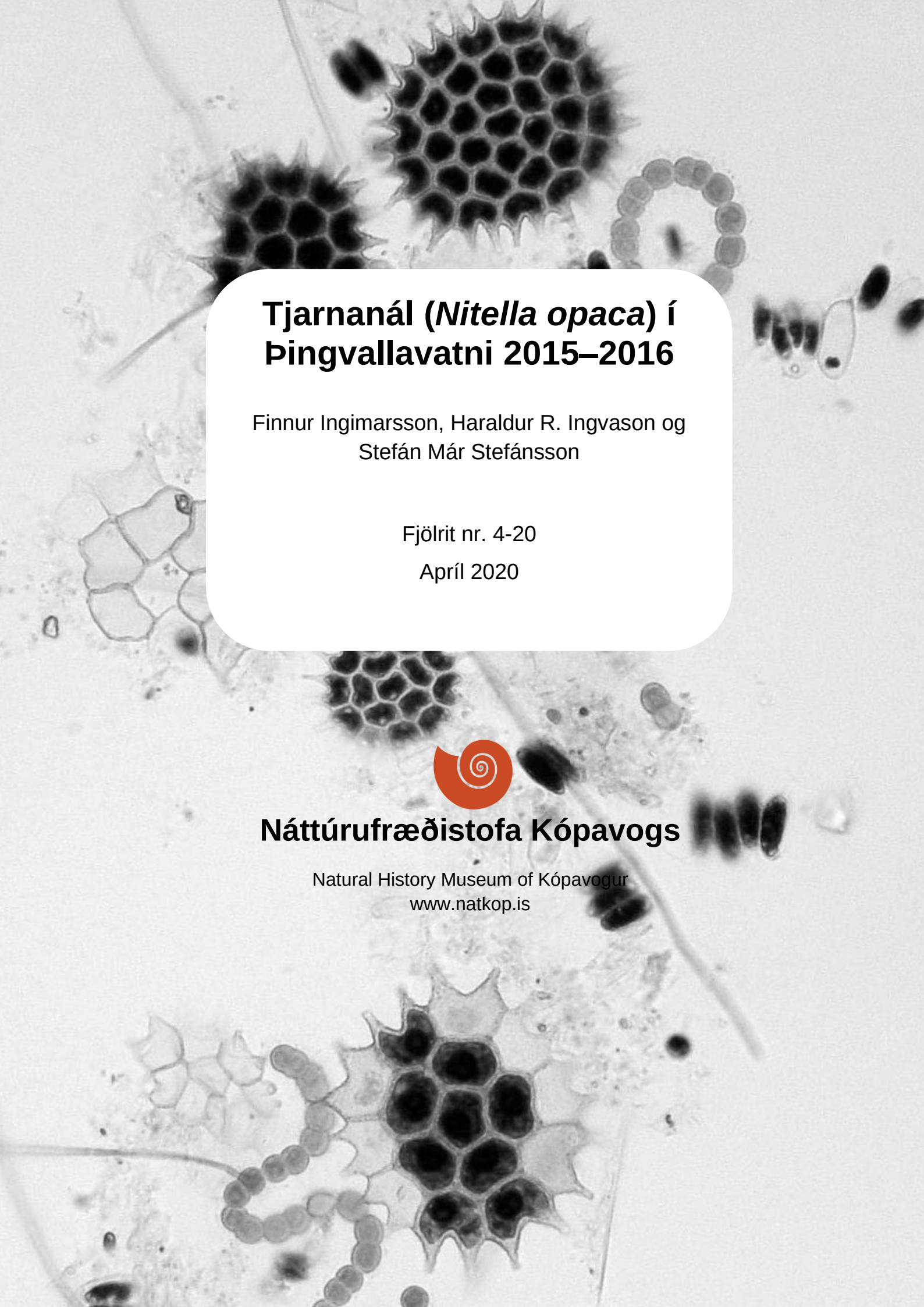


Tjarnanál (*Nitella opaca*) í Þingvallavatni 2015–2016

Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason og Stefán Már Stefánsson

Fjölrit nr. 4-20

Apríl 2020

Náttúrufræðistofa Kópavogs

Natural History Museum of Kópavogur
www.natkop.is

Tjarnanál (*Nitella opaca*) í Þingvallavatni 2015–2016

Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason og
Stefán Már Stefánsson

Fjölrit nr. 4-20

Apríl 2020

Náttúrufræðistofa
Kópavogs

Hamraborg 6a - 200 Kópavogur - natkop.is

Ágrip

Kransþörungurinn tjarnanál (*Nitella opaca*) er ráðandi tegund vatnagróðurs í Þingvallavatni og finnst hún víðsvegar um vatnið, aðallega á 5–35 m dýpi. Tegundin getur náð um og yfir 1 m hæð og myndað þéttar breiður á botni, en einnig verið gisin og lágvaxin. Tjarnanálabreiður auka fjölbreytileika búsvæða í vatninu og þar má m.a. finna urmul hornsíla og ýmissa smádýra, ásamt því að þær mynda undirlag fyrir ásætur, bæði þörunga og dýr.

Á árunum 1978–1987 fóru fram margháttaðar rannsóknir í Þingvallavatni þar sem m.a. var safnað ýmsum upplýsingum um tjarnanálina. Þeim rannsóknum hefur lítið verið fylgt eftir hvað tjarnanálina varðar, en á síðustu árum hefur áhugi á að bæta þar úr farið vaxandi. Það stafar ekki síst af spurningum sem vakna vegna hlýnunar síðustu ára, en einnig spurninga sem vaknað hafa í kjölfar yfirstandandi vöktunar á lífríki og umhverfisþáttum í vatninu.

Á árunum 2015 og 2016 var ráðist í litla rannsókn á útbreiðslu og þéttleika tjarnanálarinnar á völdum stöðum í vatninu og rannsóknarsvæði frá fyrri tíma höfð til hliðsjónar við það val. Beitt var nokkrum mismunandi aðferðum við mælingarnar og var það gert í þeim tilgangi að bera saman árangur þeirra og fýsileika ef til umfangsmeiri vöktunar kæmi í framtíðinni.

Að svo miklu leyti sem niðurstöður þessa verkefnis eru sambærilegar við eldri gögn, virðist sem vöxtur tjarnanálar hafi verið minni á árunum 2015 og 2016 en fyrr á árum þótt útbreiðsla væri sambærileg. Ekki er hægt að segja til um hvort þarna er um náttúrulegan breytileika að ræða eða aðrar orsakir liggi þar að baki.

Komi til frekari rannsókna eða vöktunar á tjarnanál í Þingvallavatni, þá er lagt til að megnáhersla verði á að afla ljósmynda af föstum botnsniðum sem nái frá neðstu vaxtarmörkum að þeim efstu, en sjálfsagt er að beita öðrum aðferðum samhliða. Reynslan sem aflað var í þessu verkefni mun nýtast afar vel til að þróa verklag við slíkar rannsóknir.

Summary

Nitella opaca is a dominant macrophyte species in lake Þingvallavatn, mostly growing at 5–35 m depth in all parts of the lake. This is a large charophyte and may grow to a length of one meter or more, completely covering the lake sediment, but is also found small and scattered. Therefore, *Nitella* beds may add considerably to the mosaic of available habitats and provide refuge for diverse groups such as small fish like stickelbacks (*Gasterosteus aculeatus*), invertebrates and periphyton. Unsurprisingly, this habitat has therefore gained growing interest, due to possible effects of elevated temperature and growing tourism in the area in recent years.

This project was partly designed as a follow up study, using sampling areas from former researches (1978–1987), and partly to test different methods for obtaining information about density and coverage of the *Nitella* beds.

Comparison between this project and former studies should be interpreted with caution, but it indicates lesser growth in 2015 and 2016 than in earlier studies.

Experience gained from this project, indicates that for future research and monitoring projects of the *Nitella* beds in Þingvallavatn, the main focus should be set on obtaining underwater photographs from fixed depth transects. This does not rule out other methods such as graphnels or autonomous underwater vehicles.

Efnisyfirlit

Ágrip 1
Summary 2
Inngangur 4
Aðferðir 5
Staðhættir 5
Sýnataka og mælingar 5
Meðhöndlun gagna 10
Niðurstöður og umræður 11
Samanburður við fyrri rannsóknir 12
Tillögur að vöktun 14
Þakkir 16
Heimildir 16

Inngangur

Frá árinu 2007 hefur farið fram vöktun á lífríki og efnafræði í vatnsbol Þingvallavatns (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2012, Haraldur R. Ingvason o.fl. 2020). Á síðustu árum hafa vísbendingar komið fram um að ákoma næringarefna fyrir þörungasvif og plöntur hafi aukist í vatninu (Gunnar Steinn Jónsson 2016, Eydís Salóme Eiríksdóttir 2018). Þessi aukna ákoma kemur fram með ýmsum hætti, blaðgræna mælist hærri nú en á sjöunda og áttunda áratug síðustu aldar, einkum á haustin, október – nóvember, og kemur það fram í minnkuðu sjóndýpi (Hilmar J. Malmquist 2012). Þetta kemur einnig fram í samanburði á mældum styrk kísils (Si) í lindum í norðanverðu vatninu og í útfallinu við Steingrímsstöð þar sem upptakan virðist aukast á síðari árum (Eydís Salóme Eiríksdóttir 2018). Minkað sjóndýpi stafar af auknu magni þörunga í svifinu en þeir taka upp ljós í tengslum við eigin ljóstillífun. Þar með berst minna ljós til botnsins sem getur aftur komið fram í minni framleiðslu þörunga og plantna á botninum og skilað sér upp fæðukeðjuna í kuðunga, skordýralirfur og fiska.

Vistkerfi á botni Þingvallavatns skiptast í nokkur belti eftir dýpi. Frá fjörumörkum og niður á 2 m dýpi er fjörusvæði (surf zone), þar gætir ölduhreyfinga mest og laus setefni setjast síður fyrir þar. Á 2–10 m dýpi gætir ölduhreyfinga minna, en eins og á efra svæðinu er botninn þakinn steinefnum, allt frá sandi og möl upp í kletta (Claus Lindegaard 1992, Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 2002). Þar fyrir neðan eða á 10–20 m dýpi kemur belti, sem getur að verulegu leyti verið þakið með kransþörunginum tjarnanál (*Nitella opaca*). Á vissum svæðum myndar tjarnanálin mjög þéttar breiður þar sem plönturnar geta orðið allt að 1m á hæð og breiðan því samsvarandi þykk (Timo Kairesalo o.fl. 1992, Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 2002). Þar sem slíkar breiður myndast alla jafna á mjúkum og fremur einsleitum leðjubotni, hafa þær gríðarmikil áhrif í vistfræðilegu samhengi því þar með myndast þrívítt búsvæði sem fjöldi dýrategunda og ásætuþörunga getur nýtt sér. Þéttleiki hornsíla í tjarnanálabreiðum getur t.a.m. orðið afar mikill (Odd Terje Sandlund o.fl. 1992).

Frá því í lok níunda áratugarins hefur ekki verið fylgst með viðgangi tjarnanálarinnar með skipulögðum hætti. Því liggja ekki fyrir neinar vísbendingar um hvort og þá hvernig hún hefur brugðist við loftslagsbreytingum síðustu áratuga. Því var ákveðið að sækja um styrk til að gera lágmarks úttekt á útbreiðslu tjarnanálarinnar til verkefnasjóðs Umhverfis- og auðlindaráðuneytis. Fékkst styrkur úr sjóðnum til verkefnisins árin 2015 og 2016 og var því ráðist í það verkefni að fara á snið í vatninu og kanna það dýptarbil sem tjarnanálin vex á og hversu þétt og þykk breiðan er. Við þær mælingar voru reyndar nokkrar mismunandi aðferðir, m.a. með það í huga að afla reynslu sem gagnast mætti við að hanna verklag sem hentað gæti við mögulega framtíðarvöktun tjarnanálarinnar í Þingvallavatni.

Aðferðir

Staðhættir

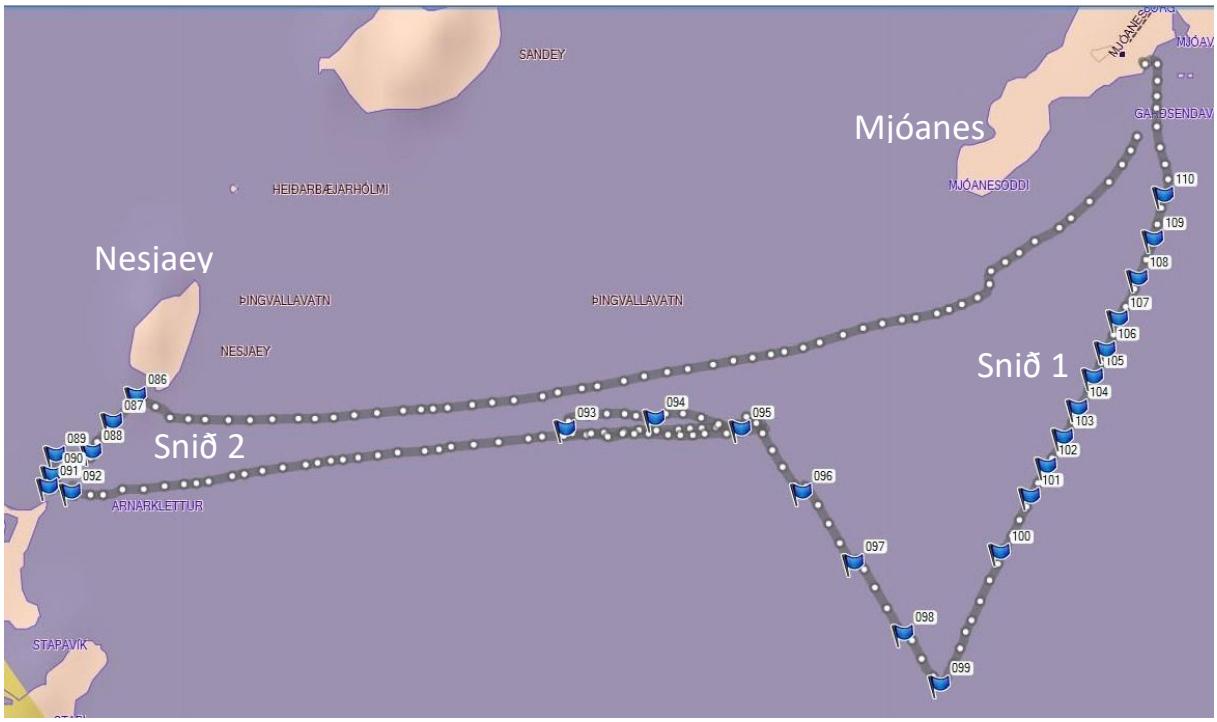
Tjarnanálin myndar belti allt í kring um vatnið á dýptarbilinu 5 til 35metrar en er í mestum þéttleika á bilinu 10 til 20 metrar (Timo Kairesalo o.fl. 1992). Í rannsóknum á Þingvallavatni á sjöunda og áttunda áratug síðustu aldar voru lögð út snið allt í kring um vatnið og á þeim voru margvíslegar athuganir á botnlífi vatnsins gerðar. Á sex mismunandi sniðum í vatninu var vöxtur, útbreiðsla og framleiðsla tjarnanálarinnar könnuð árin 1978, ´85 og ´87 (Timo Kairesalo o.fl. 1992). Í þessari athugun var farið á alls fjögur af þeim sniðum sem lögð voru út á sjöunda og áttunda áratugnum og notuð voru til rannsókna á botnlífi Þingvallavatns til að kanna ástand tjarnanálarinnar.

Sýnataka og mælingar

Mælingar á tjarnanál í Þingvallavatni eru eðli málsins samkvæmt nokkrum vandkvæðum háðar, sökum þess hvar helstu vaxtarsvæði hennar eru og hve útbreidd hún er. Því var sjónum í fyrstu beint að því hvort hægt væri að afla þessara upplýsinga um útbreiðslu og magn á sem einfaldastan hátt. Jafnframt var horft til þess að í þeim tilvikum sem krefðust köfunar, þyrftu kafararnir einungis að viðhafa nákvæm og vel skilgreind vinnubrögð, en menntun á fagsviði, eða reynsla af stöðluðum vinnubrögðum við mælingar og sýnatöku á sviði náttúruvísinda, væri ekki endilega skilyrði. Í þessum tilgangi voru nokkrar aðferðir prófaðar við sýnatöku og mælingar.

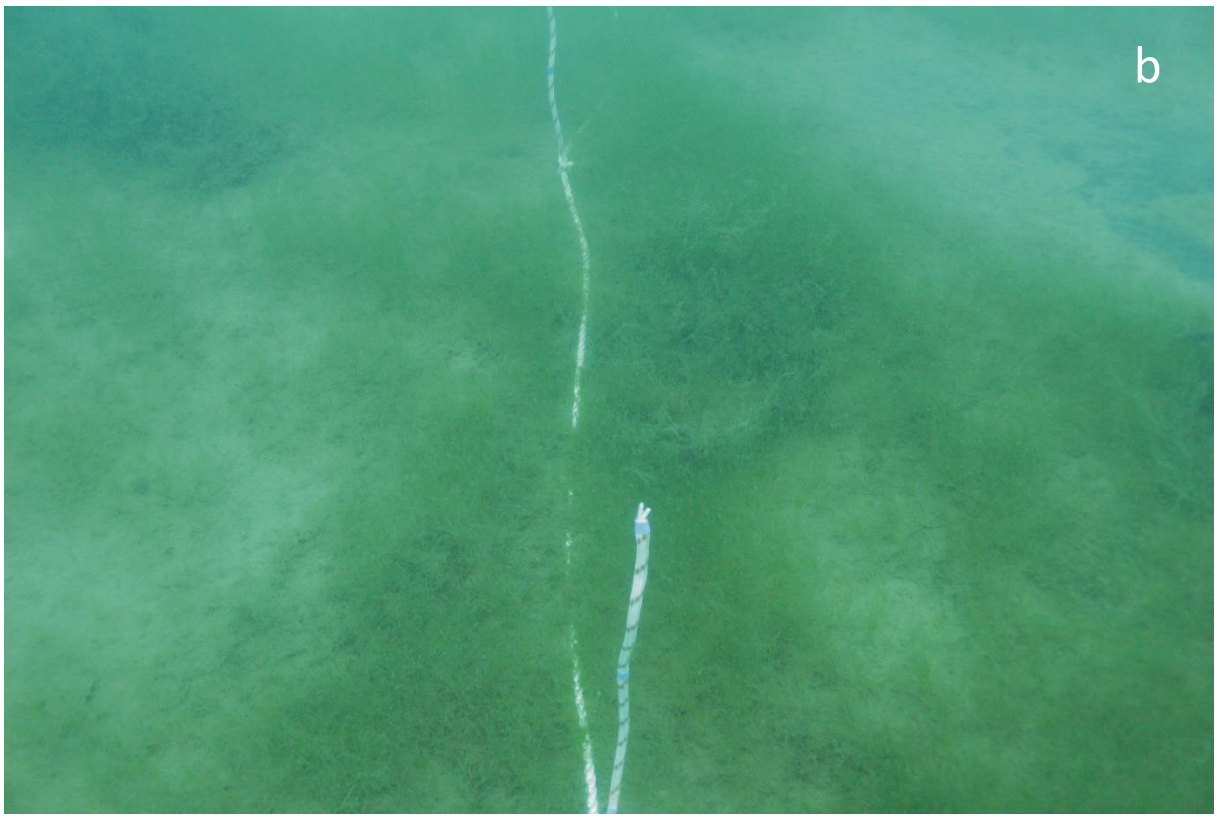
Þann 2. júlí 2015 var farin sýnatökuferð á tvö svæði, úti á grunninu sunnan Mjóaness, snið 1, og á svæði milli Nesjaeyjar og lands, snið 2 (1. mynd), en á þessum svæðum hafði mælst allnokkur til mikill þéttleiki af vatnanálinni í fyrri rannsóknum. Markmiðið var að kanna hvort hægt væri að nota gróðurkröku til að kortleggja útbreiðslu tjarnanálarinnar í Þingvallavatni frá bát. Gróðurkrökur eru einföld tól sem eru meðal staðalbúnaðar við gróðurkortlagningu vatna. Þær minna á lítið ankeri og hafa fjölda fíngerðra tinda sem grípa auðveldlega í gróður, sérstaklega hávaxinn og/eða greinóttan gróður á borð við nykrur, mara og kransþörunga. Sýnataka fer fram á þann veg að krökunni er kastað frá bát, látin sökkva til botns og svo dregin skamman spöl eftir botni í þeim tilgangi að gróður á botni festist á tindum krökunnar. Hún er svo dregin upp og gróðurinn sem fylgir greindur og metinn eins og efni standa til (2. mynd).

Þann 18. júlí var næsta ferð farin þar sem gerð var tilraun með föst gróðursnið á botni sitt hvoru megin við Mjóanes. Lögð voru út tvö stutt könnunarsnið með þeim hætti að lögð var út 40 m löng lína úr blýtógi, kvörðuð með eins metra millibili. Á 2 metra millibili var festur á hana 1 m langur flotlínubútur sem var kvarðaður á 25–50 cm millibili, og gengið þannig frá að flotlínan risi lóðrétt upp af blýtóginu (3. mynd a og b). Að auki eru á flottóginu litaðir vafningar með um 4 cm millibili. Markmiðið var að kanna hvort þessi aðferð væri fýsileg til að aðstoða kafara við að mæla hæð og þéttleika tjarnanálar, eða meta þá þætti úr frá ljósmyndum, en einnig hvort mögulegt væri að fylgjast með þessum hætti með vexti milli árstíða og jafnvel ára.



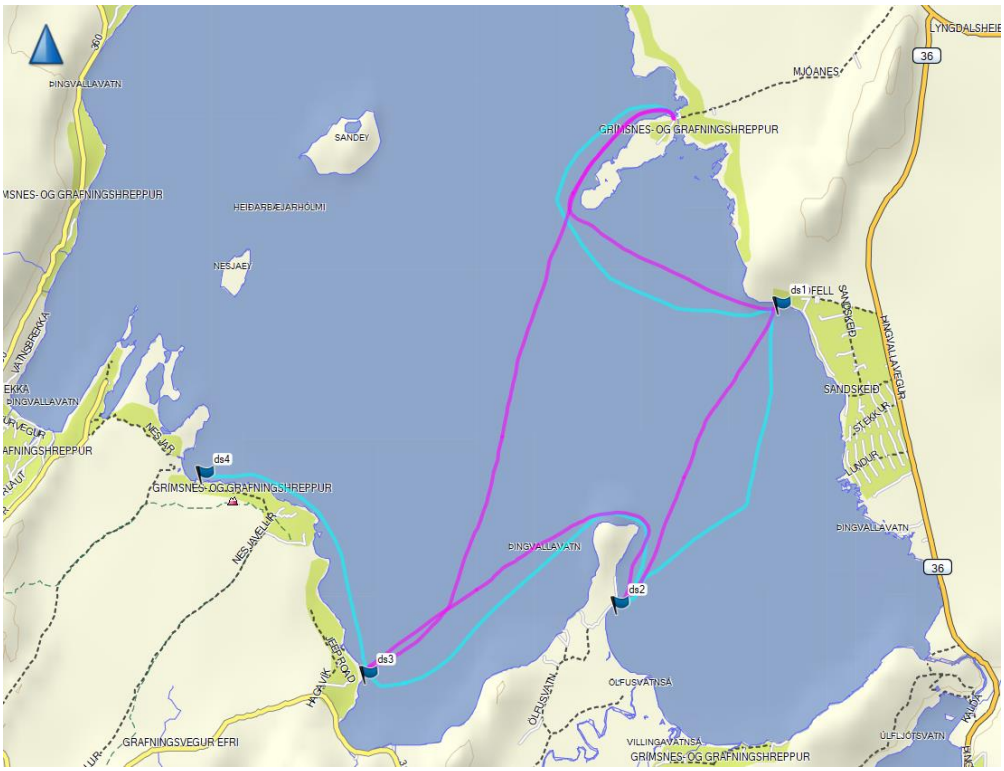
1. mynd. Snið þar sem útbreiðsla tjarnanálar var könnuð með gróðurkröku þann 2. júlí 2015.

2. mynd. Gróðurkraka með tjarnanálarbrúsk.



3. mynd a og b. Blýtóg með kvarðaðri flotlínu á botni Þingvallavatns. Lengd flotlínubútanna er 1 m, bil milli þeirra er 2 m og þeir sem eru í mynd eru kvarðaðir með 50 cm millibili. Bil milli litavafninga á flotlínunni er um 4 cm.

Dagana 19. ágúst og 2. september 2015 var farið með kafara á snið við Miðfell, Lambhaga, Hagavík og Þorsteinsvík. Siglt var á báti að fyrir fram settum gps-punktum sem miðuðust m.a. við þau snið sem notuð voru í eldri athugunum á vatnanálinni (4. mynd). Kafarar voru útbúnir dýptarmæli og ljósmyndavél ásamt kvörðuðu mælitæki (í þessu tilviki stútfullri 1 l vatnsflösku) sem notuð var til að geta lagt mat á þykkt þörungamottunnar af ljósmyndunum (5. mynd). Mælingar hófust við neðri vaxtarmörk vatnanálarinnar á hverjum stað, og þaðan tóku kafararnir stefnu til lands, en tóku ljósmyndir á leiðinni með reglulegu millibili. Þannig var farið upp sniðið upp að efri mörkum vatnanálarinnar. Með þessari aðferð voru teknar ljósmyndir á mismunandi dýpum á fjórum sniðum 2015 og var þekja og hæð vatnanálabreiðunnar á hverjum stað metin út frá ljósmyndunum. Sýnatakan var svo endurtekin þann 17. október árið 2016. Í það skiptið var ákveðið að sleppa Þorsteinsvík var þar sem í ljós kom árið áður að sniðið var stutt, bratt og lítið um vatnanál.



4. mynd. Köfunarsnið við Miðfell, Lambhaga, Hagavík og Þorsteinsvík. Blár ferill sýnir stöðvar teknar árið 2015 og fjólublár ferill stöðvar sem teknar voru árið 2016.

5. mynd. Kvarðað mælitæki með áfastri köfunartölvu þar sem m.a. má lesa má botndýpið, sem er í þessu tilviki 8,6 m.

Tækni í gerð dvergkafbáta/dróna hefur tekið stakkaskiptum á undanförnum árum, en þessi tæki gefa áður óþekkta möguleika á upplýsingaöflun neðan vatnsborðs. Því var talið afar freistandi að kanna hvort hægt væri að nýta þessa tækni við kortlagningu vatnagróðurs í Þingvallavatni.

Gerðar voru tvær tilraunir í samstarfi við Háskóla Íslands (19. ágúst 2015 og 9. ágúst 2016) með að nota sjálfvirkan (autonomous underwater vehicle - AUV) „kafbát“ af gerðinni Teledyne Gavia við mælingar á gróðurþekjunni (6. mynd). Farartæki af þessari gerð kemst yfir mikið svæði á stuttum tíma og gefur möguleika á afar nákvæmri kortlagningu. Framkvæmdin var með þeim hætti að kafbáturinn var látinn sigla eftir fyrirfram ákveðnum sniðum norðan Mjóaness og voru annars vegar teknar ljósmyndir og myndskeið og hins vegar beitt hliðarhljóðsjá (sidescan sonar). Hljóðsjáin sendir út og nemur endurvarp hljóðgeisla frá hvorri hlið bátsins og þannig er hægt að draga upp nákvæma mynd af botngerð þess svæðis sem farið er yfir. Flatarmál botnflatar sem geislinn nær til afmarkast m.a. af hæð yfir botni. Í þessum tilraunasiglingum var kafbáturinn stilltur á að halda sig í fimm metra hæð yfir botni og náði hljóðgeisli um 10 m frá hvorri hlið.

6. mynd. Dvergkafbátur/dróni ásamt stjórnanda og móðurskipi.

Meðhöndlun gagna

Meginhluti þeirra gagna sem safnað var í verkefninu var á formi ljósmynda en út frá þeim var leitast við að áætla hæð og þekju tjarnanálar á botni vatnsins. Kvörðun á ramma eða mælitæki var notað til að skala myndirnar og þá var hægt að meta hæð/þykkt/þekju vatnanálarinnar. Þekjan var metin með sjónmati af myndunum frá 0–100% með 10 prósenta millibili. Þá var einnig reynt að ráða í botngerð sem vatnanálin kaus að liggja á, hvort um lausan eða fastan botn væri að ræða, set/sand, möl, grjót eða klöpp.

Athuganir með gróðurkröku er aðferð til að komast yfir stórt svæði án köfunar en upplausn þeirra ganga er að sama skapi lág og gefur í raun aðeins til kynna hvort tjarnanál er að finna í einhverju magni á þeim stöðum sem kannaðir eru. Sú aðferð var því aðeins notuð til að meta tilvist tjarnanálar (presence/absence) á þeim sniðum þar sem þessari aðferð var beitt.

Varðandi kafbátinn þá komu upp erfiðleikar við myndatöku og því voru þær ljósmyndir sem teknar voru í tilraunaferðunum lítið sem ekkert notaðar. Einnig komu upp vandkvæði á fyrirhugarði siglingarleið og því náðist aðeins einn ferill þar sem heildstæð sónarmynd náðist af botni. Þar má hins vegar greina margvísleg smáatriði.

Við tölfræðilega meðhöndlun gagna var notað forritið SigmaPlot 14,0. Notast var við parað t-próf og borin saman sambærileg dýpi af hvoru sniði milli ára. Wilcoxon próf er notað þar sem gögnin falla á normal-prófi (Shapiro-Wilk).

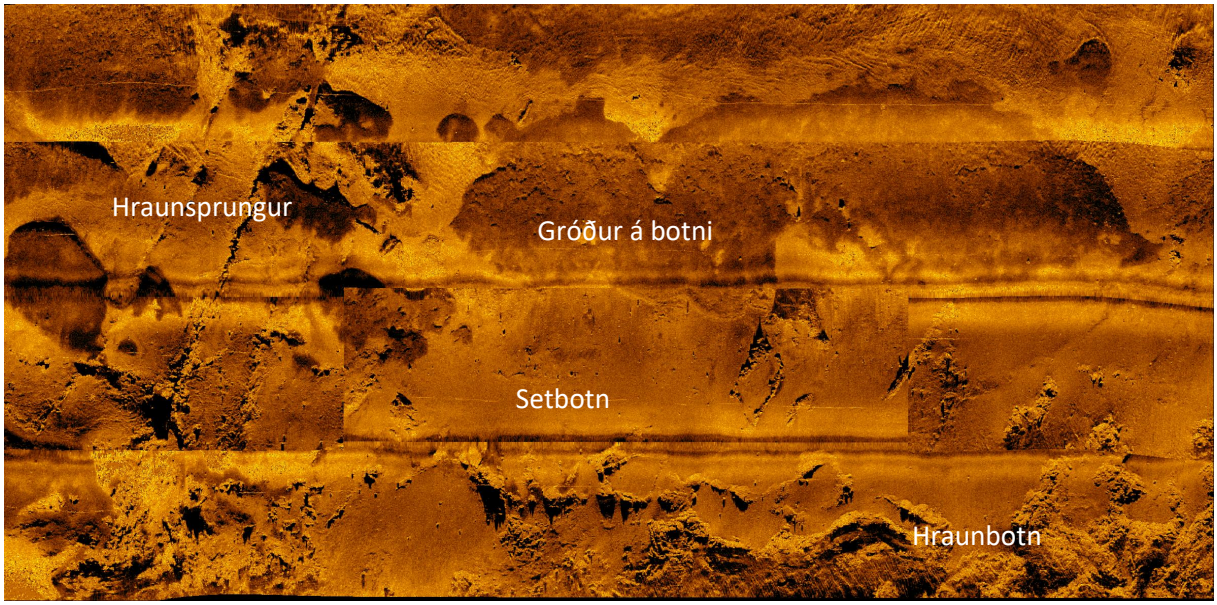
Niðurstöður og umræður

Sýnataka með gróðurkröku endurspeglar útbreiðslusvæði tjarnanálar eftir að hún hefur náð nokkurri stærð/þéttleika en er óáreiðanlegri mæling í þeim tilvikum þar sem hún er gisin. Segja má að niðurstöðurnar rími nokkuð vel við þau svæði þar sem tjarnanálar var að vænta miðað við eldri gögn, sérstaklega þó á sniðinu milli Nesjaeyjar og Arnarkletts (1. mynd, 1. tafla). Með notkun gróðurkröku er því hægt að meta gróflega þau svæði þar sem tjarnanál nær góðum vexti. Kosturinn við þessa aðferð er að hún er fremur fljótleg og útheimtir lágmarks búnað og mannskap en á móti kemur að matið er gróft og endurspeglar væntanlega fremur illa svæði sem eru vaxin gisinni tjarnanál.

1. tafla. Útbreiðsla tjarnanálar (+ til staðar 0 =ekki til staðar) á sniðum sunnan Nesjaeyjar og sunnan Mjóaness þann 2. júlí 2015. Sjá má staðsetningar mælistöðvanna á 1. mynd.

GPS nr.	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Dýpi m	8,3	12	14,6	14,2	8,7	4,7	12	17,8	16,5	13,2	13,2	13,4	15	66,3	21	14,8	14,9	14,6	13,2	11,4	12,7	12	8	7	3,4
Fj. Krökur	1	2	-	-	3	1	2	3		3	3	2	2	-	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	1
Nitella	+	0			0	+	++	0	0		0	0	0		0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0

Miklar vonir voru bundnar við kafbátinn og rættust þær að hluta. Í ljós kom að ljósmyndavél bátsins réð illa við verkefnið, en það sem setti þó meira strik í reikninginn var að botngerð svæðisins norðan Mjóaness, þar sem tilraunirnar fóru fram, reyndist helst til flókin til að kafbáturinn réði við verkefnið. Meðal annars kom í ljós að áður óþekkt gjá virtist þvera siglingarleið kafbátsins og réði hann ekki við þær kröppu aðstæður sem þar sköpuðust. Hins vegar skiluðu þessar tilraunir þeim niðurstöðum að með endurbótum á ljósmyndabúnaði bátsins ætti að vera vel hægt að nota þessa aðferð til að ljósmynda vatnsbotninn og á hljóðsjármyndum má auðveldlega greina mismunandi botngerð, ásamt því að gróður á botni kemur vel fram (7. mynd).



7. mynd. Samsett hljóðsjármynd af botni Þingvallavatns norðan Mjóaness. Sjá má gróðurfláka og brúska, sem væntanlega eru kransþörungabreiður, á sléttum setbotni, grófan hraunbotn og hraunsprungur.

Mismunandi botngerð ásamt gróðri kemur einnig þokkalega fram á videotökuvél bátsins (Gopro) og eru stutt myndskeið úr þessum ferðum aðgengileg á youtube (Dreki Guls, 2016). Því má hugsa sér að nota þessa aðferð á svæðum þar sem botngerð er vel þekkt. Þá væri mögulega hægt að nota hana til

að vakta breytingar á gróðurmagni og útbreiðslu gróðurs milli ára og raunar er það mjög freistandi kostur þar sem hægt er að fara yfir stór svæði á stuttum tíma.

Ljósmyndun hefur marga kosti þegar kemur að því að meta hæð, þekju og heildarvöxt tjarnanálar, að því gefnu að myndir séu þokkalega skalaðar. Þó er hægt að meta þekju án skölunar þegar myndir eru teknar beint niður í vel tæru vatni eins og raunin er oft með Þingvallavatn, enda er þekjan í raun aðeins þekjuhlutfall þess botnflatar sem myndin nær yfir.

Notkun fastra gróðursniða var reynd þann 19.8.2015 og komu í ljós fáeinir hnökrar á þeirri hugmynd. Í ljós kom að línan var full þung og vildi hún því lykkjast niður í stað þess að leggjast bein. Þá var aðeins erfitt að áætla þykkt þéttvaxinnar tjarnanálar sem lenti undir línunni. Þessi atriði eru þó auðleyst en leiða í ljós að æskilegt er að leggja línuna í upphafi vaxtartíma til þess að unnt sé að meta hæð þéttvaxinnar tjarnanálar af öryggi. Að öðru leyti virkaði aðferðin ágætlega og gaf bæði lengdarskala á botni og hæðarskala frá botni. Þessi aðferð á þó sennilega helst við ef ætlunin er að fylgja eftir vexti um lengri tíma s.s. yfir allt vaxtartímabilið.

Sú aðferð sem kom best út þegar horft var til ljósmynda, og gefur í heildina bestu upplýsingarnar af þeim sem reyndar voru í þessari rannsókn, var köfun á sniðum þar sem farið var að neðri vaxtarmörkum tjarnanálar og ljósmyndir teknar með reglubundnu millibili uns komið var að efri vaxtarmörkum. Þessi aðferð var viðhöfð árin 2015 og 2016 og þótt mælistaðirnir séu e.t.v. ekki þeir nákvæmlega sömu á hverju dýpi má oftast sjá góða samsvörun milli ára í helstu þáttum s.s.efri/neðri vaxtarmörkum og þekju (2. tafla).

Samanburður við fyrri rannsóknir

Á árunum 1978–1987 voru nokkur rannsóknaverkefni í gangi í Þingvallavatni sem m.a. innifólu athuganir á tjarnanálabeltinu og lífríki þess (Timo Kairesalo o.fl. 1992). Þar á meðal voru gerðar mælingar á dýptarsniðum þar sem hæð plantna og þekja á botni voru m.a. mæld. Síðla í ágúst 1987 voru síkar mælingar gerðar á sex sniðum umhverfis vatnið og var m.a. horft til þeirra þegar valin voru svæði til að kanna í þessari rannsókn. Hér var því gerð tilraun til að endurtaka mælingar á tveimur af sniðunum frá 1987, við Miðfell og í Hagavík (3. tafla). Þar sem staðsetning hinna gömlu sniða er ekki hnitsett með nákvæmum hætti verður þó að taka samanburði við niðurstöður þessa verkefnis með vissum fyrirvara.

Þegar horft er til dýptarsniðs við Miðfell árin 2015 og 2016 sést að hæð tjarnanálarinnar er afar lítil eða aðeins um 4–5 cm að meðaltali. Árið 2015 eru mælingar hins vegar afar fáar þannig að samanburður við það ár verður að skoðast í því ljósi. Það sama á við um þekjumælingarnar, en þekja tjarnanálar er á bilinu 16–23% (3. tafla). Þegar þessar tölur frá 2016 eru bornar saman við mælingar frá 1987 kemur í ljós marktækur munur þar sem bæði hæð plantna (Wilcoxon Signed Rank Test; W=28; P<0,016) og þekja (Paired t-test; t=-2,374; P<0,028) er meiri 1987 en árið 2016. Jafnframt vekur athygli að þekjan er mest á 10–12 m dýpi árið 2016 en nokkru dýpra árið 1987 eða á 14–18 m dýpi (3. tafla).

Annað er uppi á teningnum í Hagavík, þar sem þekja er marktækt meiri árið 2016 en árið 1987 (Paired t-test; t=2,243 P=0,044), en á móti reynist ekki vera marktækur munur á hæð tjarnanálarinnar milli áranna (Paired t-test; t=-1,464 P=0,088).

2. tafla. Hæð og þekja tjarnanálar á þremur dýptarsniðum við Miðfell, Lambhaga og Hagavík árin 2015 og 2016.

	2015			2016		
Nr. og nafn sniðs	**Dýpi (m)**	**Hæð (cm)**	**þekja (%)**	**Dýpi (m)**	**Hæð (cm)**	**þekja (%)**
Snið nr. 1. Miðflell	5,9		0	5,2		0
	6		0	7,3	4	5
	9,9	4	<5	10,7	7,5	70
	12,1	4	5	12,2	5	40
	15,7	4	15	15,1	4	20
	-	-	-	17,2	4	10
	-	-	-	19,6	4	10
	21,8	4	40	22,5	4	20
Meðaltal	**14,9**	**4**	**16,3**	**13,7**	**4,6**	**22,5**
Lágmark	**9,9**	**-**	**0**	**7,3**	**-**	**0**
Hámark	**21,8**	**4**	**40**	**22,5**	**7,5**	**70**
Snið nr. 2. Lambhagi	3,8	<5	<5	-	-	-
	5,4	<5	<5	5	<5	20
	-	-	-	6	>15	90/10
	9,3-7,3	20	60	8	>20	100
	10,9	30	100	10	>20	100
	12,6	20	70	12,6	>15	100
	14,8	35	90	-	-	-
	15,8	30	100	15	>10	100
	17,6	35	90	17,9	>10	100
	18,5	20	50	-	-	-
	-	-	-	23,5	5	20
Meðaltal	**11,6**	**22,2**	**63,3**	**9,4**	**14,7**	**71,7**
Lágmark	**3,8**	**<5**	**<5**	**5**	**<5**	**0**
Hámark	**18,5**	**35**	**100**	**23,5**	**>20**	**100**
Snið nr. 3. Hagavík	6	<5	5	-	-	-
	7,1		0	7,2	20	20
	10	10	70	10,2	5-10	50
	11,1	10	60	10,6	10	70
	11,8	15	80	-	-	-
	12,7	20	50	12,7	10	60
	14,9	35	100	14,5	10	60
	-	-	-	15,8	10	70
	19	15	90	20,7	15	40
Meðaltal	**11,6**	**15,7**	**65,0**	**13,1**	**11,8**	**52,9**
Lágmark	**10**	**<5**	**0**	**7,2**	**5-10**	**0**
Hámark	**19**	**35**	**100**	**20,7**	**20**	**70**

Þótt hér sé einungis um tvær stöðvar að ræða og tvö samliggjandi ár móti einu frá fyrri tíma eru niðurstöðurnar eftirtektarverðar, þar sem gögnin benda til að vöxtur tjarnanálar hafi verið meiri árið 1987 en hin árin, auk þess sem þekja og hæðarvöxtur virðast ekki endilega fara saman eins og í tilviki Hagavíkur. Væntanlega skiptir þéttleiki og hæð tjarnanálarinnar ekki síður máli en þekja hennar fyrir það lífríki sem nýtir hana sem búsvæði, en eftir sem áður þá er mikill munur á því hvort botn er vaxinn gisnum gróðri eða er gróðurlaus með öllu. Því er eftirsóknarvert að beita matsaðferðum þar sem tryggt er að náð sé til alls gróðurs en ekki bara þess þéttvaxna.

3. tafla. Hæð og þekja tjarnanálar á þremur dýptarsniðum við Miðfell og Hagavík árin 2015 og 2016 og árið 1987 til samanburðar.

	2015			2016			1987		
Snið nr. 1. Miðflell	**Dýpi (m)**	**Hæð (cm)**	**þekja (%)**	**Dýpi (m)**	**Hæð (cm)**	**þekja (%)**	**Dýpi m**	**hæð cm**	**þekja %**
	5,9	-	0	5,2	-	0	-	-	-
	6	-	0	7,3	4	5	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	9	20	25
	9,9	4	<5	10,7	7,5	70	10	20	40
	12,1	4	5	12,2	5	40	12	35	45
	-	-	-	-	-	-	14	60	90
	15,7	4	15	15,1	4	20	16	75	95
	-	-	-	17,2	4	10	18	23	70
	-	-	-	19,6	4	10	20	15	65
	21,8	4	40	22,5	4	20	22	15	65
	-	-	-	-	-	-	28	-	0
	-	-	-	-	-	-	33	8	20
Meðaltal	**14,9**	**4**	**16,3**	**13,7**	**4,6**	**22,5**	**18,1**	**30,0**	**51,5**
Lágmark	**9,9**	**-**	**0**	**7,3**	**-**	**0**	**9**	**8**	**0**
Hámark	**21,8**	**4**	**40**	**22,5**	**7,5**	**70**	**33**	**75**	**95**
Snið nr. 3. Hagavík	6	<5	5	-	-	-	-	-	-
	7,1		0	7,2	20	20	-	-	-
	10	10	70	10,2	7,5	50	9	-	0
	11,1	10	60	10,6	10	70	10	10	8
	11,8	15	80	-	-	-	12	23	45
	12,7	20	50	12,7	10	60	-	-	-
	14,9	35	100	14,5	10	60	14	20	60
	-	-	-	15,8	10	70	16	33	65
	-	-	-	-	-	-	18	40	70
	19	15	90	20,7	15	40	20	8	20
	-	-	-	-	-	-	22	8	8
Meðaltal	**11,6**	**15,7**	**65,0**	**13,1**	**11,8**	**52,9**	**15**	**20**	**34**
Lágmark	**10**	**<5**	**0**	**7,2**	**7,5**	**0**	**9**	**8**	**0**
Hámark	**19**	**35**	**100**	**20,7**	**20**	**70**	**22**	**40**	**70**

Tillögur að vöktun

Til skamms tíma hafa upplýsingar um magn, útbreiðslu og tegundafjölbreytileika kransþörunga í íslenskum vötnum verið fremur takmarkaðar. Tilvist þeirra hefur þó verið skráð í ýmsum rannsóknarverkefnum þar sem sjónir hafa beinst að vatnalíffræði. Eftirfylgni við þær rannsóknir hefur hins vegar verið lítil og endurtekningar fáar. Markverð undantekning frá þessu var verkefnið Natura Island, þar sem alls 70 vötn voru kortlögð með tilliti til gróðurfars (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl. 2016) og í kjölfarið var gefið út yfirlit um útbreiðslu og tegundasamsetningu kransþörunga á Íslandi (Þóra Hrafnsdóttir o.fl. 2019). Í ljósi þess hve tjarnanálin er útbreidd í Þingvallavatni má telja öruggt að hún leikur stórt hlutverk í vistkerfi þess. Því er nokkuð á sig leggjandi til að afla frekari upplýsinga um tjarnanálina og kanna m.a. hvort greina megi samspil hennar við þá umhverfisþætti sem þegar eru vaktaðir, á borð við vatnshita, sjóndýpi og magn blaðgrænu í svifi.

Vöktunarverkefni eru gjarna sett upp á þann veg að þau séu sem einföldust í framkvæmd og fremur ódýr í rekstri, en skili engu að síður þeim upplýsingum sem ætlast er til. Þar sem þau eru alla jafna hugsuð til langs tíma er einnig æskilegt að ekki sé þörf á mjög sérhæfðri tæknilegri þekkingu eða

tækjabúnaði til að framkvæma vöktunina, heldur sé sem mest hægt að beita þeim tólum, tækjum og þekkingu sem alla jafna er að finna á þeim stofnunum sem taka að sér slík verkefni. Þar með er þó ekki sagt að ekki geti þurft að bæta við tækjabúnaði og afla aukinnar þekkingar þegar ný verkefni eru sett á laggirnar. Þá er mikilvægt að vöktun fylgi stöðluðum vinnubrögðum, matsþættir séu sambærilegir í tíma og rúmi og þekking yfirfæranleg/samanburðarhæf við önnur sambærileg verkefni. Í því tilliti er rétt að líta til fyrri verkefna en ekki síður að nýta eins og hægt er útgefna staðla á borð við EN 15460 frá 2007.

Í verkefninu sem fjallað er um hér að framan, voru reyndar nokkrar aðferðir við að afla upplýsinga um magn og þekju tjarnanálar í Þingvallavatni, en það eru fyrst og fremst þær upplýsingar sem leitað væri eftir í mögulegu vöktunarverkefni. Af niðurstöðum verkefnisins virðist ljóst að ljósmyndun er besta leiðin til að afla upplýsinga um framangreinda þætti, en jafnframt þarf að vera hægt að leggja kvaða á myndirnar, sérstaklega þegar kemur að mati á hæð/magni tjarnanálarinnar.

Notkun fjarstýrðra farartækja/dróna er spennandi kostur en reynslan af þessu verkefni sýnir að til þess að slíkar aðferðir skili árangri, þarf töluverða forvinnu hvað varðar upplýsingaöflun um botngerð og getu tækjanna til að afla upplýsinga í fjölbreytilegu umhverfi. Framfarir eru hins vegar örar og rétt að horfa til möguleika þessara tækja með opnum huga ásamt því að hvetja til samstarfs við þá aðila sem nota og þróa þennan búnað.

Notkun gróðurkröku gefur upplýsingar um tilvist og að nokkru leyti hæð plantna, a.m.k. þar sem tjarnanálina er að finna í nokkru magni, en endurspeglar væntanlega mun lakar þau svæði þar sem gróðurinn er gisinn og lágvaxinn eða vex í flekkjum. Þessi aðferð hefur hins vegar þá kosti að hún er fremur fljótleg og útheimtir aðeins lágmarks mannskap og búnað, en því til viðbótar þá hefur þessari aðferð verið beitt í öðrum verkefnum þar sem áhersla hefur verið lögð á söfnun vatnagróðurs, s.s. í áðurnefndu Natura Ísland verkefni. Þá er hægt er að komast yfir allstór svæði á skömmum tíma, en eins og áður hefur komið fram getur upplausn upplýsinganna verið í grófari kantinum, sérstaklega þar sem gróður er lágvaxinn og/eða gisinn.

Í ljósi þess sem að framan er sagt, er lagt til að megináhersla verið lögð á að afla upplýsinga með ljósmyndun á afmörkuðum sniðum þegar kemur að vöktun tjarnanálarinnar í Þingvallavatni, en ekkert mælir gegn því að aðrar aðferðir verði notaðar samhliða. Niðurstöður þessa verkefnis gagnast vel við að þróa aðferðir til að ljósmynda ákveðin svæði eða snið, t.d. með því að slaka myndavélum niður í línu frá bát (underwater drop camera) og er þess vænst að slíkt verði hægt að miklu eða öllu leiti án þess að aðstoð kafara þurfi til. Hægt er að leggja út línur til að afmarka og kvarða snið, en einnig er hægt að nota þá aðferð við að meta hæð gróðurs. Þá bendir margt til þess að hægt sé að einfalda þessar aðferðir í framtíðinni eftir því sem reynsla eykst og myndavélatækni þróast. Verði þessi leið farin þarf að ganga úr skugga um hvaða myndavélabúnaður hentar best fyrir þessi not, ásamt hönnun og smíði ramma og festinga t.d. fyrir þau tilvik þar sem þörf er á ljósabúnaði.

Meginhluti vöktunarinnar færi fram síðla sumars, eða á þeim tíma sem tjarnanálin væri búin að ná fullum vexti. Því til viðbótar mætti hugsa sér vöktun á föstum stöðvum þar sem fylgst væri með vexti hennar yfir lengri tíma s.s. frá vori og þar til hún fellur. Slíkar upplýsingar mætti síðan samnýta með öðrum hugsanlegum verkefnum sem snéru t.d. að því lífríki sem finna má innan um tjarnanálina.

Þakkir

Warsha Singh og Hermann Dreki Guls sáu um allt sem viðkom stjórn dvergkafbátsins sem og úrvinnslu þeirra gagna sem þar var safnað. Þorvaldur Hafberg ásamt félögum sá um köfun og ljósmyndun af botni. Þá tók Þóra K. Hrafnsdóttir þátt í vettvangsferðum ásamt því að sinna greiningarvinnu á rannsóknarstofu. Eru þeim öllum færðar hinar bestu þakkir fyrir sitt ómetanlega framlag. Verkefnið var styrkt af Verkefnasjóði Umhverfis- og auðlindaráðuneytis og eru ráðuneyti og ráðherra færðar þakkir.

Heimildir

Dreki Guls 2016. https://www.youtube.com/channel/UCTQaz6McfEoLhG0EGd0AtbA Skoðað 29.4.2020.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Deirdre Clark, Carl-Magnus Mörth og Sigurður Reynir Gíslason 2018. Efnasamsetning Þingvallavatns 2007–2017. RH-11-2018, 47 bls.

Gunnar Steinn Jónsson 2016. Þingvallavatn - ákoma og afrennsli. Skýrsla tekin saman fyrir umhverfis- og auðlindaráðuneytið. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 31 bls. ISBN 978-9935-9143-2-3

Hilmar J. Malmquist, Finnur Ingimarsson, Haraldur Rafn Ingvason, Stefán Már Stefánsson og Þóra Hrafnsdóttir 2012. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Yfirlit yfir fimm fyrstu vöktunarárin 2007–2011 og samanburður við eldri gögn. Fjölrit nr. 3-2012, 67 bls.

Haraldur R. Ingvason, Finnur Ingimarsson og Stefán Már Stefánsson 2020. Vöktun á lífríki og vatnsgæðum Þingvallavatns. Gagnaskýrsla fyrir árið 2019 Verkþáttur nr. 2: Lífríki og efna- og eðlisþættir í vatnsbol. Fjölrit nr. 2-2020, 18 bls.

Gunnar Steinn Jónsson, Karl Gunnarsson og Pétur M. Jónasson 2011. Life on the lake bottom. Í, Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson (ritstj.) A unique world evolving, Thingvallavatn. A World Heritage Site. Bls. 163–179.

Claus Lindegaard 1992. Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. Í: Pétur M. Jónasson (ed.) Ecology of oligotrophic, subarctic Thingvallavatn. OIKOS 64: 257–304. Copenhagen 1992.

Timo Kairesalo, Gunnar St. Jónsson, Karl Gunnarsson, Claus Lindegaard and Pétur M. Jónasson 1992. Metabolism and community dynamics within Nitella opaca (Charophyceae) beds in Thingvallavatn. Í: Pétur M. Jónasson (ed.) Ecology of oligotrophic, subarctic Thingvallavatn. OIKOS 64: 257–304. Copenhagen 1992.

Odd Terje Sandlund, Pétur M. Jónasson, Bror Johnsson, Hilmar J. Malmquist, Skúli Skúlason and Sigurdur S. Snorrason 1992. Threespine stickleback Gasterosteus aculeatus in Thingvallavatn: habitat and food in a lake dominated by arctic charr Salvelinus alpinus. Í: Pétur M. Jónasson (ed.) Ecology of oligotrophic, subarctic Thingvallavatn. OIKOS 64: 257–304. Copenhagen 1992.

Teledyne Gavia: http://www.teledynemarine.com/gavia/ (Sótt 20.4.2020).

Marianne Jensdóttir Fjeld, Þóra K. Hrafnsdóttir og Haraldur Rafn Ingvason 2016. Vistgerðir í ferskvatni. Í: Jón Gunnar Ottósson (ritstj.), Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54, bls. 170–213. ISBN 978-9979-9335-8-8

Thora Hrafnsdottir Finnur Ingimarsson Haraldur R. Ingvason Stefán Már Stefánsson Eva G. Þorvaldsdóttir Hilmar J. Malmquist Anders Langangen 2019. New finds of charophytes in Iceland with an update on the distribution of the charophyte flora. Nordic Journal of Botany. doi: 10.1111/njb.02111

Staðlaráð Íslands 2008. ÍST EN 15460:2007 Water quality - guidance standard for the surveying of macrophytes in lakes. European Committee for Standardization, 20 bls.

Náttúrufræðistofa Kópavogs
Natural History Museum of Kópavogur

Hamraborg 6a • 200 Kópavogur
Sími 570 0430
www.natkop.is