

HV 2024-03
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Þorskátaf – framvinduskýrsla fyrir árið 2023

Ingibjörg G. Jónsdóttir, Ásgeir Gunnarsson, Christophe Pampoulie, Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Haseeb Randhawa, Höskuldur Björnsson, Jón Sólmundsson, Petrún Sigurðardóttir og Svanhildur Egilsdóttir

HAFNARFJÖRÐUR – JANÚAR 2024

Þorskátaek – framvinduskýrsla fyrir árið 2023

Ingibjörg G. Jónsdóttir, Ásgeir Gunnarsson, Christophe Pampoulie, Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Haseeb Randhawa, Höskuldur Björnsson, Jón Sólmundsson, Petrún Sigurðardóttir, Svanhildur Egilsdóttir



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

Upplýsingasíða

Skýrsla nr. HV2024-03	Útgáfudagur 22. janúar 2024	ISSN 2298-9137	Dreifing: Opin
Titill: Þorskátask – framvinduskýrsla fyrir árið 2023			Verknúmer 15799
			Fjöldi síðna 20
Höfundar: Ingibjörg G. Jónsdóttir, Ásgeir Gunnarsson, Christophe Pampoulie, Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Haseeb Randhawa, Höskuldur Björnsson, Jón Sólmundsson, Petrún Sigurðardóttir, Svanhildur Egilsdóttir			
Verkefnistjóri: Ingibjörg G. Jónsdóttir			
Yfirfarið af: Magnús Thorlacius			
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun			
Ágrip Ingibjörg G. Jónsdóttir, Ásgeir Gunnarsson, Christophe Pampoulie, Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Haseeb Randhawa, Höskuldur Björnsson, Jón Sólmundsson, Petrún Sigurðardóttir, Svanhildur Egilsdóttir, 2024. Þorskátask – framvinduskýrsla fyrir árið 2023. HV 2024-03. Í byrjun árs 2022 hófst áttak í þorskrannsóknun og áætlað er að verkefnið taki fimm ár. Í verkefninu er lögð áhersla á þrjú megin viðfangsefni með það að markmiði að bæta ráðgjöf um veiðar á íslenska þorskstofninun. Rannsóknæfni þrjú eru stofngerð þorsks, útbreiðsla ungvíðis og fæðuvistfræði þorsks. Helstu verkefni árið 2023 voru að safna erfðasýnum úr þorski í stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðun og úr afla, og merkja þorsk með rafeindamerkjum á nokkrum svæðum umhverfis landið. Byrjað var að vinna úr gögnum, bæði eldri gögnum ásamt nýjum, og í þessari skýrslu eru kynntar fyrstu niðurstöður þeirrar vinnu.			
Abstract <i>Ingibjörg G. Jónsdóttir, Ásgeir Gunnarsson, Christophe Pampoulie, Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Haseeb Randhawa, Höskuldur Björnsson, Jón Sólmundsson, Petrún Sigurðardóttir, Svanhildur Egilsdóttir, 2024. Cod – progress report for 2023. HV 2024-03</i> <i>In 2022 a cod research project was initiated. The project is set up as a five year project with three main subjects and the overall goal to improve management of the Icelandic cod stock. The project focuses on three main goals; stock structure, juvenile distribution and food ecology of cod. In 2023 genetic samples were collected in the Icelandic groundfish survey and from catch. Furthermore, tagging of cod with data storage tags was conducted in several spawning areas around Iceland. Data processing of old and new data has started, and in this report we present the first results.</i>			
Lykilorð: þorskur, erfðafræði, fæðuvistfræði, snikjudýr, merkingar, rafeindamerki, þorskungviði			

Undirskrift verkefnisstjóra:

Jngibjörg G. Jónsd

Undirskrift sviðsstjóra:

Finn P. Jónsson

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	1
2	Viðfangsefni verkefnisins.....	1
2.1	Stofngerð þorsks.....	1
2.2	Útbreiðsla ungvíðis.....	1
2.3	Fæðuvistfræði þorsks.....	2
3	Framvinda árið 2023.....	3
3.1	Forgangsröðun.....	3
3.2	Stofngerð þorsks.....	3
3.3	Erfðafræði.....	3
3.4	Sníkjudýr og kvarnir.....	4
3.4.1	Sleppa úr hrygningu.....	5
3.4.2	Göngur.....	6
3.4.3	Staðsetning út frá sjávarföllum.....	8
3.5	Útbreiðsla ungvíðis.....	9
3.5.1	Ástand ungvíðis.....	9
3.5.2	Samband aldursdreifingar og nýliðunar.....	12
3.6	Fæðuvistfræði þorsks.....	13
3.6.1	Söfnun fæðusýna á fiskiskipum.....	13
3.6.2	Heildarátt þorsks.....	15
3.7	Kynningar á efni verkefnisins.....	17
4	Lokaorð.....	19
	Þakkarorð.....	19
	Heimildir.....	20

1 Inngangur

Seinni hluta árs 2021 var tekin saman staða þekkingar á íslenska þorsstofninum og sérstaklega metið hvar þekkingu skorti. Í framhaldinu var skrifuð verkáætlun sem myndi veita svör við helstu rannsóknaspurningum sem brenna á okkur varðandi íslenska þorsstofninn. Um var að ræða metnaðarfullt verkefni sem tók á stofngerð, ungvíði og fæðuvistfræði þorsks (sjá viðfangsefni síðar). Gert var ráð fyrir fimm ára átaksverkefni Hafrannsóknastofnunar sem unnið yrði í samvinnu við Stjórnun Odda, Háskóla Íslands, Háskólasetur og útgerðina. Áætlaður heildarkostnaður við verkefnið var áætlaður um 1 milljarður króna eða 200 milljónir árlega í fimm ár.

Í fjárlögum fyrir árin 2022 og 2023 var gert ráð fyrir sérstakri fjárveitingu upp á tæplega 100 milljónir hvort ár til þorskrannsóknna og ljóst að ekki yrði hægt að fara í öll þau verk sem sett voru fram í upphaflegri verkáætlun. Verkefnum var forgangsraðað og í byrjun árs 2022 hófst vinna í verkefninu. Framvinda ársins 2022 var tekin saman í skýrslu í byrjun árs 2023 (Ingibjörg G. Jónsdóttir *o.fl.*, 2023) en í þessari skýrslu er gerð grein fyrir forgangsriðun og framgang verkefnisins árið 2023. Einnig er farið yfir fyrstu niðurstöður verkefnisins og ef frekari úrvinnsla er lokið er bent á greinar og skýrslur þar sem lesa má nánar um viðkomandi viðfangsefni.

2 Viðfangsefni verkefnisins

Í verkefninu er lögð áhersla á þrjú megin viðfangsefni með það að markmiði að bæta ráðgjöf um veiðar á íslenska þorsstofninum. Rannsóknæfni þrjú eru stofngerð þorsks, útbreiðsla ungvíðis og fæðuvistfræði þorsks.

2.1 Stofngerð þorsks

Helstu rannsóknaspurningarnar í þessum verkhluta eru: Hvaða stofneininga þorsks (m.t.t. erfðafræði og atferlis) þarf að taka tillit til í stofnmati til að veita betri ráðgjöf? Hver eru tengsl þessara hópa við Grænlandsmið?

Fyrri rannsóknir hafa sýnt mun milli hrygningarhópa þorsks (Ingibjörg G. Jónsdóttir *o.fl.*, 2006; Pampoulie *o.fl.*, 2006; Gróa Pétursdóttir *o.fl.*, 2006; McAdam *o.fl.*, 2012) en stöðugleiki þessara hópa hefur ekki verið rannsakaður. Ekki hefur heldur verið skoðað hvaða þátt mismunandi atferlisgerðir spila í stofngerðarmynstri þorsks við Ísland.

Stofngerð þorsks verður skoðuð með tilliti til staðsetningar (suður/norður) og atferlisgerða (grunnfar/djúpfar). Gögnin munu einnig nýtast til að skoða tengsl þorsks við Ísland og Grænland.

Þessi hluti mun veita upplýsingar um:

- Kortlagningu á stofngerð þorsks við Ísland þar sem áhersla verður lögð á hrygningarþorsk,
- Hlutfall atferlisgerða þorsks innan hrygningarsvæða,
- Betri þekkingu á tengslum þorsks milli Íslands og Grænlands.

2.2 Útbreiðsla ungvíðis

Helstu rannsóknaspurningarnar í þessum verkhluta eru: Hver eru helstu uppeldissvæði þorsks og hvernig er útbreiðsla þorskungvíðis? Af hvaða hrygningarsvæðum koma flest seiði og hvar alast þau

upp? Hvert er mikilvægi grunnslóðar sem uppeldissvæði? Hvernig er útbreiðsla ungvíðis tengd dýpi og sjávarhita?

Þorskungviði (0-3 ára) heldur til á grunnsævi en einnig á landgrunninu (Ingibjörg G. Jónsdóttir *o.fl.*, 2019) en útbreiðsla ungvíðis á þessum svæðum og mikilvægi mismunandi svæða sem uppeldissvæði eru að mestu leyti óþekkt.

Uppeldissvæði þorsks verða kortlögð með fyrirbyggjandi gögnum Hafrannsóknastofnunar. Einnig verður nýjum gögnum safnað um erfðafræði ungvíðis á grunnslóð og landgrunninu en slíkum gögnum hefur ekki verið safnað áður. Gögnin verða einnig nýtt til að meta tengslin milli uppeldis- og hrygningarsvæða.

Þessi hluti mun veita upplýsingar um:

- Útbreiðslu þorskungviðis við Ísland,
- Mikilvægi grunnslóðar og landgrunns sem uppeldissvæða,
- Hlutfall mismunandi atferlisgerða og hrygningarsvæða til uppeldissvæða/nýliðunar,
- Áhrif umhverfispáttá á útbreiðslu ungvíðis,
- Afföll ungvíðis.

2.3 Fæðuvistfræði þorsks

Helstu rannsóknaspurningarnar í þessum verkhluta eru: Hver er helsta fæða þorsks eftir svæðum og árstíðum? Er fæðunám þorsks tengt magni og breytingum á útbreiðslu loðnu? Hafa breytingar á magni/útbreiðslu loðnu áhrif á ástand/vöxt þorsks og hafa breytingarnar áhrif á sjálfrán þorsks?

Loðna er aðal fæðutegund þorsks (Jón Sólmundsson *o.fl.*, 2024). Samfara stækkun þorskstofnsins og minna veiðiálags breyttist aldurssamsetning hans. Þær breytingar ásamt breytingum á útbreiðslu loðnu gætu haft áhrif á útbreiðslu þorsks, ástand hans og dánartölu. Að auki gæti það hafa leitt til aukins sjálfráns þorsks.

Magasýnum hefur verið safnað á köldum og hlýjum tímabilum en einnig þegar lífmassi loðnu var lítill og mikill. Þessi gögn verða skoðuð með tilliti til samspils þorsks og loðnu.

Þessi hluti mun veita upplýsingar um:

- Fæðu þorsks með tilliti til árstíðar, aldurs og svæðis,
- Áhrif loðnumagns á ástand og vöxt þorsks,
- Sjálfrán þorsks.

3 Framvinda árið 2023

3.1 Forgangsröðun

Við forgangsröðun verkefna fyrir árið 2023 var ákveðið að leggja áfram áherslu á gagnasöfnun en einnig fór fram vinna við greiningar á sýnum og gögnum. Ekki var ráðinn inn nemandi eða nýdoktor sem nauðsynlegt er að fá inn í verkefnið þar sem fyrir liggur mikil vinna við greiningar á bæði nýjum og eldri gögnum. Merkingar með rafeindamerkjum var haldið áfram en voru umfangsminni en upphaflega var áætlað. Fyrstu erfðasýnin voru greind en þau voru einnig færri en upphaflega hafði verið áætlað. Hætt var við lestur dægurhringja í þorskseiðum.

Helstu verkefni sem átti að sinna árið 2023 voru:

- Öflun nýrra gagna:
 - greina hluta af erfðasýnum,
 - halda áfram merkingum með áherslu á rafeindamerki,
 - efnagreining kvarna,
 - yfirfara kynþroskagreiningu þorsks.
- Greining gagna:
 - taka saman gögn um fæðuvistfræði þorsks m.t.t. svæða og tíma,
 - taka saman niðurstöður úr merkingum 2019-2022,
 - koma með leiðbeiningar um kynþroskagreiningu þorsks,
 - meta ástand þorsks m.t.t. loðnu,
 - skoða útbreiðslu þorskungviðis.

Mest af þessari vinnu gekk vel en eins og oft vill verða í stórum verkefnum eins og þessu þá voru örfá frávík. Helst ber að nefna að ekki var farið í að skoða almenna útbreiðslu þorskungviðis heldur var byrjað á að skoða ástand þorskungviðis á mismunandi svæðum við landið. Einnig var meiri vinna lögð í almenna greiningu á fæðuvistfræði þorsks og sjálfrán en ekki eru komnar niðurstöður er varða ástand hans m.t.t. loðnu.

3.2 Stofngerð þorsks

Nokkrar aðferðir verða notaðar til að skoða stofngerð þorsks; erfðafræði, göngur, atferli, sníkjudýr og efnafæði kvarna. Þessum gögnum er ekki safnað reglulega og því þarf að safna nýjum gögnum til að svara þeim spurningum sem lagðar voru fram. Því var áherslan í þessum verkhluta áfram lögð á söfnun nýrra sýna og merkingar.

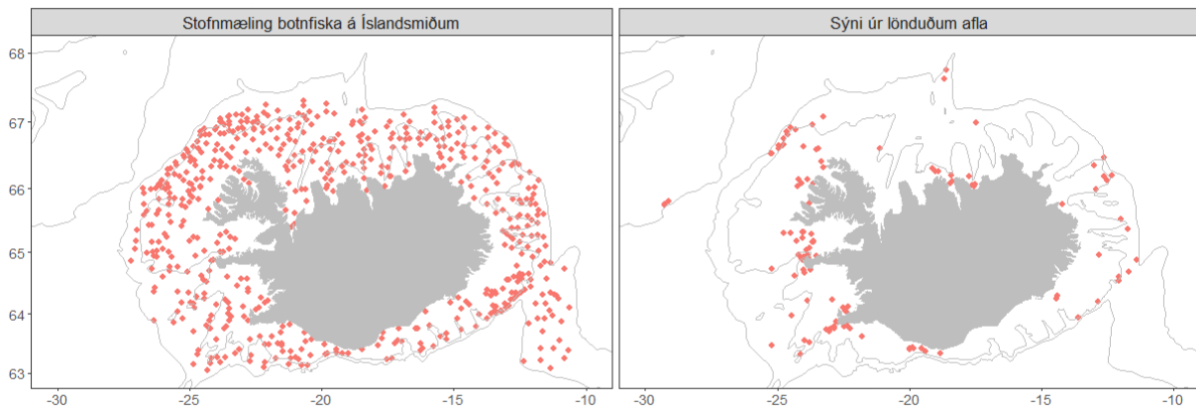
3.3 Erfðafræði

Árið 2023 var erfðasýnum eingöngu safnað í SMB og einnig var sýnum safnað úr afla allt árið (Error! Reference source not found.; 1. mynd). Sýni voru tekin úr öllum aldurshópum. Sýnasöfnun hefur gengið vel og alls er búið að safna erfðasýnum úr 6995 þorskum, þar af 2860 árið 2023.

Búið er að greina 120 erfðasýni sem safnað var úr hrygningarþorski í apríl 2022. Allt genamengið var greint í þessum sýnum. Greiningum er nýlokið og því liggja ekki neinar niðurstöður fyrir ennþá.

Tafla 1. Fjöldi erfðasýna sem var safnað í stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum (SMB), stofnmælingu hrygningarþorsks með þorskanetum (SMN), stofnmælingu botnfiska að haustlagi (SMH) og úr afla.

	2022	2023
Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum (SMB)	1124	1132
Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum (SMN)	862	0
Stofnmæling botnfiska að haustlagi (SMH)	513	0
Sýni úr lönduðum afla	1636	1728



1. mynd. Staðsetning erfðasýna árið 2023.

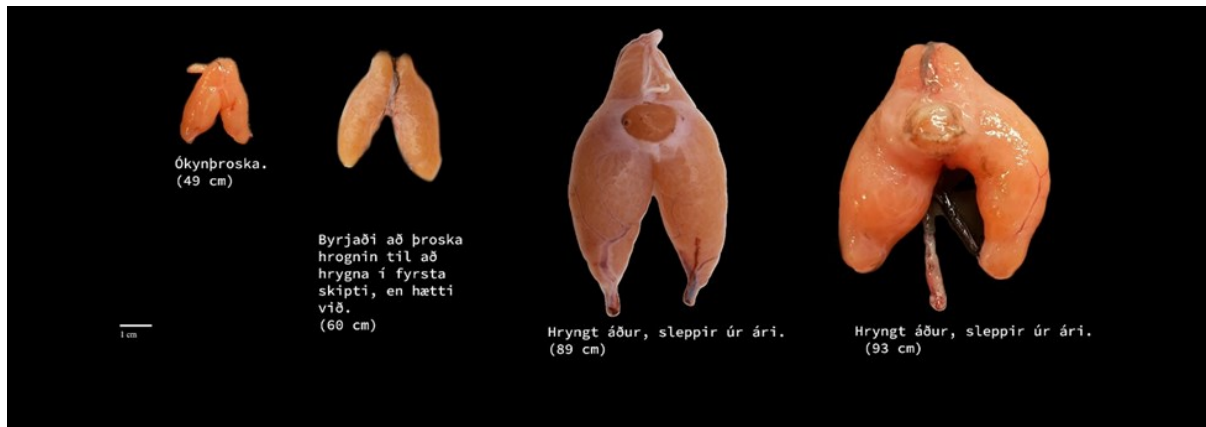
3.4 Sníkjudýr og kvarnir

Hægt er að greina á milli hópa með því að skoða lögun og efnafræði kvarna ásamt því að greina sníkjudýr í fiskum. Aðgreining hópa byggir á því að einstaklingar hafi verið í mismunandi umhverfi sem leiðir til mismunar í þessum þrem þáttum. Markmiðin í þessum verkhluta eru að 1) ákvarða hvort nýlegar tækniframfarir veiti betri upplausn í niðurstöðum, 2) kanna möguleika á að nota sníkjudýr til að aðgreina á milli grunn- og djúpfarsþorska og 3) aðgreina á milli þorsks fyrir norðan og sunnan landið. Sýni (kvarnir, erfðasýni, sníkjudýr) eru tekin úr sömu einstaklingunum. Lítið hefur áorkast í þessum hluta verkefnisins en þetta var einn af þeim verkhlutum sem ekki var unnt að sinna á árinu vegna forgangsröðunar verkefna. Styrkur að upphæð 2,4 milljónum fékkst úr Rannsóknasjóði Háskóla Íslands (styrkur númer 15662) sem nýttur var í verkhlutann. Nauðsynlegt er að ráða doktorsnema til að vinna að greiningum en þeirri vinnu sem er lokið var unnin af sjálfboðaliðum undir stjórn Francesco Golin sem var í sex mánaða starfsnámi í sníkjudýra- og fiskavistfræði við Háskóla Íslands.

Í desember 2023 var 60 þorskum safnað til viðbótar þeim sem skýrt var frá í framvinduskýrslu fyrir árið 2022 (Ingibjörg G. Jónsdóttir o.fl. 2023). Þeim var safnað fyrir norðan land; 30 þorskar voru veiddir djúpt en 30 á grunnu vatni. Eingöngu voru greind sníkjudýr sem voru í augum, tálknum, nösnum og á uggum og húð. Fiskarnir voru lengdarmældir og vigtaðir, kyn og kynþroskagreindir ásamt því að kvarnir voru fjarlægðar og erfðasýni var tekið. Einnig voru einstök líffæri fjarlægð (heili, gallblaðra, lifur, þarmar o.fl.) og fryst og því verður hægt að greina sníkjudýr síðar. Það verður þó eingöngu hægt ef ráðinn verður nemi eða sumarstarfsmaður. Svipuð sýnataka mun eiga sér stað fyrir sunnan land á árinu 2024.

3.4.1 Sleppa úr hrygningu

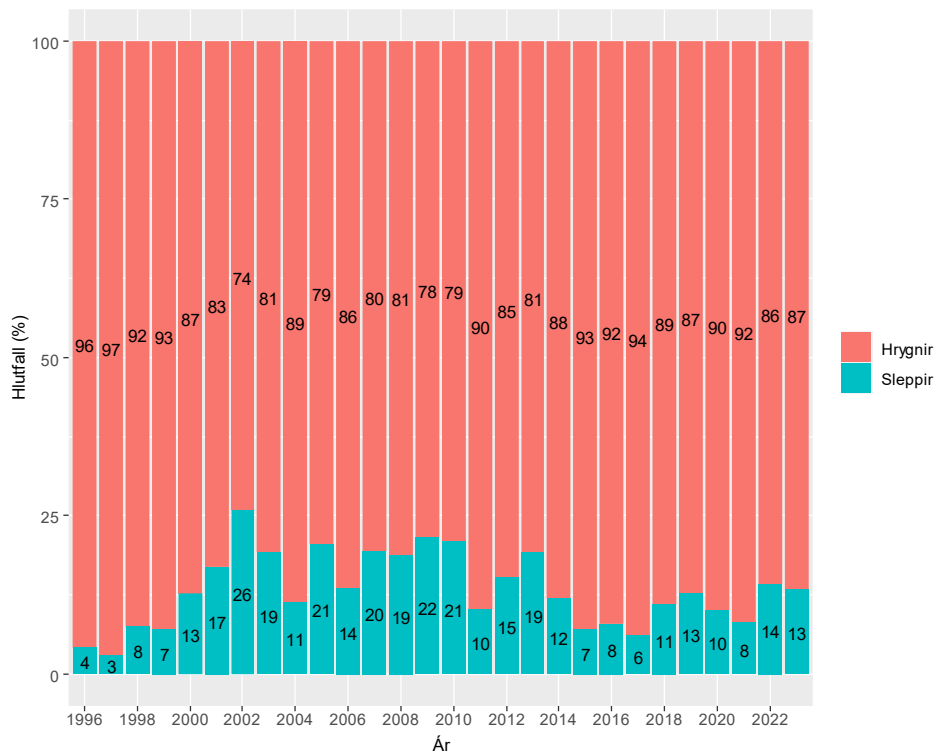
Við kynþroskagreiningu þorska hefur Hafrannsóknastofnun aðallega notað 4 stig; ókynþroska (stig 1), kynþroska (stig 2), rennandi (stig 3) og hrygningu lokið (stig 4). Rannsóknir hafa sýnt fram á að hluti þorskhygna í hrygningarstofni sleppir því að hrygna sum ár og hefur hlutfallið verið metið á bilinu 4-50% (Rideout og Rose, 2006; Yaragina, 2010). Árið 1996 byrjaði Hafrannsóknastofnun á því að nota sérstakt kynþroskatig (stig 5) við greiningu kynþroska þorsks, sem þýðir óviss greining, en álitnið er að flestar þorskhygnur sem greindar voru á þessu stigi í SMB hafi sleppt úr hrygningu. Árið 2017 var svo byrjað að nota kynþroskastigið 52 eða fiskur sem sleppir úr hrygningu. Erfitt getur reynst að greina þetta stig með berum augum. Til að bæta gæði kynþroskastigs greiningar á þorski, með sérstaka áherslu á 52 stigið, hefur um 40 kynkirtlum verið safnað í leiðöngurum Hafrannsóknastofnunnar. Teknar voru ljósmyndir af öllum kynkirtlum og vefjasýni tekin. Úrvinnsla gagna er byrjuð en tilgangurinn er að 1) meta hlutfall þorskhygna sem sleppa úr hrygningu eftir árum, 2) athuga hvaða líffræðilegar- og umhverfislegar breytur hafa áhrif á þetta hlutfall, 3) kanna hvort að mat á þessu hlutfalli nýtist í stofnmati á þorski og 4) auka gæði kynþroskastigs greiningar þorskhygna. Þessi þáttur verkefnisins hefur nú þegar bætt leiðbeiningar um greiningar á kynþroskastigi 52 hjá þorskhygnum (2. mynd).



2. mynd. Kynkirtlar úr þorskhygnum sem safnað var í mars 2020 (í SMB). Kynþroskastig þessara kynkirtla var í fyrstu metið sjónrænt og síðar staðfest eða breytt í samræmi við vefjasýni sem tekin voru úr þessum kynkirtlum (mynd Svanhildur Egilsdóttir).

Hlutfall þorskhygna sem sleppti úr hrygningu á árunum 1996-2023 var á bilinu 3-26% eða að meðaltali 13,2% (3. mynd). Kannað var hvort að breytur fiskveiðidauði, ástandsstuðull, lifrarstuðull, botnhitastig, magn fæðu í maga, magn loðnu í maga og magn annara fiska í maga hefðu áhrif á þetta hlutfall. Niðurstöður voru að aðeins ástandsstuðull hafði marktæk áhrif en hann útskýrði um 40% af breytileika í hlutfallinu og var sambandið jákvætt.

Við stofnmat á þorski vorið 2024 verður prófað að taka tillit til mats hlutfalls þorsk sem sleppur úr hrygningu og kemur þá í ljós gildi þess fyrir stofnmat á þorski t.d. við mat á viðmiðunarmörkum og hvort það nýtist í að meta samband hrygningarstofns og nýliðunar. Það er hins vegar álitnið að vægi þess að vita þetta hlutfall fyrir stofnmat þorsks verði meira eftir því sem fleiri ár hafa verið metin fyrir það.



3. mynd. Hlutfall kynþroska þorskhrygna sem sleppur því að hrygna við Ísland. Myndin byggir á gögnum úr SMB á árunum 1996-2023.

3.4.2 Göngur

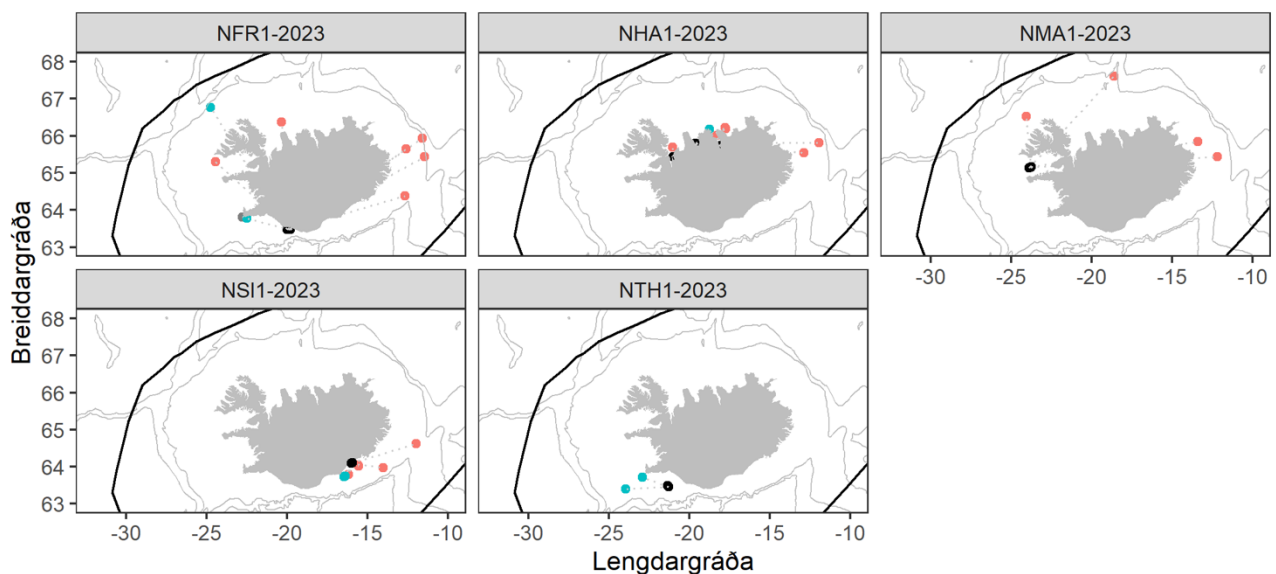
Merkt var bæði með slöngumerkjum og rafeindamerkjum árið 2023. Nauðsynlegt er að merkja með rafeindamerkjum á sem flestum hrygningarsvæðum en merkingarnar árið 2023 fóru fram í apríl á sjö hrygningarsvæðum þorsks umhverfis landið (2. tafla). Mest áhersla var lögð á að merkja með rafeindamerkjum en færri þorskar voru merktir með slöngumerkjum. Alls voru 1358 þorskar merktir en þar af voru 393 þorskar merktir með rafeindamerkjum. Í desember 2023 var búið að endurheimta 12 þeirra (2. tafla). Að auki er búið að endurheimta 26 rafeindamerki úr merkingunum sem fóru fram í apríl 2022.

Rafeindamerkingar fyrir norðan hafa verið frekar takmarkaðar hingað til og hafa eingöngu farið fram við Norðausturland. Núna bættust við merkingar í Húnaflóa, Skagafirði og Eyjafirði. Merkin eru farin að skila sér. Ekki verður hægt að notast við gögn úr öllum endurheimtum merkjum þar sem nokkur þeirra voru endurheimt fljótlega eftir merkingu þannig að gögnin úr þeim eru fremur rýr.

2. tafla. Fjöldi merktra þorska árið 2023.

Svæði	Leiðangur	Mánuður	Fjöldi slöngumerki	Fjöldi rafeindamerki	Fjöldi endurheimt, rafeindamerki
Selvogsbanki	NTH1-2023	Apríl	237	76	1
Flákakantur	NMA1-2023	Apríl	168	60	2
Vestmannaeyjar	NFR1-2023	Apríl	699		
SA-land	NSI1-2023	Apríl	254	30	2
Miðfjörður	NHA1-2023	Apríl		37	
Skagafjörður	NHA1-2023	Apríl		98	5
Eyjafjörður	NHA1-2023	Apríl		61	2
Pistilfjörður	NHA1-2023	Apríl		31	
Heildarfjöldi			1358	393	12

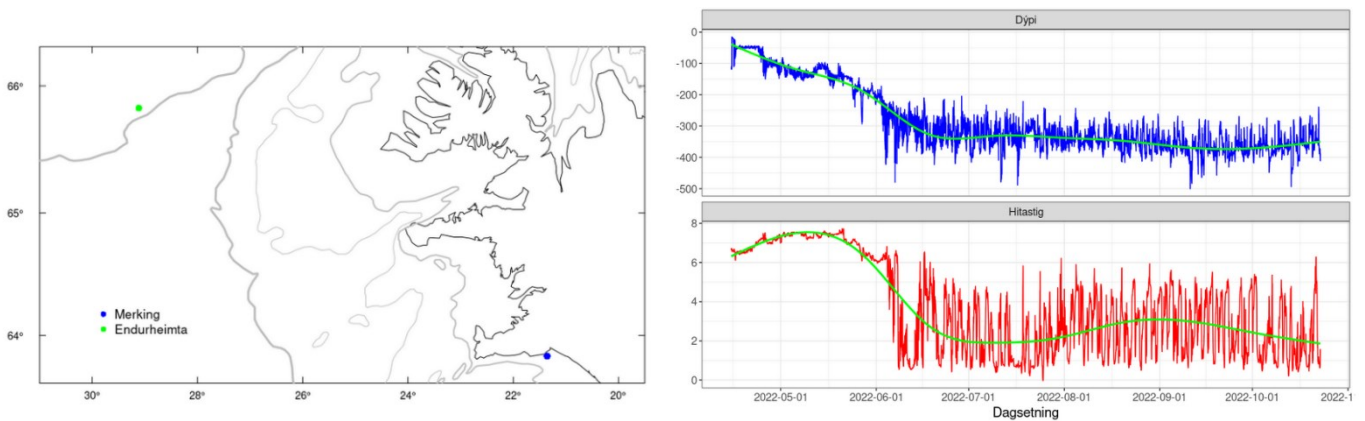
Endurheimtur úr merkingum í apríl 2023 sýna að þorskur sem var merktur við Vestmannaeyjar endurheimtist nær allt í kringum landið (4. mynd). Þorskur sem var merktur í Húnaflóa, Skagafirði og Eyjafirði hafa allir verið endurheimtir fyrir norðan og austan landið. Þorskur sem merktur var í Breiðafirði var endurheimtur fyrir norðan og austan meðan þorskur sem merktur var við SA-land var endurheimtur á svipuðum slóðum eða austur af merkingastað. Úr merkingunum á Selvogsbanka hafa aðeins tveir fiskar verið endurheimtir og það var rétt vestan við merkingastað. Í byrjun árs 2023 kom út skýrsla þar sem teknar voru saman helstu niðurstöður merkinga á árunum 2019-2022 (Jónsdóttir o.fl. 2023).



4. mynd. Merkingar í apríl 2023 og endurheimtur. Svartir punktar sýna merkingastaði, bláir punktar endurheimtur á hrygningartíma (mars-maí) og rauðir punktar endurheimtur á fæðutíma (júní-febrúar).

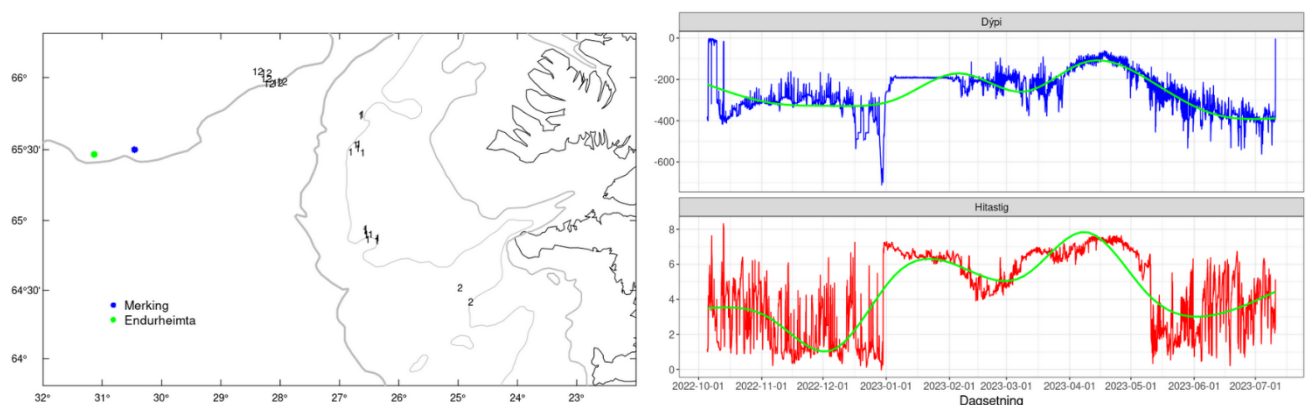
3.4.3 Staðsetning út frá sjávarföllum

Ef fiskur liggur kyrr á botninum má sjá sjávarföll í ferli úr rafeindamerki sem hægt er að bera saman við spár úr sjávarfallalíkani sem spáir fyrir um sjávarföll við Ísland (Vilhjálmur Þorsteinsson o.fl. 2012). Þannig er hægt að staðsetja fiskinn en staðsetningin er þó innan ákveðinna marka (10x10 km). Verið er að fara í gegnum ferla í endurheimtum rafeindamerkjum og meta staðsetningar þeirra yfir allt tímabilið sem rafeindamerkið skráði. Það fer töluverður tími í að fara í gegnum öll rafeindamerkin og meta líklegar staðsetningar og ekki finnast sjávarfallastaðsetningar í öllum ferlum (5. mynd). Það þarf einnig að skoða hvort staðsetningar séu líklegar m.t.t. hitastigs og dýpis á svæðinu. Hér verða tekin tvö dæmi úr þessari vinnu.



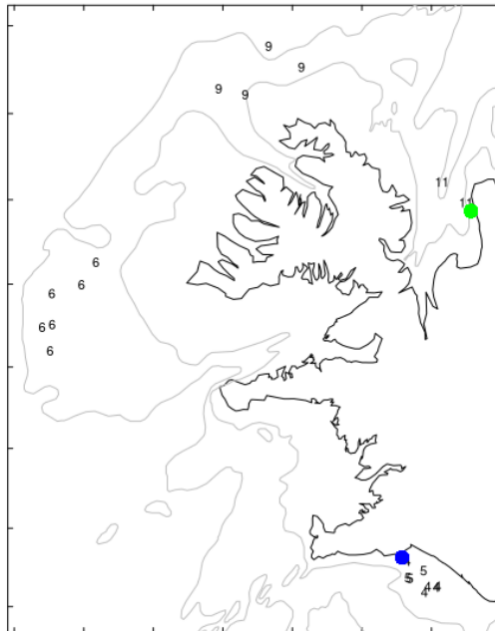
5. mynd. Engin sjávarfallastaðsetning fannst í þessum þorski sem var merktur (blár punktur) við Þorlákshöfn 9. apríl 2022 og endurheimtist (grænn punktur) 22. október á Dohrnbanka (1B3790). Myndin til hægri sýnir hitastigs- og dýpisferla úr rafeindamerkinu.

Fyrra dæmið er þorskur sem merktur var á Dohrnbanka 5. október 2022 og var endurheimtur á svipuðum stað þann 11. júlí 2023 (6. mynd). Hann var staðsettur Grænlandsmegin í desember en í janúar var hann Íslandsmegin og í febrúar 2023 var hann farinn að nálgast Faxaflóa. Eftir það finnast engar sjávarfallastaðsetningar. Sé horft á dýpisferilinn (6. mynd t.h.) sést að fiskurinn fer á 700 m dýpi rétt fyrir áramót en þá er hann að fara yfir álinn milli Dohrnbanka og Íslands. Slíkt sést þó ekki þegar hann fer aftur yfir álinn áður en hann endurheimtist á Dohrnbanka.



6. mynd. Myndin til vinstri sýnir staðsetningar metnar út frá sjávarföllum í rafeindamerki. Tölur merkja mánuð, blár punktur merkingastað og grænn punktur endurheimtustað. Dýptarlínur eru 100, 200 og 500 m. Myndin til hægri sýnir hitastigs- og dýpisferla úr rafeindamerkinu. Merki númer 1B4093.

Seinna dæmið er þorskur sem er merktur í fjörunni austur af Þorlákshöfn 10. apríl 2022 og endurheimtist við Skagaströnd þann 7. nóvember 2022 (7. mynd). Nokkrar sjávarfallastaðsetningar fundust í nálægð við merkingastað í apríl og maí, í júní út af Breiðafirði og síðan í september norðvestur af Vestfjörðum. Að lokum fundust sjávarfallastaðsetningar í nálægð við endurheimtustað.



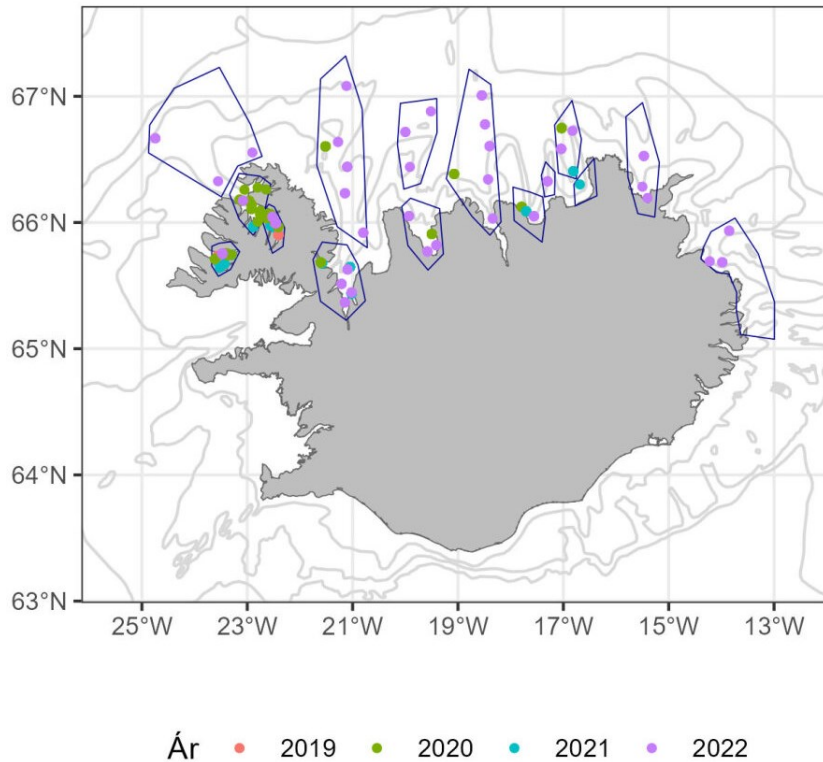
7. mynd. Staðsetningar metnar út frá sjávarföllum í rafeindamerki. Tölur merkja mánuð, blár punktur merkingastað og grænn punktur endurheimtustað. Dýptarlínur eru 100, 200 og 500 m. Merki númer 1B3788.

3.5 Útbreiðsla ungvíðis

3.5.1 Ástand ungvíðis

Þorskseiðum var safnað í september og október á árunum 2019 – 2022 (8. mynd). Einnig fór fram söfnun á seiðum haustið 2023 en það á eftir að klára að vinna þau sýni. Alls var 937 seiðum safnað, flestum í Ísafjarðardjúpi (N=327), Arnarfirði (N=252) og Húnaflóa (N=129). Stöðvar þar sem seiði fundust voru á 19–361 m dýpi og botnhitastig sjávar var á bilinu 0,3–9,2°C. Öll þorskseiði voru lengdarmæld, vigtuð og kvörnum safnað. Magainnihald var einnig flokkað í tegundir og fjöldi hverrar bráðar skráður ásamt þyngd hennar. Magagreiningar voru eingöngu gerðar árin 2021 og 2022. Ástand seiðanna var reiknað með Fulton's K stuðlinum sem metur ástand út frá þyngd (W) og lengd (L):

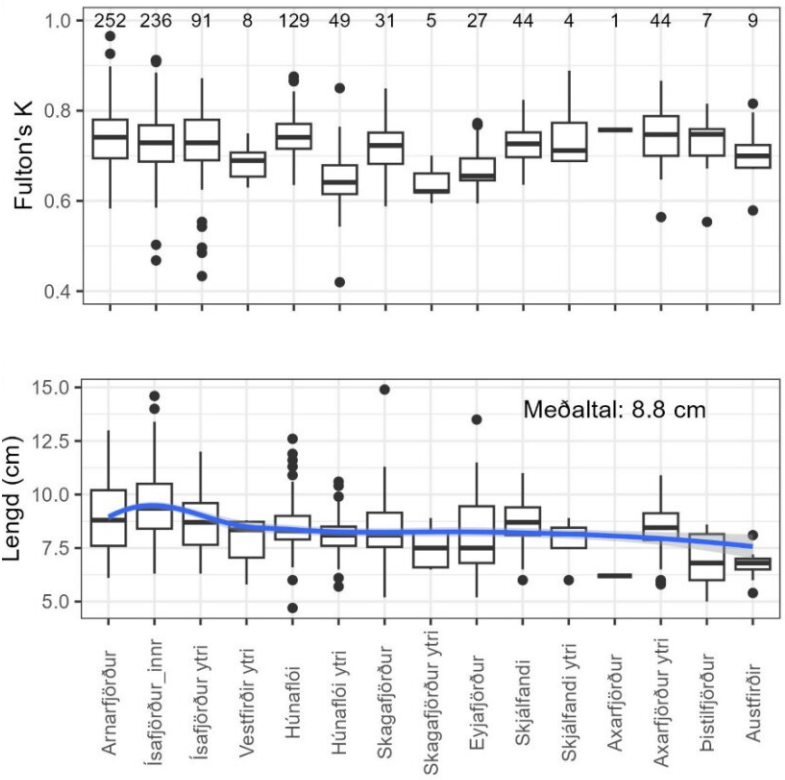
$$K = 100 \cdot \frac{W}{L^3}$$



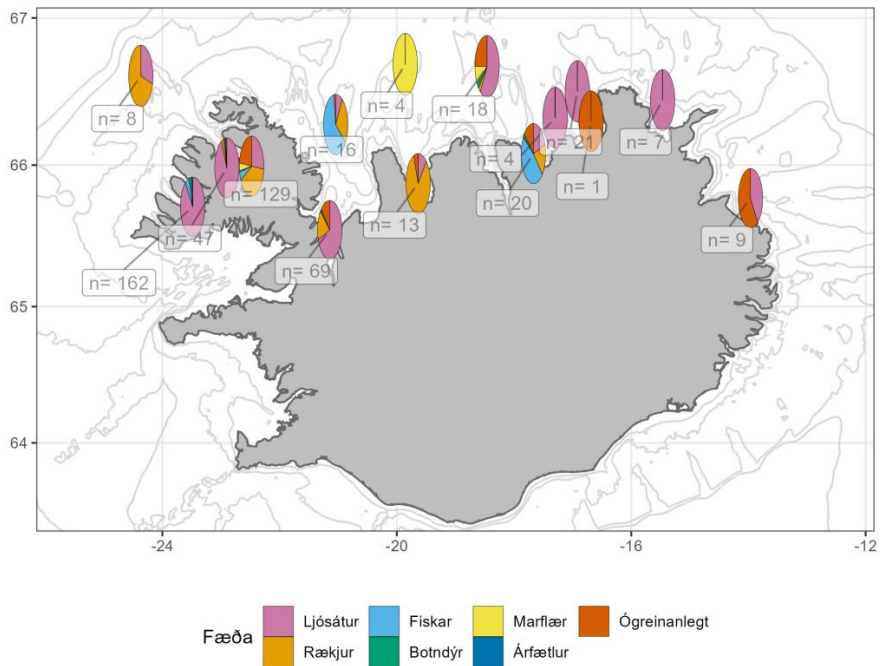
8. mynd. Staðsetningar þar sem þorskseiðum var safnað. Bláu reitirnir tákna skiptingu svæðanna í úrvinnslu.

Þorskseiði fundust frá Arnarfirði á Vestfjörðum að Héraðsflóa fyrir austan land (8. mynd). Lengdardreifing seiðanna sýnir að seiðin eru stærri fyrir vestan og minnka smám saman því austar sem er farið (9. mynd). Það er í samræmi við fyrri rannsóknir um sviflæg seiði að sumri (Guðrún Marteinsdóttir *o.fl.* 2000). Ástand (Fulton's K) seiðanna var á bilinu 0,42–1,29 og var almennt betra nær landi og inni í fjörðum heldur en utar á landgrunninu (9. mynd). Ástand var þó svipað nær landi í öllum landshlutum.

Samsetning fæðu sýndi að ljósáta og rækja voru algengustu fæðutegundirnar hjá þorskseiðum á flestum svæðum (10. mynd). Við norðanverða Vestfirði og á Skjálfanda var hærra hlutfall af fisk (loðnu-, flatfiska- og bolfiskaseiðum) í fæðunni. Einnig sást munur í fæðuvali í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi þar sem ljósáta var algengari fæða í Arnarfirði og í ytri hluta Ísafjarðardjúps á meðan meiri fjölbreytileiki var í fæðuvali og hátt hlutfall af rækju var í mögum þorskseiða í innanverðu Ísafjarðardjúpi.



9. mynd. Ástand og lengdardreifing þorskseiða. Svæðin eru í röð frá vestri (vinstri) til austurs (hægri). Tölurnar efst á myndinni tákna fjölda seiða á hverju svæði fyrir sig.

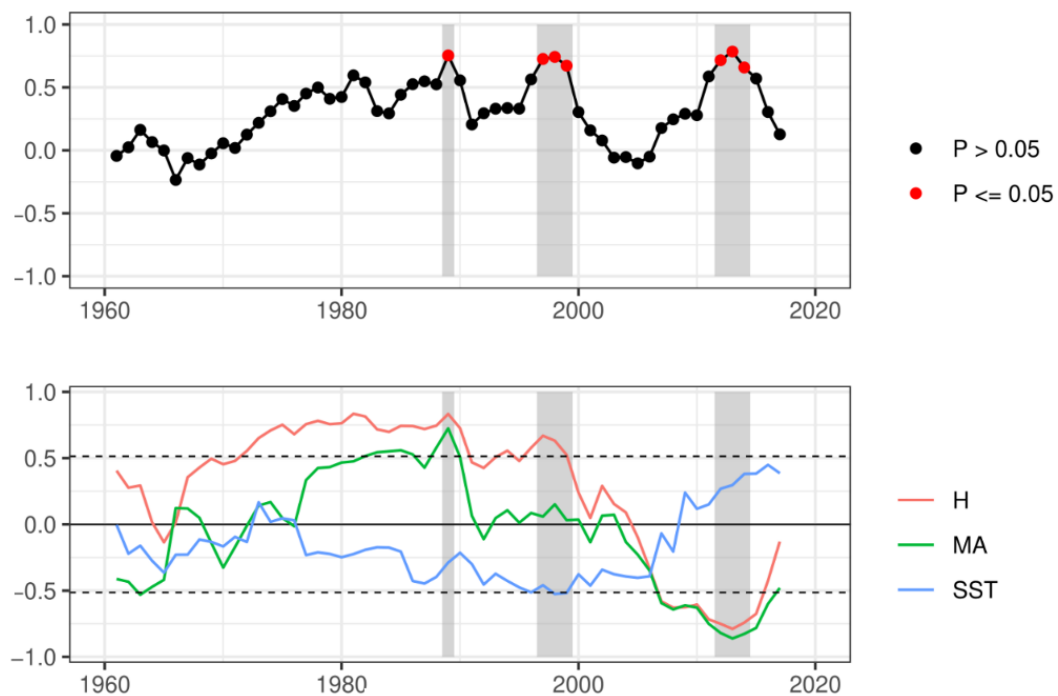


10. mynd. Samsetning magainnihalds þorskseiða eftir svæðum. Tölurnar við hverja köku tákna fjölda seiða á hverju svæði.

3.5.2 Samband aldursdreifingar og nýliðunar

Við fiskveiðar eru stærri og eldri fiskar fjarlægðir úr stofninum. Það getur haft áhrif á framleiðslugetu stofnsins en rannsóknir hafa sýnt að eldri og stærri hrygnur framleiða fleiri og lífvænlegri hrogn en minni og yngri hrygnur (Guðrún Marteinsdóttir og Agnar Steinarsson 1998). Þegar fiskveiðialag var minnkað í lok síðustu aldar mátti búast við því að hrygningarstofninn myndi stækka og að hlutfall eldri hrygna aukast í hrygningarstofninum og að sama skapi þá myndi nýliðun aukast. Hins vegar hefur nýliðun ekki aukist í takt við stækkandi hrygningarstofn á síðustu 20 árum en hlutfall eldri þorsks hefur þó aukist verulega í stofninum (Hafrannsóknastofnun 2023).

Þegar fylgni milli aldursdreifingar í hrygningarstofninum og nýliðunar var skoðuð kom í ljós að á löngu árabili (1972-1998) var jákvæð marktæk fylgni milli aldursdreifingar og nýliðunar en eftir aldamótin breyttist fylgnin og var marktækt neikvæð frá 2007-2015 (11. mynd, neðri). Á sama tíma breyttist fylgnin milli nýliðunar og hitastigs sjávar úr því að vera neikvæð yfir í jákvæða fylgni (þó sjaldan marktæk). Hækkandi hitastig sjávar hefur haft áhrif á fylgnina á milli nýliðunar og aldursdreifingar hrygningarstofnsins. Frekari niðurstöður og umræður um áhrif aldursdreifingar, hitastigs sjávar og meðalaldurs í stofninum á nýliðun í þorski, ýsu, ufsa, keilu, löngu og skarkola verða birtar í vísindaritinu Marine Ecology seinna á árinu (Ingibjörg G. Jónsdóttir o.fl. 2024).



11. mynd. Efri myndin sýnir hvaða ár fylgni nýliðunar við aldursdreifingu (H), meðalaldurs hrygningarstofnsins (MA) og hitastigs sjávar (SST) er marktæk (rauðir punktar) eða ekki (svartir punktar). Neðri myndin sýnir hvernig fylgnin milli einstakra þátta og nýliðunar breytist frá 1962 til 2016. Þegar lituð lína lendir yfir efri brotalínunni er fylgnin marktækt jákvæð, en ef hún er undir neðri brotalínunni er fylgnin marktækt neikvæð.

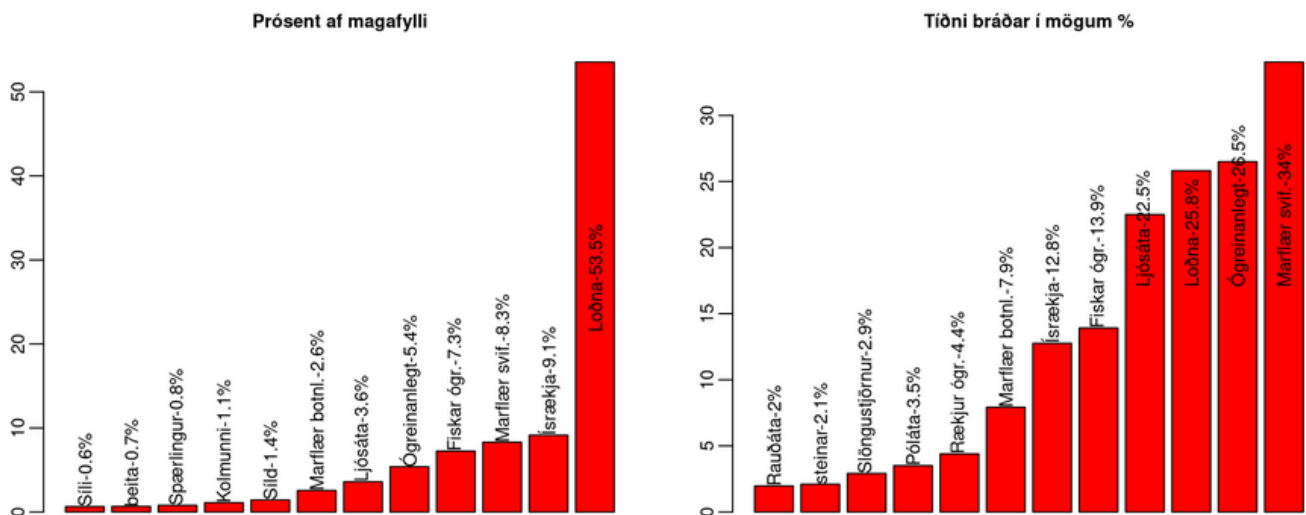
3.6 Fæðuvistfræði þorsks

Fæðu þorsks hefur verið safnað reglulega en hér verður annars vegar farið yfir niðurstöður úr söfnun fæðusýna á fiskiskipum og hins vegar tekið saman heildarát þorsks metið út frá fæðusýnum sem safnað hefur verið í stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum og að hausti. Nánari upplýsingar um fæðu þorsks má finna í nýlegri skýrslu „Fæða 36 tegunda botnfiska á Íslandsmiðum árin 1996-2023“ (Jón Sólmundsson o.fl. 2024) þar sem meðal annars er farið yfir helstu fæðutegundir þorsks.

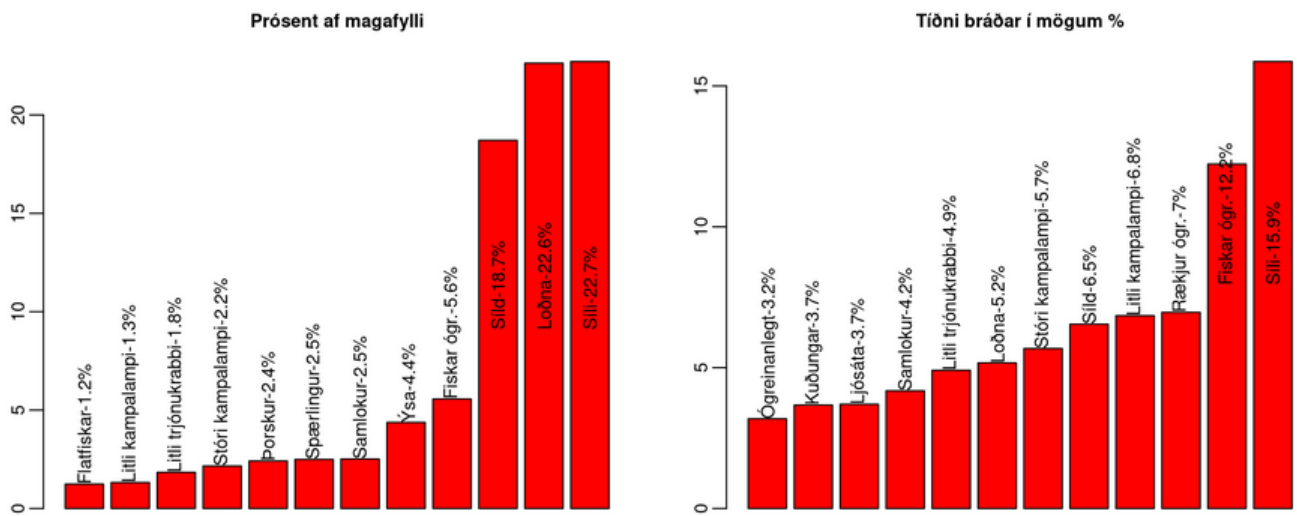
3.6.1 Söfnun fæðusýna á fiskiskipum

Söfnun fæðusýna á fiskiskipum hófst árið 2001. Sýnunum hefur verið safnað allt í kringum landið og hefur farið fram allt árið um kring. Söfnunin var mest á árunum 2006-2016 en umfang hennar hefur verið minna frá árinu 2013. Um 75 þúsund magasýnum hefur verið safnað á 49 skipum, þar af rúmlega 23 þúsund mögum á Breiðafjarðarsvæðinu og 35 þúsund mögum á Vestfjarðarmiðum.

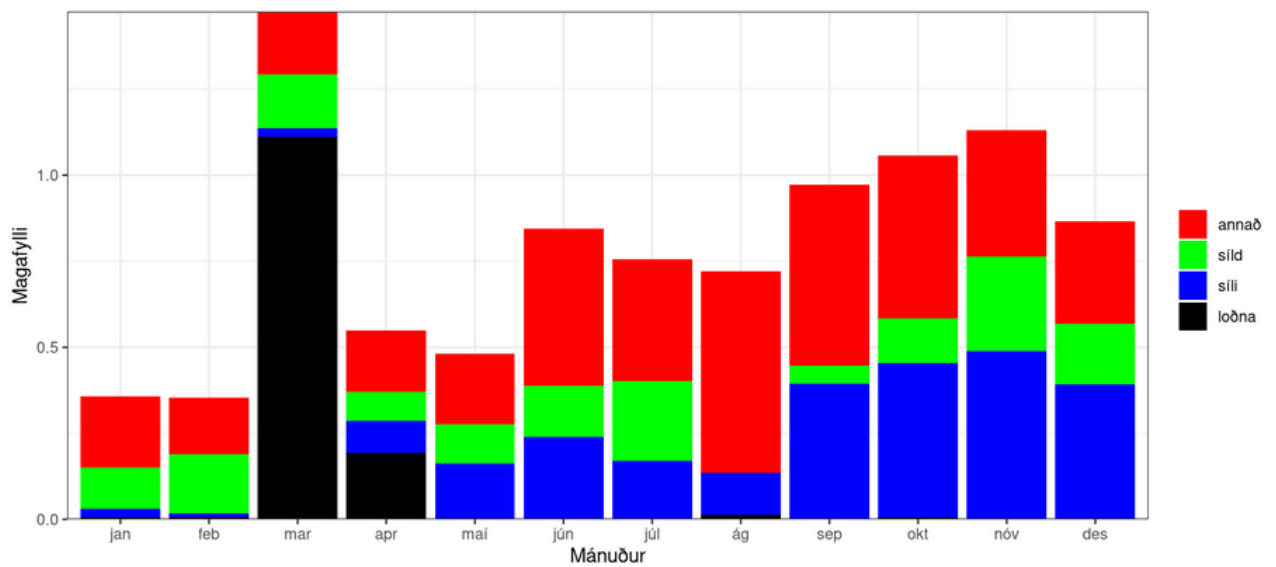
Langmikilvægasta bráð þorsks út af Vestfjörðum er loðna, eða 54% (12. mynd). Næstar í mikilvægi eru svo ísrækja og sviflægar marflær sem er sú bráð sem kemur oftast fyrir. Ljósáta finnst einnig oft í mögunum. Á Breiðafjarðarsvæðinu eru síli, loðna og síld mikilvægustu bráðirnar (13. mynd). Einnig eru aðrir fiskar mikilvægir. Ýmsar rækjutegundir, s.s. stóri og litli kampalampi koma einnig oft fyrir. Fæða þorsks á Breiðafjarðarsvæðinu sýnir töluverða árstíðarsveflu (14. mynd). Loðna er eingöngu hluti af fæðu þorsks í mars og apríl í kringum hrygningu loðunnar en síli eru mikilvægari seinni hluta ársins, frá september til desember.



12. mynd. Mikilvægustu bráðir þorsks út af Vestfjörðum samkvæmt magasýnum frá fiskiskipum.



13. mynd. Mikilvægustu bráðir þorsks í Breiðafirði samkvæmt magasýnum frá fiskiskipum.



14. mynd. Hlutdeild mikilvægustu bráðanna í mögum fisks í Breiðafirði skipt upp eftir mánuðum.

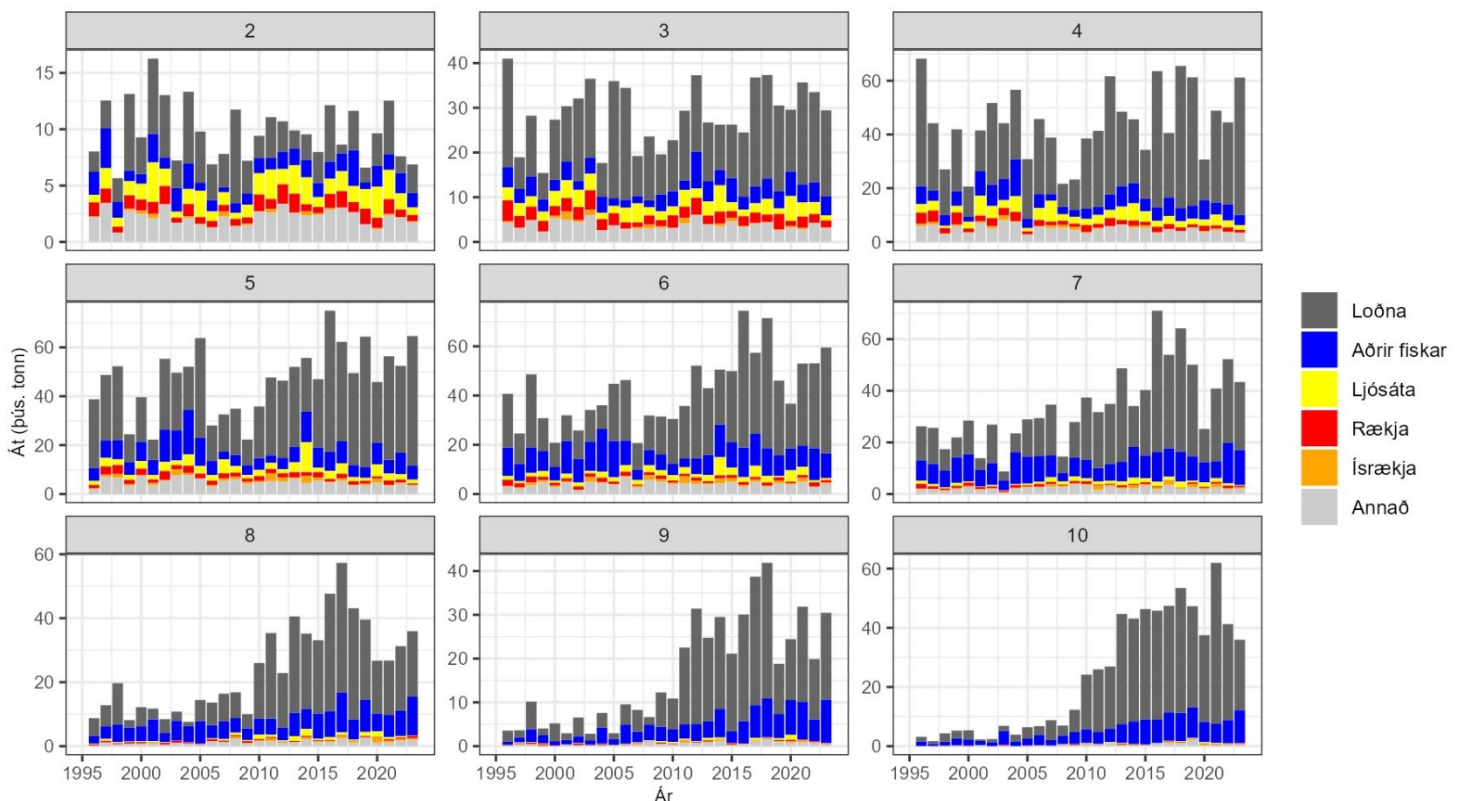
3.6.2 Heildarát þorsks

Hér er heildarát þorsks metið út frá fæðugögnum úr stofnmælingaleiðöngnum Hafrannsóknastofnunar á árunum 1996 til 2023. Byrjað var á að skoða breytingar á magafylli þorsks í SMB og SMH út frá reglubundnum greiningum á magainnihaldi. Næsta skref var að leggja mat á daglegt meðalát þorsks á hverjum fæðuhópi (D_c) út frá þyngd hvers fæðuhóps (W_f), lengd fisksins (L) og hitastigi sjávar í umhverfi fisksins (T) skv. jöfnu Kjartans Magnússonar og Ólafs K. Pálssonar (1989):

$$D_c = 3.1 \left(\frac{L_p}{40} \right)^{1.15} 1.09^{T-6} \sqrt{W_f}$$

Út frá daglegu áti einstakra þorska var reiknað meðalát þ.e. summan af daglegu áti deilt með fjölda þorska sem rannsakaðir voru (þar með talið þeir sem voru með tóman maga). Til að reikna heildarát yfir ákveðið tímabil (60 daga í febrúar/mars og 60 daga í september/október), var meðalát margfaldað upp með fjölda þorska í stofni eftir aldri og árum skv. stofnmælingum Hafrannsóknastofnunar (Hafrannsóknastofnun 2023) og fjölda daga. Fjöldi fiska skv. stofnmælingum er metinn fjöldi í byrjun árs og hér var gert ráð fyrir að 2/12 árlegs náttúrulegs dauða og veiðidauða hafi átt sér stað í febrúar/mars og 9/12 í september/október.

Heildarát 2-4 ára þorsks í febrúar/mars hefur ekki breyst mikið á rannsóknatímanum 1996-2023 og hlutfall fæðuhópa hefur haldist nokkuð svipað (15. mynd, efsta röð). Hjá 5-7 ára þorski í febrúar/mars hefur heildarát aukist og felst það í meira áti á loðnu (15. mynd, miðja). Hjá 8 ára og eldri þorski hefur heildarát margfaldast og átti breytingin sér stað um og eftir árið 2010 (15. mynd, neðsta röð). Aukningin er um fjórföld hjá 8 ára þorski en tíföld hjá 10 ára og eldri. Það er einkum étið meira af loðnu síðari ár, en einnig öðrum fisktegundum enda er stærsti þorskurinn hlutfallslega lítið í annarri fæðu á þessum árstíma.



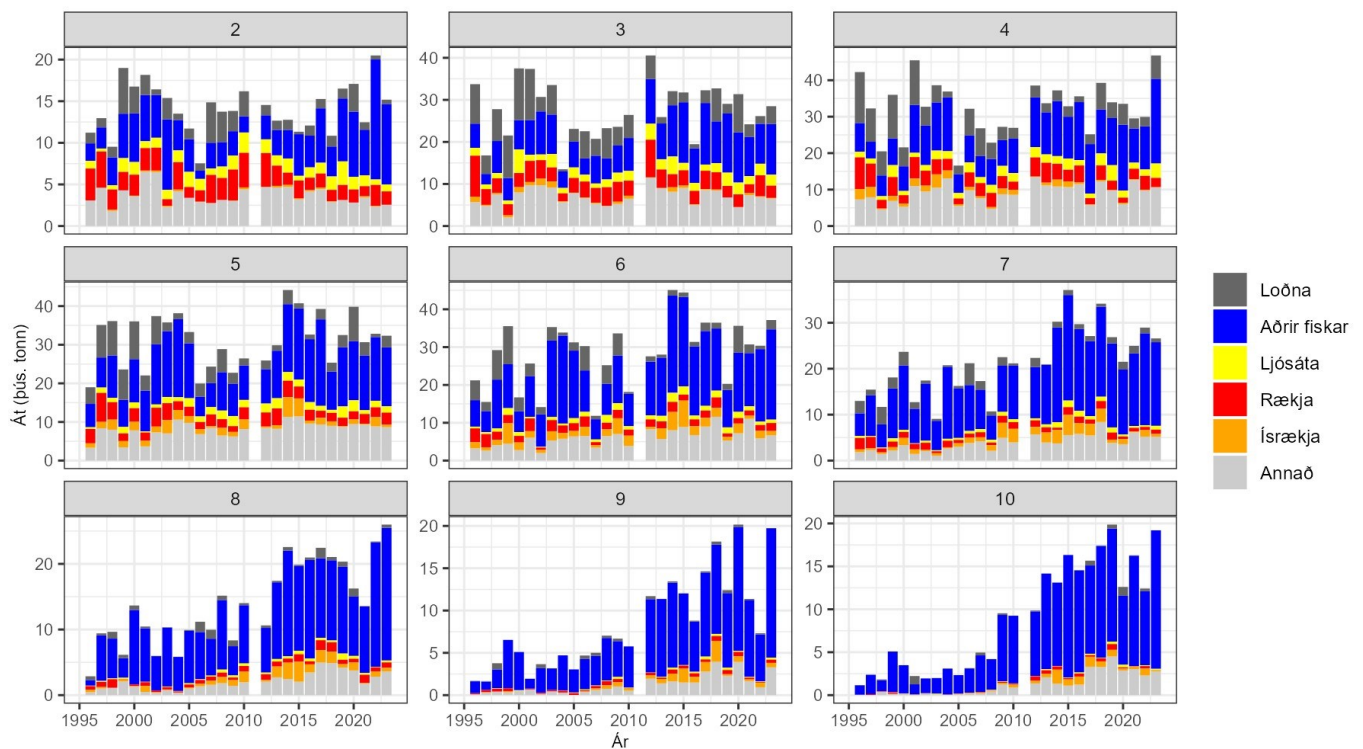
15. mynd. Heildarát 2-10 ára þorsks (10 ára stendur fyrir 10 ára og eldri) í þúsundum tonna í 60 daga í febrúar og mars árin 1996-2023.

Breytingar á heildaráti í september/október eru sambærilegar við þær sem lýst hefur verið fyrir febrúar/mars, nema að á haustin er loðna ekki aðalfæðan heldur ýmsar aðrar fisktegundir auk þess sem krabbadýr og önnur fæða eru meira áberandi en á vorin (16. mynd). Aukning heildaráts hjá elsta fiskinum á haustin er ekki eins mikil og síðla vetrar sem stafar fyrst og fremst af því að magafylli hefur farið minnkandi eins og lýst er í framvinduskýrslu fyrir árið 2022 (Ingibjörg G. Jónsdóttir o.fl. 2023).

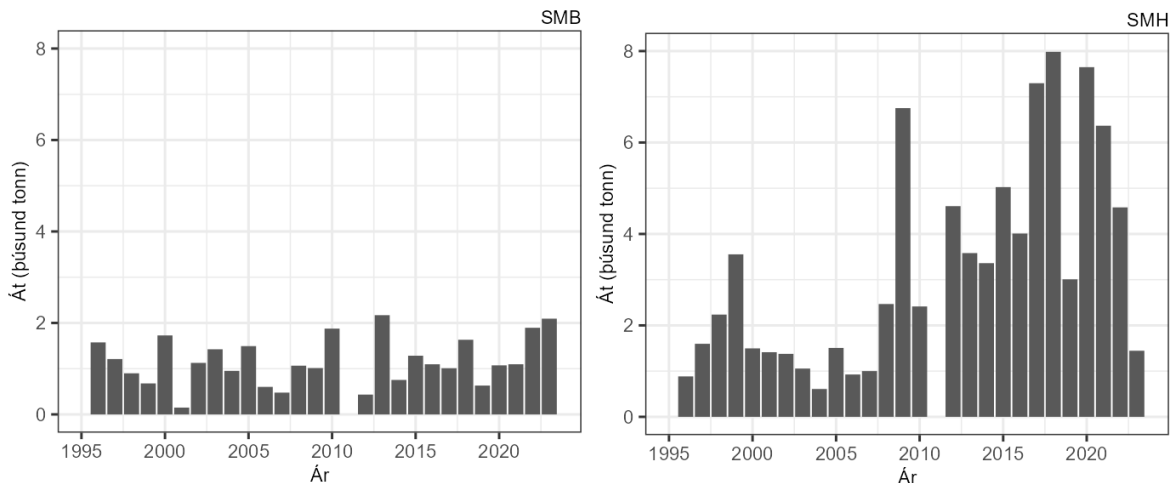
Sjálfrán þorsks (át þorsks á þorski) hefur haldist nokkuð svipað í febrúar/mars (60 dagar) á árunum 1996-2023, eða á bilinu 1-2 þúsund tonn (17. mynd, t.v.). Í september/október (60 dagar) hefur sjálfrán aukist úr u.þ.b. 2 þúsund tonnum að meðaltali árin 1996-2010 í um 5 þúsund tonn árin 2011-2023 (17. mynd, t.h.).

Niðurstöðurnar benda til að samanlagt árlegt át allra aldurshópa þorsks hafi aukist úr um 1100 þúsund tonnum að meðaltali á tímabilinu 1996-2010 í um 1700 þúsund tonn á tímabilinu 2011-2023. Þessi aukning stafar aðallega af auknum fjölda 8 ára og eldri þorska í stofnunum. Samanlagt loðnuát allra aldurshópa þorsks í febrúar og mars hefur aukist úr 110 þúsund tonnum í 240 þúsund tonn milli áður nefndra tímabila.

Gera má ráð fyrir að árlegt át á þorski hafi nær tvöfaldast og næstu skref eru að leggja mat á aldursdreifingu og fjölda þorska sem étnir eru af þorski á hverju ári og setja það í samhengi við áætlaða stofnstærð aldurshópanna. Jafnframt er í gangi vinna við að meta breytingar á lengdarháðu sjálfráni þorsks.



16. mynd. Áætlað heildarátt 2-10 ára þorsks (10 ára stendur fyrir 10 ára og eldri) í þúsundum tonna í 60 daga í september og október árin 1996-2023.



17. mynd. Áætlað sjálfrán þorsks í þúsundum tonna í 60 daga í febrúar og mars (t.v.) og 60 daga í september og október (t.h.).

3.7 Kynningar á efni verkefnisins

Niðurstöður voru kynntar á ráðstefnum og birtar í greinum og skýrslum á árinu 2023:

- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Jón Sólmundsson, Jónas P. Jónasson, Klara B. Jakobsdóttir og Woods, P. 2023. Impact of age diversity on recruitment of six broadcast spawning species. Fyrirlestur haldinn á ráðstefnu (56th European Marine Biology Symposium) í Reykjavík, 4.-8. september 2023.
- Höskuldur Björnsson 2023. Mikilvægi loðnu í fæðu þorsks á íslenska landgrunninu. Ráðstefna Hafrannsóknastofnunar um afrakstur átaksverkefnis um loðnurannsóknir í Hafnarfirði, 10. nóvember 2023.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Pampoulie, C., Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Randhawa, H., Höskuldur Björnsson og Jón Sólmundsson 2023. Þorskátak - framvinduskýrsla fyrir árið 2022. Haf- og vatnarannsóknir HV 2023-09. 15 bls.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Einar Hjörleifsson, Höskuldur Björnsson og Jón Sólmundsson 2023. Merkingar og endurheimtur á þorski árin 2019-2022. Haf- og vatnarannsóknir HV 2023-11. 27 bls.
- Valur Bogason, Jón Sólmundsson, Höskuldur Björnsson, Anna Ragnheiður Grétarsdóttir, Ásgeir Gunnarsson, Hlynur Pétursson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Magnús Thorlacius og Svandís Eva Aradóttir 2023. Stofnmæling hrygningaþorsks með þorskanetum (SMN) 2023 – framkvæmd og helstu niðurstöður. Haf- og vatnarannsóknir HV 2023-20. 26 bls.
- Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Thurnbull, S., Ingibjörg G. Jónsdóttir, Nickel, A., Hjalti Karlsson, Henke, T., Nielsen, E. E. og Snæbjörn Pálsson 2023. Genetic assignment predicts depth of benthic settlement for 0-group Atlantic cod. Plos One.
- Jón Sólmundsson, Höskuldur Björnsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir og Klara B. Jakobsdóttir 2024. Fæða 36 tegunda botnfiska á Íslandsmiðum árin 1996-2023. Haf- og vatnarannsóknir HV 2024-01. 156 bls.

Að auki voru niðurstöður kynntar á opinni málstofu sem haldin var á Hafrannsóknastofnun fimmtudaginn 23. nóvember 2023. Á sama tíma voru kynntar niðurstöður úr verkefninu „Sameinuð við þorsk: margbreytileiki þorskveiða og nýting þeirra við fiskveiðistjórnun“ (Rannís verkefni 206740-051).

Alls voru 15 erindi á málstofunni sem var vel sótt en einnig var henni streymt á youtube síðu Hafrannsóknastofnunar.

Dagskrá málstofunnar:

Kynning

- Ingibjörg G. Jónsdóttir. Verkefnið „Þorskátak“ – Kynning og viðfangsefni.

Hrygning, ungvíði og fæða

- Ásgeir Gunnarsson. Hlutfall þorskhygna sem sleppir úr hrygningu við Ísland.
- Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir. Uppeldisstöðvar þorskseiða á Vestfjörðum.
- Petrun Sigurðardóttir. Ástand og fæðuval þorskeiða víðsvegar umhverfis landið.
- Höskuldur Björnsson. Niðurstöður úr fæðusýnum sem safnað var af áhöfnum fiskiskipa.
- Jón Sólmundsson. Heildarátt og sjálfrán þorsks við Ísland.

Stofngerð

- Haseeb Randhawa. Parasites: providing insights into cod ecology and stock identification.
- Höskuldur Björnsson. Staðsetning þorska út frá DST merkjum.
- Christophe Pampoulie. Genetics of Atlantic cod in Iceland – Past, present and future.
- Einar Hjörleifsson. Sá gulgræni.

Kortlagning og greining þorskveiða

- Julia Mason. How cod and cod fisheries may adapt to climate change.
- Elzbieta Baranowska. Defining cod fishing patterns.
- Daði Már Kristófersson. Er þorskur þorskur? Verðlagning eiginleika þorsks á fiskmörkuðum.
- Pamela Woods. Spatial variation in cod growth as it relates to economically valuable traits.
- Sandra Rybicki. Location choices of the Icelandic cod fishery.

4 Lokaorð

Á árinu 2023 var gagnasöfnun haldið áfram en á sama tíma var hafist handa við að byrja að vinna úr bæði nýjum og eldri gögnum. Nokkuð vel gekk að halda þeirri áætlun sem sett var upp í byrjun árs 2023. Nú er sýnasöfnun lokið en enn á eftir að vinna sýni í landi; greina erfðasýni, efnafræði kvarna, lestur dægurhringja, klára greiningu á sníkjudýrum og taka á móti endurheimtum þorski.

Verkefnið verður ekki styrkt árið 2024 og því mun vinnan stöðvast, a.m.k. tímabundið. Á þeim tveim árum sem verkefnið hefur verið í gangi hefur farið fram mikil vinna í sýnasöfnun, byggja upp þekkingu og samstarf innan hús sem utan. Því er mjög óheppilegt að vinnan sé stöðvuð, þó það eigi eingöngu að vera tímabundið, því það tekur alltaf tíma að taka upp þráðinn aftur þar sem frá var horfið. Ef verkefnið verður styrkt árið 2025 þarf að halda áfram að greina erfðasýni, vinna önnur sýni sem á eftir að klára en fyrir utan það verður aðal áherslan lögð á úrvinnslu gagna. Næstu verkefni eru m.a. að:

- Taka saman gögn úr netaralli sem sýna helstu hrygningarsvæði þorsks og breytingar á 30 ára tímabili.
- Skoða stofngerð þorsks með erfðafræði (hrygningarhópar), sníkjudýrum og kvörnum.
- Skoða útbreiðslu og ástand þorskseiða á mismunandi uppeldissvæðum og m.t.t. dýpis og hitastigs.
- Meta helstu uppeldissvæði þorsks, sérstöðu þeirra og áhrif athafna mannsins á þau.
- Taka saman gögn um fæðu þorsks og meta sjálfrán.
- Skoða áhrif breytinga á útbreiðslu loðnu á ástand þorsk.

Þakkarorð

Vinnan á árinu var margþætt og það voru fjölmargir sem komu að henni. Meðal verkefna var að undirbúa og skipuleggja sýnatöku og leiðangra, taka þátt í leiðöngrum, afla sýna í landsýnatöku, vinna sýni í landi og vinna úr gögnum. Allir sem tóku þátt fá bestu þakkir fyrir þeirra framlag. Sérstakar þakkir fá Hlynur Bárðarson fyrir að stýra málstofu sem haldin var 23. nóvember 2023 og Magnús Thorlacius fyrir yfirlestur og góðar ábendingar.

Heimildir

- Gróa Pétursdóttir, Begg, G. A. og Guðrún Marteinsdóttir. (2006). Discrimination between Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) populations from adjacent spawning areas based on otolith growth and shape. *Fisheries Research*, 80, 182–189.
- Guðrún Marteinsdóttir og Agnar Steinarrson. (1998). Maternal influence on the size and viability of Icelandic cod *Gadus morhua* eggs and larvae. *Journal of Fish Biology*, 52, 1241–1258.
- Guðrún Marteinsdóttir, Björn Gunnarsson og Suthers, I. M. (2000). Spatial variation in hatch date distributions and origin of pelagic juvenile cod in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 57(4), 1182–1195.
- Hafrannsóknastofnun. (2023). Ráðgjöf – Þorskur – töflur - Fjöldi í stofni: https://dt.hafogvatn.is/astand/2023/1_COD_is.html
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Campana, S. E. og Guðrún Marteinsdóttir. (2006). Otolith shape and temporal stability of spawning groups of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science*, 63, 1501–1512.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Woods, P., Klara B. Jakobsdóttir, Jónas P. Jónasson, Bjarki Elvarsson og Jón Sólmundsson. (2019). *Life history of juvenile Icelandic cod*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2019-61. 55 bls.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Jón Sólmundsson, Jónas P. Jónasson og Woods, P. (2024). Maternal effects on recruitment of five gadoid species. *Marine Ecology*.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Christophe Pampoulie, Einar Hjörleifsson, Guðbjörg Ásta Ólafsdóttir, Haseeb Randhawa, Höskuldur Björnsson og Jón Sólmundsson. (2023). *Þorskáttak – framvinduskýrsla fyrir árið 2022*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2023-09. 15 bls.
- Jón Sólmundsson, Höskuldur Björnsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir og Klara B. Jakobsdóttir. (2024). *Fæða 36 tegunda botnfiska á Íslandsmiðum árin 1996-2023*. Haf- og vatnarannsóknir HV 2024-01. 156 bls.
- Kjartan Magnússon og Ólafur K. Pálsson. (1989). Trophic ecological relationships of Icelandic cod. *Rapports et Procés-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 188, 206–224.
- McAdam, B. J., Grabowski, T. B. og Guðrún Marteinsdóttir. (2012). Identification of stock components using morphological markers. *Journal of Fish Biology*, 81, 1447–1462.
- Pampoulie, C., Ruzzante, D. E., Chosson, V., Þóra D. Jörundsdóttir, Taylor, L., Vilhjálmur Þorsteinsson, Anna K. Daniélsdóttir, o.fl. (2006). The genetic structure of Atlantic cod (*Gadus morhua*) around Iceland: insight from microsatellites, the Pan I locus, and tagging experiments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63, 2660–2674.
- Rideout, R. M. og Rose, G. A. (2006). Suppression of reproduction in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology Progress Series*, 320, 267–277.
- Yaragina, N. A. (2010). Biological parameters of immature, ripening, and non-reproductive, mature northeast Arctic cod in 1984-2006. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 2033–2041.