (mynd 14). Þéttleiki augndíla virðist dala frá síðasta ári og er svipaður og árið 2017 og sum árin þar á undan ef einungis er litið til dýptarbilsins niður á 35 m dýpi.

Af þessum framantöldu hópum eru svifdili og langhalafló eingöngu síarar, þ.e. lifa á smáum þörungum eða bakteríum, en augndílin eru hópur tegunda sem geta innihaldið bæði síara og rándýr.

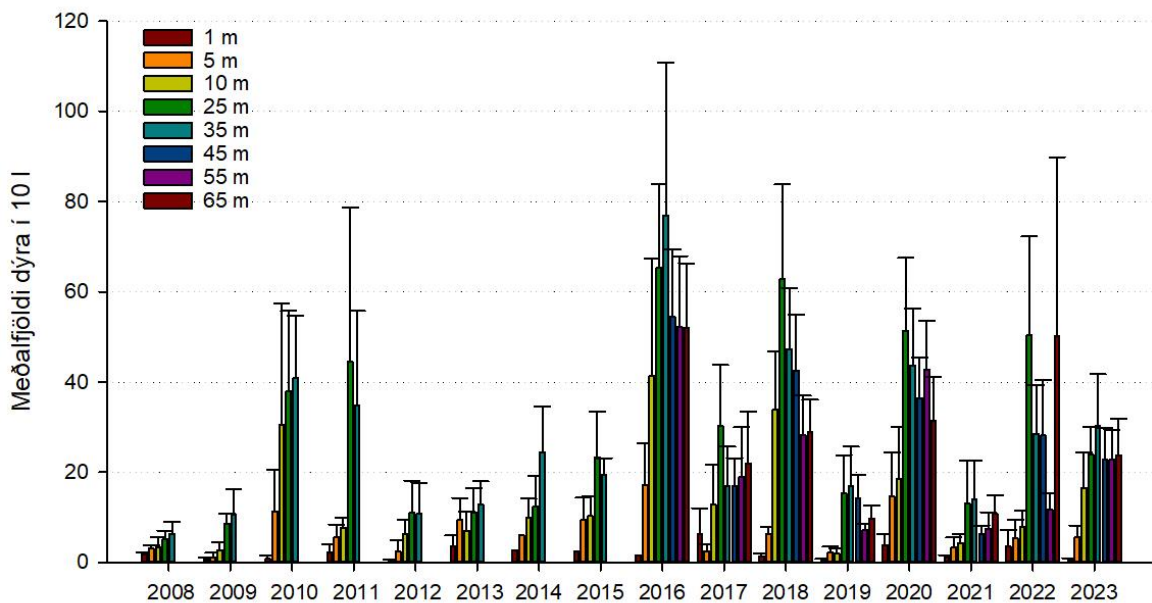
Þegar litið er til þyrildýra má sjá álíka misvísandi ferla og hjá krabbadýrunum, þ.e. að sum þeirra halda sínu striki meira og minna í gegnum alla tímaseríuna meðan þéttleiki annarra rís og fellur, stundum í takti við halafló og svifdili. Þyrildýr eru smásæ dýr, gjarna á bilinu 0,1–0,3 mm að lengd. Þau standa dýra neðst í svifvist Þingvallavatns og lifa á bakteríum, bifdýrum og örsmáum þörungum sem þau sía úr vatninu og getur fæðuval þeirra því mögulega skarast við fæðuval svifkrabbadýra. Aðrar tegundir eru rándýr sem éta m.a. önnur þyrildýr.

Fjaðrabyrila er dæmi um tegund sem farið hefur í gegnum miklar sveiflur og var þéttleiki hennar árið 2022 sá lægsti frá upphafi, en hún hefur verið í samfelldri lægð frá 2019 (mynd 15). Fjaðrabyrila hefur rétt nokkuð úr kútnum milli ára og var staða hennar árið 2023 svipuð og árið 2021. Slóðabyrila er svo dæmi um tegund sem hefur frekar sótt í sig veðrið, sérstaklega framan af, og aðallega neðan til í vatnsbolnum (mynd 15). Síðustu ár hefur þó almennt dregið úr þéttleika hennar og hélt sá ferill áfram árið 2023. Sólpyrila er dæmi um tegund sem alla jafna er til staðar í nokkrum þéttleika, oft með fjöldatoppa á 10–35 m dýpi (mynd 16). Þessir toppar hafa hins vegar ekki skilað sér síðan 2019 en í staðin hefur þéttleikinn verið í lægri kantinum og aukist með dýpi. Árið 2022 skar sig svo úr með afar lítinn þéttleika á öllum dýpum nema 65 m. Þéttleikinn árið 2023 var svo áfram lítill í sögulegu samhengi og engir þéttleikatoppar sjáanlegir. Spaðabyrilan hefur svo í gegnum tíðina verið ímynd stöðugleikans í hópi þyrildýra og heldur því áfram árið 2023 þar sem þéttleikinn er mjög í takt við ýmis fyrri ár hvort sem litið er til áranna fyrir eða eftir 2016 (mynd 16).

Skýringar á þeim sveiflugangi sem sjá má hjá sumum þeirra dýrategunda sem mynda svifvist Þingvallavatns liggja ekki á lausu, en sveiflur af náttúrulegum toga geta átt sér margvíslegar orsakir. Þar á meðal er samspil vatnshita við lofthita og vind sem aftur ræður mestu um hitadreifingu í vatnsbolnum og hvort lagskipting nái að myndast, sem aftur hefur áhrif á aðgengi svifþörunga að næringarefnum og birtu.

Svifdílí (*Leptodiaptomus tegund*)

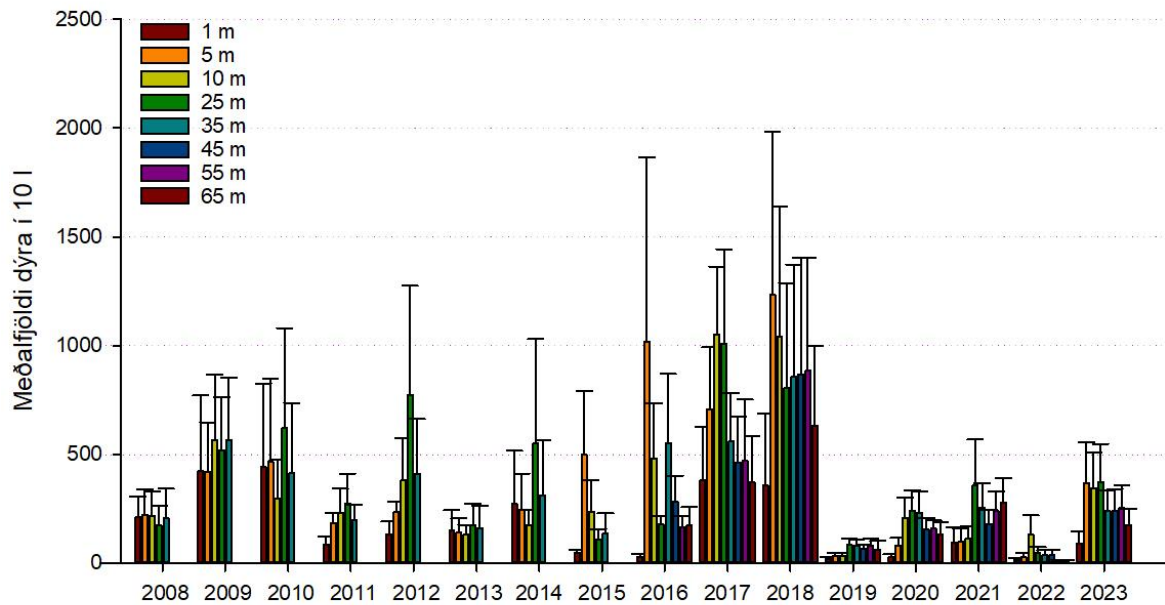
Augndílí (Cyclopoidae)



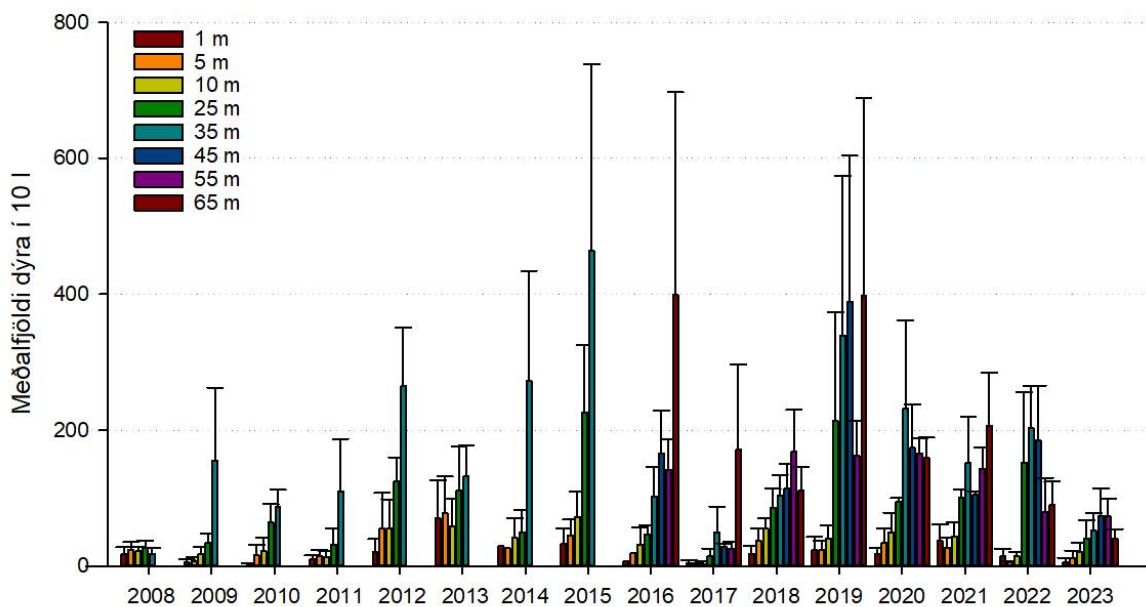
Mynd 14. Fjöldi svifdíla og augndíla í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023. Mældýpi á stöð 3 eru 1, 5, 10, 25, 35, 45, 55 og 65 m, en samanburðarárin á stöð 2 ná mælingar aðeins niður á 35 m dýpi. Um er að ræða meðaltal fjögurra mælinga á hverju dýpi (í maí, júní/júlí, ágúst/september og október/nóvember) ásamt staðalskekkju (St.sk.). Mæling féll niður í maí 2023 og eru í hennar stað notuð meðaltöl mælinga í maí á árunum 2016–2022.

Þessir þættir geta hins vegar tekið breytingum vegna áhrifa hnattrænnar hlýnunar á staðbundnar veðurastæður s.s. vindafar og lofthita. Þá getur tegundasamsetning þörungasvifs skipt miklu máli, t.d. geta aðrir þörungahópar en þeir sem eru mest áberandi í stærð og lífþyngd, verið mikilvægir þegar kemur að afkomu svifdýra, eða hópar sem alls ekki eru mældir s.s. frumdýr og bakteríur. Saman geta allir þessir þættir haft afgerandi áhrif á framvindu innan svifvistarinnar og þar með einnig á þau fæðuprep sem ofar standa.

Fjaðrabyrlla (*Polyarthra* tegundir)

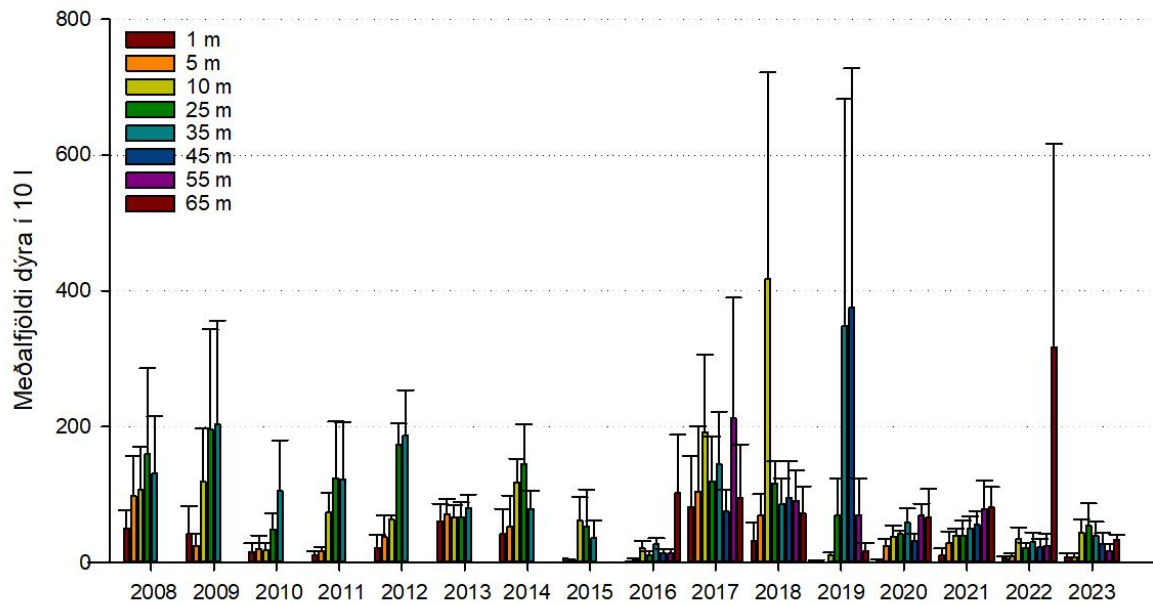


Slóðabyrlla (*Filinia terminalis*)

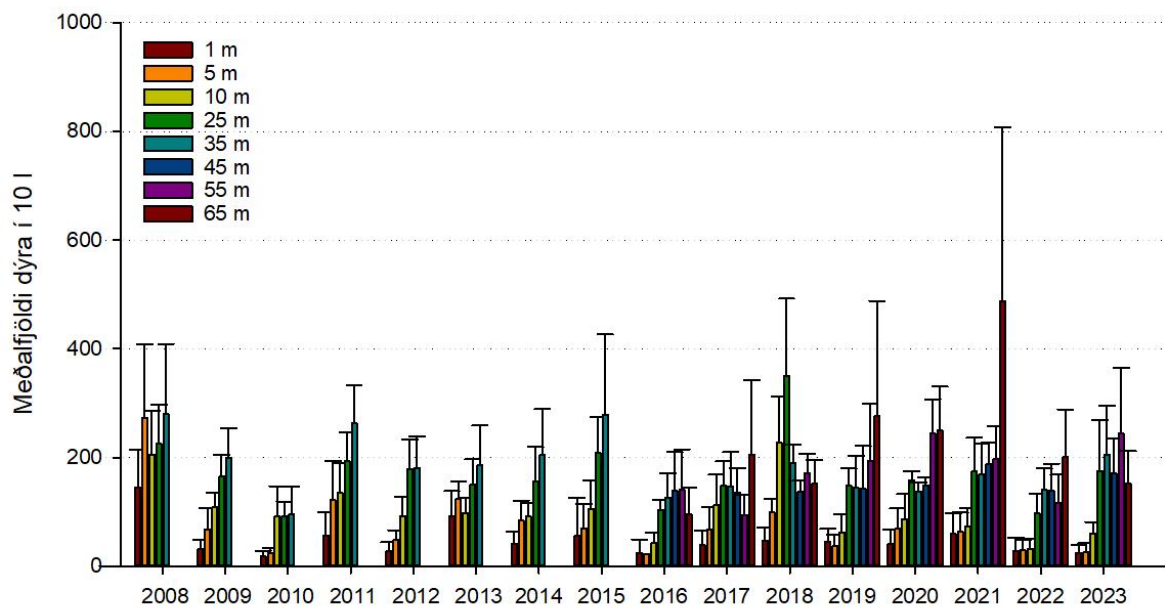


Mynd 15. Fjöldi fjaðrabyrlla og slóðabyrlla í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023. Mældýpi á stöð 3 eru 1, 5, 10, 25, 35, 45, 55 og 65 m, en samanburðarárin á stöð 2 ná mælingar aðeins niður á 35 m dýpi. Um er að ræða meðaltal fjögurra mælinga á hverju dýpi (í maí, júní/júlí, ágúst/september og október/nóvember) ásamt staðalskekku (St.sk.). Mæling féll niður í maí 2023 og eru í hennar stað notuð meðaltöl mælinga í maí á árunum 2016–2022.

Sólpyrlla (*Conochilus unicornis*)



Spaðapyrlla (*Keratella cochlearis*)



Mynd 16. Fjöldi sólpyrlna og spaðapyrlna í 10 lítrum á hverju dýpi árin 2008–2023. Mældýpi á stöð 3 eru 1, 5, 10, 25, 35, 45, 55 og 65 m, en samanburðarárin á stöð 2 ná mælingar aðeins niður á 35 m dýpi. Um er að ræða meðaltal fjögurra mælinga á hverju dýpi (í maí, júní/júlí, ágúst/september og október/nóvember) ásamt staðalskekku (St.sk.). Mæling féll niður í maí 2023 og eru í hennar stað notuð meðaltöl mælinga í maí á árunum 2016–2022.

4.5 Murta

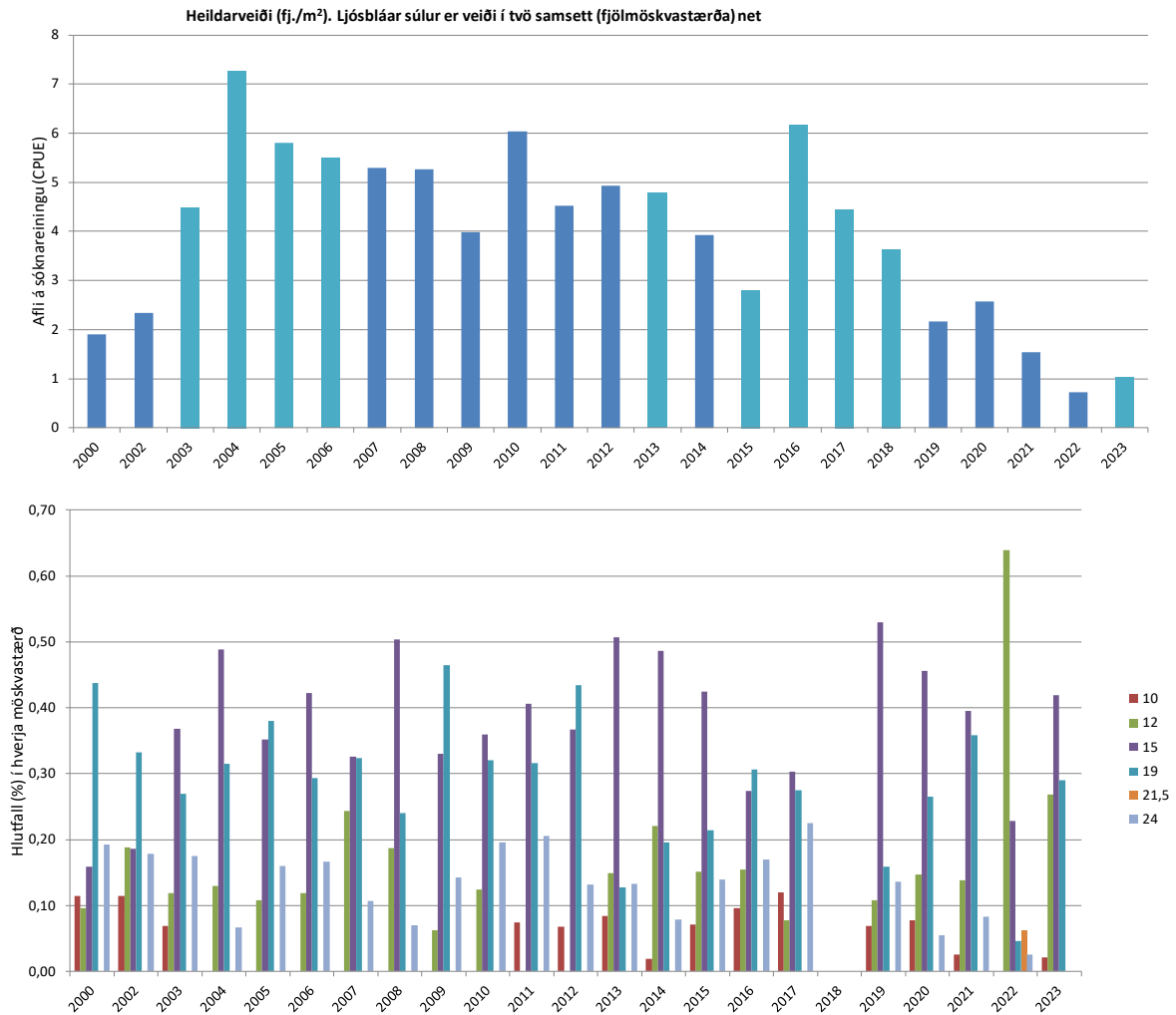
Fylgst hefur verið með aflasamsetningu murtu á hrygningarslóð við Svínanes með samræmdum hætti síðan árið 2000. Í flestum tilvikum hefur veiðin farið fram með netum sem eru samsett úr nethlutum með mismunandi möskvastærð í stað þess að leggja heil net með einni möskvastærð en einnig hefur komið fyrir að séríur af netum í fullri lengd hafi verið notaðar, eins og raunin var árið 2022 (mynd 17). Í lélegum veiðiárum hefur veiðiátak gjarna verið aukið til að ná í stærra sýni og þá oftast með því að endurtaka sambærilegt veiðiátak, og stóð til að gera það þetta árið en veður hamlaði frekari veiðum. Fjöldi fiska var því með allra minnsta móti eða tæplega 100 murtur í heildina.

Murtuafli á hrygningarslóð árið 2023 var hinn næstminnsti frá upphafi miðað við veiðiátak og var einungis árið 2022 lakara. Mest var veiðin í 15,5 mm möskva en þar á eftir í 19,5 og svo 12,5. Athygli vekur að engin murta kom í 24 mm möskva og er það í fyrsta skipti sem það gerist. Annað sem vekur athygli er að breyting virðist hafa orðið á hlutfallslegri veiði í 12,5–19,5 möskva frá árinu 2022 sem bendir til að stærð fiska hafi aukist. Þó er rétt að taka fram að ekki er marktækur munur á lengdardreifingu í 15,5 og 19,5 mm möskva árið 2023. Hins vegar sker murta sem veiddist í 19,5 mm möskva sig marktækt frá í stærð, en sá hópur var afar fálíðaður í veiði árið 2022. Því eru þarna vísbendingar um að stærð murtu hafi farið uppávið milli ára ásamt því sem afli á sóknareiningu hefur þokast uppávið.

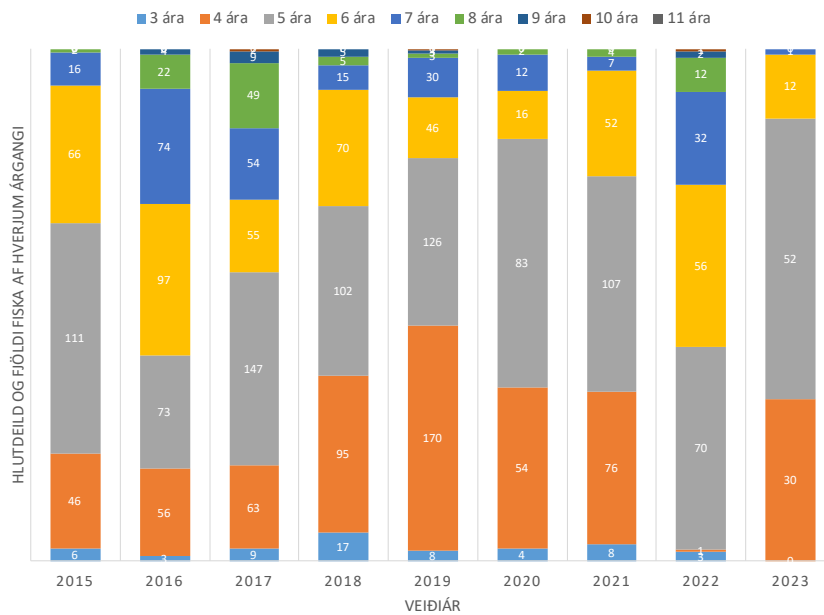
Aldurssamsetning í afla var á þröngu bili eða 4–7 ára fiskur og uppistaðan 4–5 ára. Sárálítið veiddist af eldri fiskum en fimm ára og var meðalaldur í hverri möskvastærð á bilinu 4,5–5,2 ár. Þegar aldurssamsetningin er borin saman við nokkur síðustu ár sést að árin 2022 og 2023 skera sig frá með eftirtektarverðum hætti (mynd 18). Annars vegar vantar nær algerlega fjögurra ára fisk í veiðina árið 2022. Sá árgangur var þó greinilega til í vatninu og skilar sér sem fimm ára fiskur árið 2023. Hins vegar hverfur fiskur eldri en sex ára nær algerlega úr afla árið 2023. Það lítur sem sé út fyrir að árið 2022 hafi fjögurra ára fiskur hreinlega frestað hrygningu en jafnframt bentu niðurstöður þess árs til að sá fiskur (fimm til sex ára) sem þó skilaði sér til hrygningar hafi verið í slöku ásigkomulagi (Haraldur R. Ingvason o.fl. 2023, Vistís 2023). Í afla ársins 2023 veiddist síðan sárálítið af fiski sem er eldri en fimm ára sem mögulega skýrist af því að veruleg afföll hafi orðið á þeim fiski sem þó mætti til hrygningar árið 2022.

Mögulega eru ýmsar samverkandi skýringar á orsökum þess að murtan í Þingvallavatni virðist í fordæmalausri stöðu. Böndin berast þó óhjákvæmilega að fæðu murtunnar en árin frá 2018–2021 einkenndust af minni þéttleika halafloar og svifdilis, auk annarra tegunda, en þessar tvær svifkrabbadýrategundir eru meðal aðalleikenda í svifvist vatnsins og sérstaklega er halaflóin mikilvæg fæða murtu. Þéttleiki þessara dýra hefur farið uppávið síðustu tvö ár og var kominn í fyrra horf árið 2023, að ranafló frátaldri sem virðist hreinlega vera horfin.

Upplýsingar um aðra mikilvæga fæðuflokka murtunnar á borð við mýflugur liggja ekki fyrir. Þá liggja ekki heldur fyrir beinar mælingar á stofnstærð murtu, sem gætu svarað því hvort stofninn hafi raunverulega minnkað sem öllu þessu nemur eða hvort aðstæður hafi af einhverjum orsökum verið með þeim hætti að einungis hluti stofnsins skili sér til hrygningar.



Mynd 17. Heildarveiði murtu og hlutfall veiði í hverja möskvastærð. Stöðluð heildarveiði (afli á sóknareiningu/CPUE, efri mynd), og hlutfall veiði í hverja möskvastærð (neðri mynd).



Mynd 18. Hlutfallsleg aldurssamsetning í murtuveiði árin 2015–2023.

5 Samantekt

Niðurstöður fyrri ára sína að gróflega er hægt að skipta mælipáttum þessa vöktunarhluta í tvennt; stöðuga þætti og óstöðuga þætti. Stöðugu þættirnir eru eðlisþættir og efnabúskapur, sem alla jafna breytast lítið innan árs og eru mjög sambærilegir milli ára, meðan óstöðugu þættirnir eru þéttleiki lífvera í svífvist og hitadreifing í vatnsbol. Árið 2023 fellur ágætlega að þessari mynd, breytingar í eðlis- og efnabáttum eru á fremur þröngu sviði og gildi á svipuðu róli og áður þótt nokkuð skýr merki sjáist um lagskiptingu í vatnshita og pH gildi í júlí. Styrkur þeirra efna sem voru yfir greiningarmörkum í síuðum sýnum var alla jafna lágur en hækkaði oft en ekki milli mánaða. Í ágúst mældist í öllum tilvikum lægri efnastyrkur á 5 en 35 m dýpi. Magn blaðgrænu mældist innan þeirra gilda sem áður hafa mælst og sjóndýpi var með mesta móti í þeim tveimur mælingum sem gerðar voru.

Árið 2023 kom fram nokkuð ákveðin hitalagskipting vatnsbols þar sem efstu 12–16 metrarnir skildust frá og voru 2–3°C hlýrri en vatnið á 20 m dýpi og allt að 4–5 °C hlýrri en vatn við botn. Þetta sást m.a. í miklum tærleika og litlum þörungavexti á þessu dýptarbili en einnig má greina mun í styrk næringarefna á 5 og 35 m dýpi, þ.e. ofan og neðan lagskiptingar, sem bendir til þess lítil blöndun hafi átt sér stað innan vatnsbolsins.

Nokkra breytingu mátti merkja milli ára í þéttleika krabbadýra í svífvist vatnsins þar sem langhalafló, svífdíli og augndíli réttu verulega úr kútnum árið 2023 og náðu fyrri stöðu eftir þrjú mögur ár meðan ranafló hefur ekki sést síðan 2019. Svipað mynstur sést einnig hjá þyrildýrum þar sem t.d. fjaðrabýrila virðist eiga verulega undir högg að sækja meðan spaðabýrila siglir fremur lygnan sjó. Fróðlegt verður að sjá hvort ástandið sé að færast til fyrra horfs og þá hvort sjá megí áhrif þess á aðrar lífverur s.s. ranafló og murtu.

Afli murtu á sóknareiningu árið 2023 var sá næstminnsti sem sést hefur frá því farið var að vakta hana með samræmdum hætti á árunum 2000–2023 en þokast lítillega upp frá síðasta ári, sem var það lakasta frá upphafi. Eftirtektarvert er að árið 2023 veiðist hærra hlutfall í 15,5 mm möskva en árið áður þegar uppistaða veiðinnar var í 12,5 mm möskva og að fjögurra ára fiskur mætir aftur til hrygningar. Eftir sem áður virðist murtan vera í fordæmalausri stöðu miðað við þau gögn sem hér liggja til grundvallar.

Vöktunarverkefni eru langhlaup og eftir því sem fleiri ár bætast við fæst skýrari mynd af aðstæðum í Þingvallavatni og þeim breytileika sem þar er að finna. Mikilvægt er að halda áfram að þróa vöktunina hér eftir sem hingað til og má í því sambandi nefna þörungavöktunina sem hefur bætt gríðarmiklum upplýsingum við hvað varðar samsetningu þörungasvífsins, upplýsingum sem ekki er hægt að afla með blaðgrænumælingum þar sem þær gefa aðeins vísbendingar um heildarmagn þörunga. Þá gefa niðurstöður murtuvöktunarinnar fullt tilefni til að kanna betur hvað er að gerast með þann stofn og raunar einnig aðra stofna því vatnið er jú eitt samhangandi vistkerfi.

Þakkarorð

Rósa Jónsdóttir og Jóhann Jónsson í Mjóanesi og fjölskylda þeirra hafa veitt ómetanlega aðstoð við þetta verkefni í gegnum tíðina. Rósa féll frá sumarið 2022 og minnumst við hennar með hlýhug og þakklæti. Iris Hanssen tók þátt í sýnatöku úr svifvist og Friðþjófur Árnason tók þátt í murtuveiði. Fía Finn las aldur fiskanna úr kvörnum. Friðþjófur Árnason las skýrsluna yfir í handriti og færði margt til betri vegar. Eru þeim færðar bestu þakkir.

Heimildir

Eydís Salome Eiríksdóttir 2023. Efnasamsetning Þingvallavatns. Gögn frá árinu 2022.

Hafrannsóknastofnun, HV 2023-29. 31 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir og Sigurður Reynir Gíslason 2020. Efnabúskapur Þingvallavatns.

Náttúrufræðingurinn 90 (1) bls. 65–79.

Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason, Þóra Hrafnisdóttir, Stefán Már Stefánsson og Kristín

Harðardóttir 2020. Vöktun svifdýra í Þingvallavatni 2007–2016. Náttúrufræðingurinn 90 (1) bls. 23–35.

Gunnar Steinn Jónsson 2024. 10 ára vöktun á svifþörungum í Þingvallavatni 2015 til 2024 .

Hafrannsóknastofnun, HV2024-46. 39 bls.

Gunnar Steinn Jónsson 2021. Vöktun á svifþörungum í Þingvallavatni 2015 til 2021. Náttúrufræðistofa

Kópavogs og RORUM ehf. 29 bls.

Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Finnur Ingimarsson 2023. Vöktun á lífríki og

vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2022. Verkpáttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Hafrannsóknastofnun, HV 2023-38. 25 bls.

Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson og Stefán Már Stefánsson 2022. Vöktun á lífríki og

vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2021. Verkpáttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 3-2022. 24 bls.

Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson og Stefán Már Stefánsson 2021. Vöktun á lífríki og

vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2020. Verkpáttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 2-2021. 24 bls.

Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnisdóttir 2015. Vöktun á

lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2014. Verkpáttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Náttúrufræðistofa Kópavogs. Fjölrit nr. 1-2015. 25 bls.

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Þóra

Hrafnisdóttir 2020. Hlýnun Þingvallavatns og hitaferlar í vatninu. Náttúrufræðingurinn 90 (1) bls. 80–99.

Náttúrufrannsóknastöðin við Mývatn 2021. Ársskýrsla 2020. 41 bls.

Reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns (skoðað 23.7.2024):

<https://www.reglugerd.is/reglugerdir/eftir-raduneytum/umhverfisraduneyti/nr/4482>

Veðurstofa Íslands 2024: Gagnabanki Veðurstofu Íslands, afgreiðsla nr. 2024-04-11

14:08:25/Sjálfsafgreiðsla veðurathugana VÍ.

Vistís, Annual meeting of the Icelandic Ecological Society 24.-26. mars 2023.

<https://nordicsocietyoikos.glueup.com/resources/protected/organization/1097/event/70375/8d40c7e1-6527-47e2-9488-e3261d175f93.pdf> (skoðað 21.9.2023).



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna