

Athugun á aflareglu fyrir íslenskan þorsk

Höskuldur Björnsson og Einar Hjörleifsson, Hafrannsóknastofnun

2021-01-26

Efnisyfirlit

1 Samantekt	1
2 Lýsing á aflaregluhermunum	2
2.1 Líffræðilegir þættir	2
2.2 Aðrir þættir	8
3 Viðmiðunarmörk og mat á aflareglum	11
4 Niðurstöður	12
4.1 Núverandi aflaregla	12
4.2 Sveiflujöfnun	14
4.3 Aflaregla með breytilegu veiðihlutfalli	15
4.4 Samanburður á þróun miðað við aflahermanir árið 2009	16
5 Kostnaður við veiðar	18
5.1 Inngangur	18
5.2 Blandaðar veiðar.	19
5.3 Kostnaður við veiðar	25
5.4 Útreikningar á hámarkshagnaði	27
Heimildir	33

1 Samantekt

Í grunnhermununinni var gert ráð fyrir að þyngir eftir aldri verði að meðaltali þær sömu og síðustu 20 ár (2000-2019), stuðst við meðalkynþroskahlutfall síðustu 10 ára og náttúrulegur dánarstuðull settur á 0.2 fyrir alla aldurhópa líkt og er í stofnmatinu sjálfu. Framtíðarnýliðum var metinn út frá gögnum frá 1955 með varanlegri breytingu í meðalnýliðun frá og með árgangi 1985.

Stofnmatsskekkjur framtíðarinnar voru: Staðalfrávik 0.12 og sjálffylgni er 0.52, metið út frá fyrirliggjandi gögnum um stofnmats hvers tíma á árabílinu 1973 til 2015. Kerfisbundin skekkja er ekki tekin með í hermunum en áhrif hennar eru rædd í skýrslunni.

Helstu niðurstöður eru:

- Hámarksafrasktur næst við 23% veiðihlutfall (var 22% árið 2015) en miðað við kröfu um minni en 5% líkur að fara undir $B_{trigger}$ þarf veiðihlutallið að vera 22% eða lægra (var 21% árið 2015).
- Lægra veiðihlutfall leiðir til jafnari afla sem kemur m.a. fram í því að hámark þess afla sem næst í 95% tilfella er við 20% veiðihlutfall.

- Hér að ofan er ekki tekið tillit til að bjögun í stofnmati hefur verið um 6.2%. Ekki er heldur tekið tillit til þess að afli umfram sett aflamark hefur að meðaltali verið um 6.6%. 10% í bjögun / umframafla er ígildi þess að afli er 22% af stofni ef ákvörðun aflamarks er byggt á 20% af stofni.
- Sé tekið tillit til hagrænna þátta þá er hagkvæmasta veiðialagið lægra en þegar horft er til afla eingöngu, eða á bilinu 14% - 19% og er háð forsendum um hvaða kostnaðarliðir eru teknir inn og forsendum um verðmæti afla.

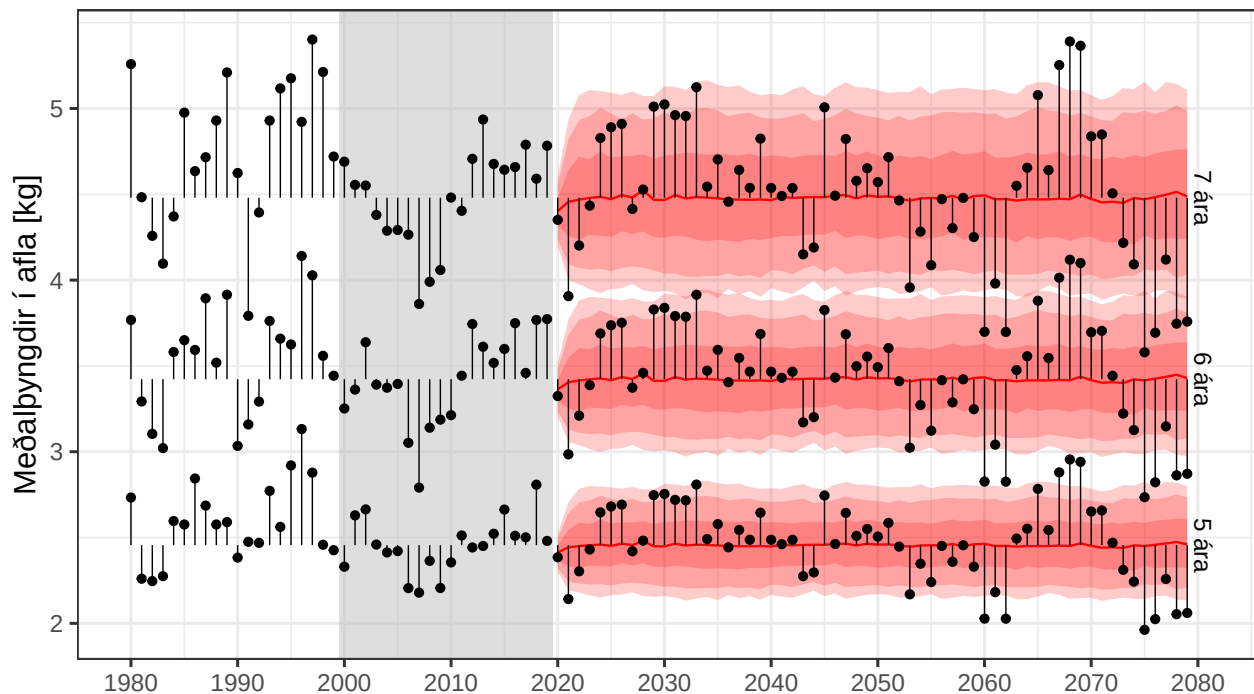
2 Lýsing á aflaregluhermunum

2.1 Líffræðilegir þættir

2.1.1 Þyngdir í afla

Viðmiðunarstofn á hverjum tíma er reiknaður sem summa af margfeldi af fjölda fiska og meðalþyngd í hverjum aldurhópi fjögurra ára og eldri. Breytileiki (staðalfrávik) á þyngdum eftir aldri er um 8%. og einnig er ákveðin sjálffylgni þannig að þyngdir í mikilvægum aldurshópum eru undir eða yfir meðaltali nokkur ár í röð (mynd 1). Það að flestir aldursflokkar sem eru uppistaða í veiði fylgi sama þyngdarmynstri bendir til að flestir upplifa svipuð fæðuskilyrði. Í þorski á Íslandsmiðum eru engin merki um að meðalþyngdir séu háðar stofn- eða árgangastærð.

Í hermunum var gert ráð fyrir að þyngdir eftir aldri verði að meðaltali þær sömu og síðustu 20 ár (2000-2019). Þyngdir hvers árs eru meðalgildið margfaldað með slembiþætti með tilteknu staðalfrávik og sjálffylgni og er sama margfaldara beitt á alla aldursflokka hvert ár í hverri einstakri keyrslu (mynd 1).



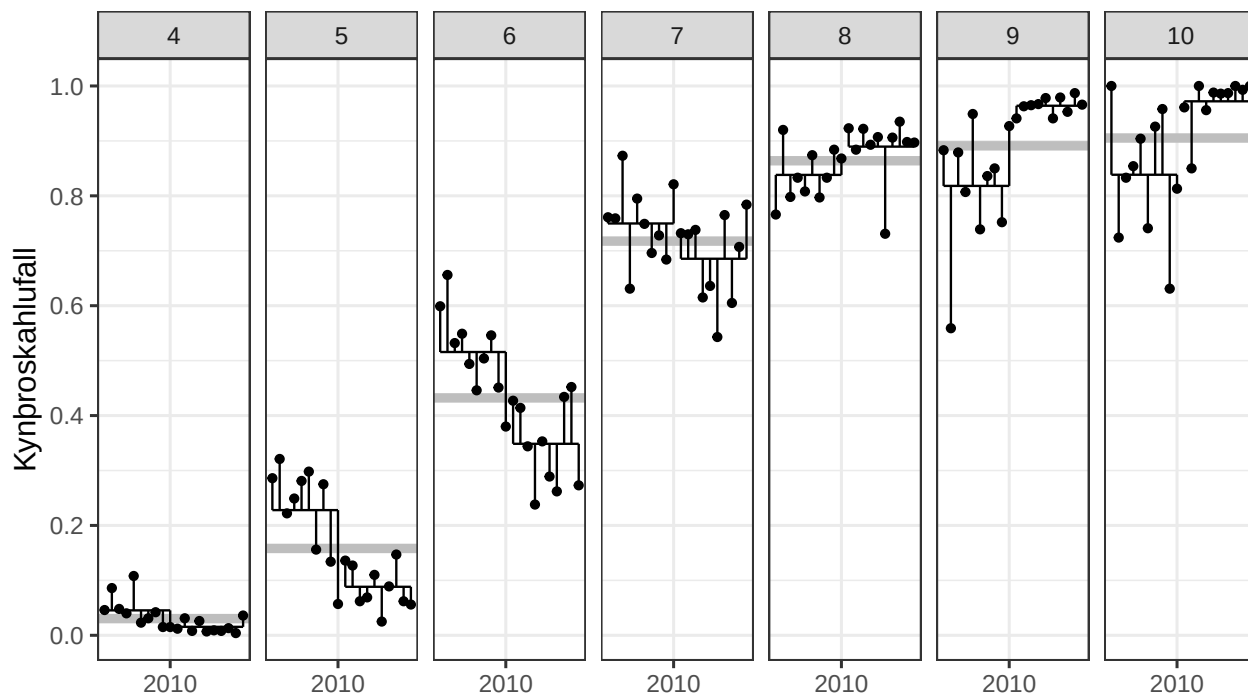
Mynd 1: Söguleg dreifing meðalþyngdar 5, 6 og 7 ára í afla síðust 40 árin sýnt sem frávik á meðalþyngdum síðustu 20 ára (gráskyggt svæði). Skyggð rauð svæði sýna 50%, 80% og 90% gilda í framtíðinni og rauða línan meðalgildið. Einnig er sýndur sem súlur einn ferill af framtíðargildum.

Aldursþyngdir voru í sögulegu lágmarki fyrir 2010 en hafa hækkað í eldri fiski (6+ ára) bæði í afla og í rölum (ekki sýnt á mynd). Þetta á sér stað þrátt fyrir að stofninn hafi stækkað, loðnustofninn minnkað og netaveiðar sem taka oftast stærsta fiskinn hafa dregist mikið saman. Hugsanlega er hluti af skýringunni að lækkanði

veiðiálag, sérstaklega meðan fiskurinn er ungur valdi því að fleiri hraðvaxta einstaklingar náði að lifa til hærri aldurs.

2.1.2 Kynþroskahlutfall

Hlutfall kynþroska fisks eftir aldri í vorralli er notaður til að reikna út stærð hrygningarstofnsins. Síðustu 20 ár hefur þynþroskahlutfall lækkað umtalsvert í sjö ára og yngri fiski en hækkað nokkuð í eldri fiski (mynd 2).



Mynd 2: Hlutfall kynþroska eftir aldri 2001-2020 sýnt sem frávik frá meðaltali tímabilanna 2001-2010 og 2011-2020, meðaltal yfir allt tímabilið sýnt sem grá lárétt lína.

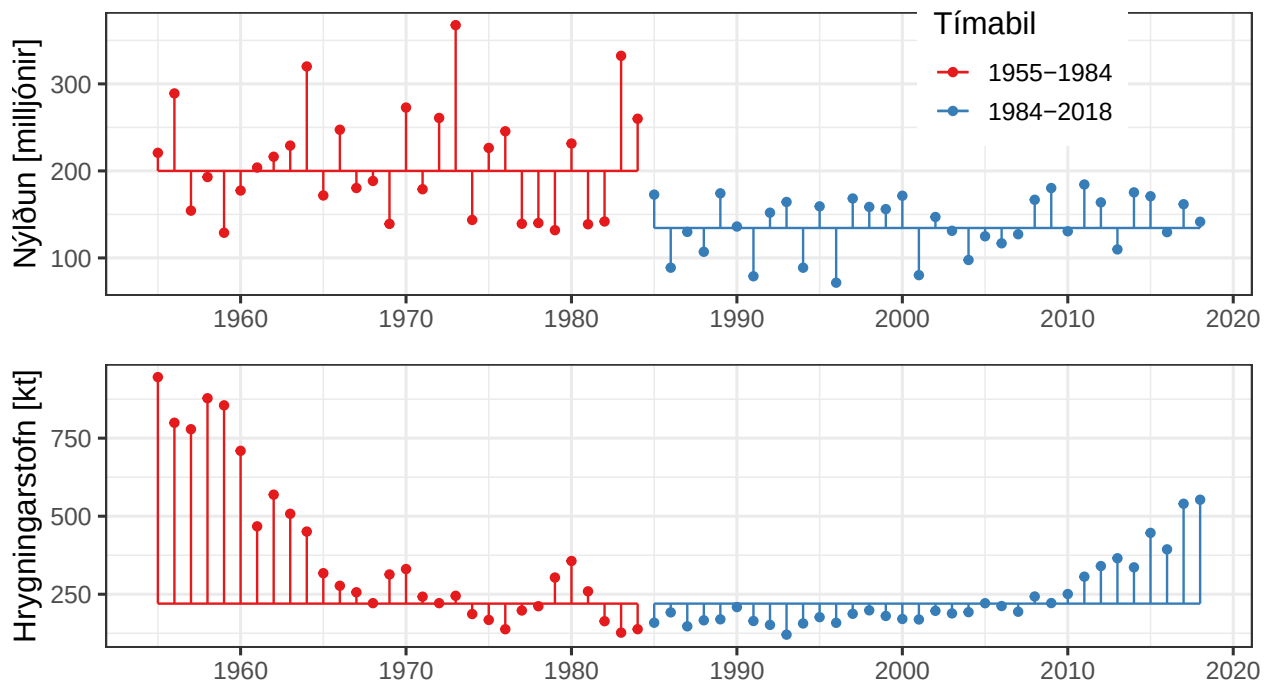
Innan marka hóflegs veiðiálags þá skiptir hrygningarstofnstærð fyrst og fremst máli þegar kemur að mati á líkum að fara undir ákveðna viðmiðunarstofnastærð. Í prófun á aflareglum var stuðst við meðalkynþroskahlutfall síðustu 10 ára en breytilegt kynþroskahlutfall einnig skoðað.

Áhrif kynþroskahlutfalls á prófun aflareglu eru líklega einna mest ef hlutfallið væri fall af meðalþyngdum eftir aldri (lág þyngd færi saman við lágt kynþroskahlutfall) eða ef kynþroskahlutfall væri neikvætt háð stofnstærð. Að öllu jöfnu leiddi hið fyrrnefnda til hærri líkinda að fara undir viðmiðunarmörk en hið síðara til lægri líkinda.

2.1.3 Hrygningarstofn og nýliðun

Mat á stærð hrygningarstofns bendir til að hann hafi verið mjög stór um og fyrir 1960 en farið ört minnkandi fram á 7. áratuginn, og verið um og undir 220 þúsund tonnum frá miðjum áttunda áratug fram að upphafi annars áratugs þessarar aldar (mynd 3). Frá 2010 hefur hrygningarstofninn hinsvegar verið yfir 220 þúsund tonn. Skipta má nýliðun þorsks í tvö tímabil: Árgangar 1955-1984 þar sem meðalnýliðun er um 200 milljónir og árgangar 1985-2018 þar sem meðalnýliðun er einungis 134 milljónir, eða um 33% lægri. Á fyrra tímabilinu nær nýliðun í einstökum árum aldrei mikið undir meðalnýliðun á síðara tímabilinu og að sama skapi nær nýliðun á síðara tímabilinu aldrei yfir meðalnýliðun fyrra tímabilsins. Merki, þó veik séu, eru um að tíðni árganga undir meðaltali aukist á síðara hluta fyrra tímabilsins en lækki á seinni hluta síðara tímabilsins.

Stærð árganga sem fall af hrygningarstofni sýnir að breytileiki í nýliðun er mjög mikill við svipaða stærð hrygningarstofns (mynd 4). Ef horft er til alls tímabilsins frá 1955 til 2018 þá má þó merkja að tíðni árganga



Mynd 3: Nýliðun og stærð hrygningarstofn sem fall af tíma. Nýliðun árganga fyrir og eftir 1984 er sýnd sem frávik frá meðaltali á þessum tveimur tímabilum. Stærð hrygningarstofns er sýnd sem frávik frá 220 þúsund tonnnum.

sem eru undir langtíma meðaltali (162 milljónir fiska) er meiri þegar stofninn er undir 220 þúsund tonnnum (21 skipti af 30, eða í 70% tilfella) en þegar stofninn er yfir 220 þúsund tonnnum (11 skipti af 34, eða í 32% tilfella). Ef hinsvegar er horft til tímabilanna fyrir og eftir 1985 eru engin sterk merki um að tíðni nýliðunar undir meðaltali hvers tímabils aukist þegar hrygningarstofn er lítill.

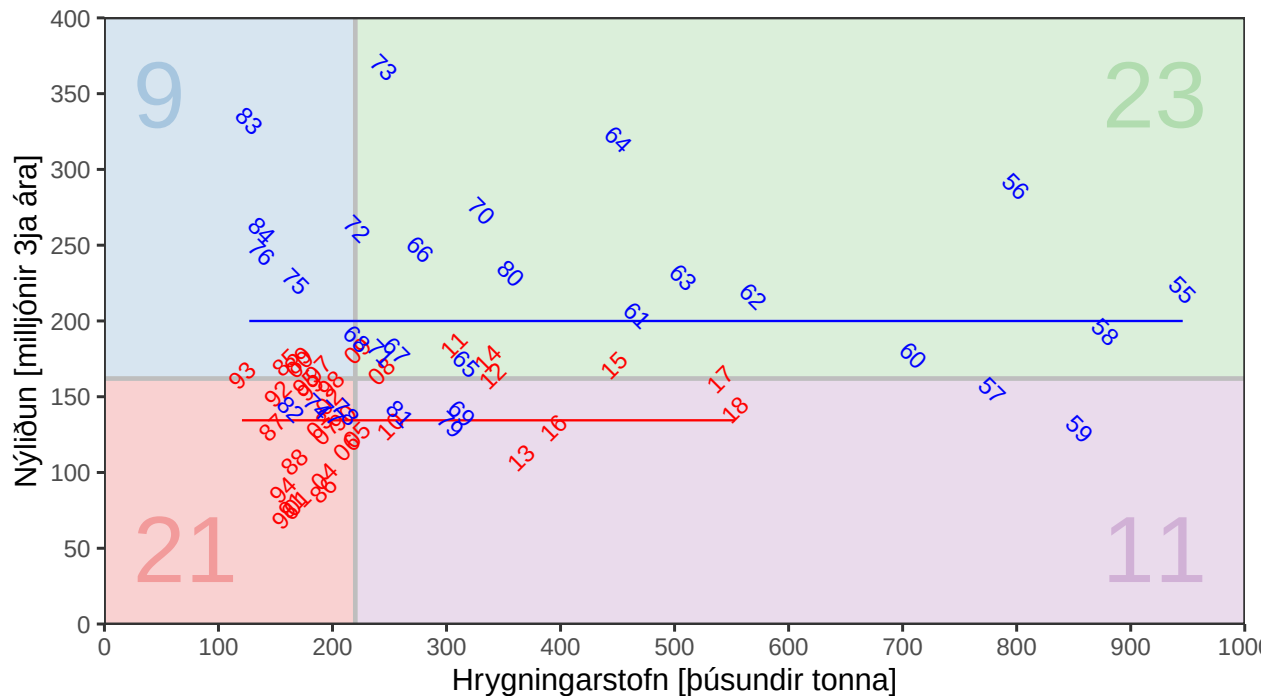
Miðað við fyrirbyggjandi gögn þá er ógjörningur að skilja á milli kenninga um að framleiðsla hrygningarstofnsins takmarki nýliðun þegar stofninn er undir um 200 þúsund tonn eða hvort afkoma eggja og ungfisks á fyrstu árum æviskeiðsins hafi breyst í kringum 1985. Tilgátan um framleiðnibreytingu fellur mun betur að gögnum en fara verður varlega í túlkun á svona atriðum í tímaröðum. Mögulega er þetta samband af þessu tvennu. Vísbendingar eru um að mögulega aukist breytileiki í nýliðun með minnkandi hrygningarstofni.

Þar sem langtímasamband hrygningarstofns og nýliðunar er óljóst var aflareglan prófuð út frá þremur mismunandi útgáfum af svokölluðu “Hockey-stick” falli. Í “Hockey-stick” falli er gert ráð fyrir að meðalnýliðun sé fasti yfir ákveðinni stærð hrygningarstofnsins (brotpunkti: SSB_{break} , R_{max}) en lækki línulega þegar hrygningarstofn er undir þeim punkti.

Útgáfurnar voru eftirfarandi:

- Hockey 1: Varanleg breyting í meðalnýliðun síðan 1985 sem og brotpunktur er metinn í líkaninu (brotpunktur fyrir hrygningarstofn þó ekki lægri en 100 þúsund tonn).
- Hockey 2: Varanleg breyting í meðalnýliðun síðan 1985 en brotpunktur hrygningarstofns festur við 200 þúsund tonn.
- Hockey 3: Ekki er tekið tillit til lækkunar í meðalnýliðun og brotpunktur er metinn í líkaninu (brotpunktur fyrir hrygningarstofn þó ekki lægri en 100 þúsund tonn).

Töluverð óvissa er í mati á brotpunkti og því eru einstakar hermanir framkvæmdar með mismunandi gildum á brotpunktunum (mynd 5). Þegar varanleg breyting í meðalnýliðun er metin þá er brotpunktur metinn vera um og fyrir neðan sögulegar stærðir hrygningarstofns og miðgildi nýliðunar metið um 134 milljónir fiska (mynd 5) og nýliðun lækkar ekki fyrr en nokkuð undir um 130 þúsund tonna hrygningarstofnstærð. Ef brotpunktur er festur við 200 þúsund tonna hrygningarstofn þá lækkar eðlilega nýliðun undir þeim punkti en



Mynd 4: Nýliðun þorsks sem fall af hrygningarstofni. Hallandi tölur tákna árgang, árgangar 1955 til 1984 litaðir bláir, árgangar 1985 til 2018 litaðir rauðir - láréttar línur sýna meðalnýliðun fyrir hvert tímabil. Í myndinni eru sýndir fjórðungar sem aðgreinast miðað við meðal-langtíma nýliðun (162 milljónir fiska) og 220 þúsund tonna hrygningarstofn þar sem tölur tákna fjölda áraganga sem falla innan hvers fjórðungs.

meðalnýliðun yfir þeim punkti er um 150 milljónir fiska (þ.e. er svipuð stærð og í sögulegum gögnum eftir 1984, þegar stofninn var yfir 200 kt). Ef gert ráð fyrir að nýliðun hafi ekki lækkað og brotpunktur er metinn þá lækkar nýliðun að öllu jöfnu þegar hrygningarstofn er undir 200 þúsund tonnnum en meðalnýliðun yfir þeim punkti er um 175 milljónir fiska (þ.e. er svipuð stærð og í sögulegum gögnum þegar stofninn var yfir 200 kt).

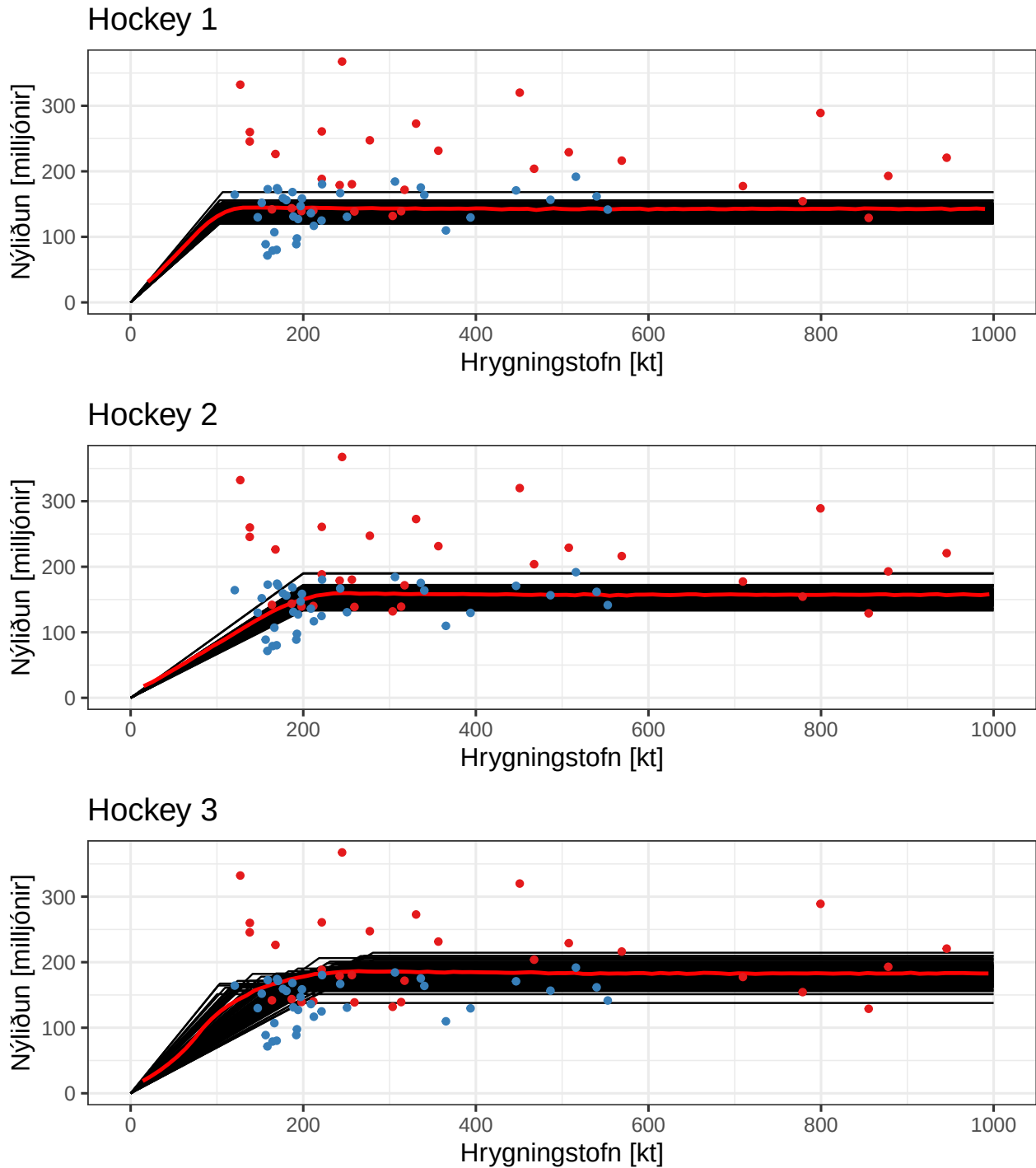
Árgangastærð framtíðarinnar er hermd með eftirfarandi hætti, innan hversrar keyrslu:

- Meðalnýliðun er reiknuð út frá stærð hrygningarstofnsins og “hockey-stick” samabandi þeirrar keyrslu (ígildi svartrar línu í mynd 5).
- Árgangastærð er slembifrávik frá þessari meðalnýliðun þar sem stærð fráviksins og sjálffylgni eru metin út frá sögulegum gögnum. Einnig er metinn stiki sem leyfir stærð fráviksins að breytast með stærð hrygningarstofns.

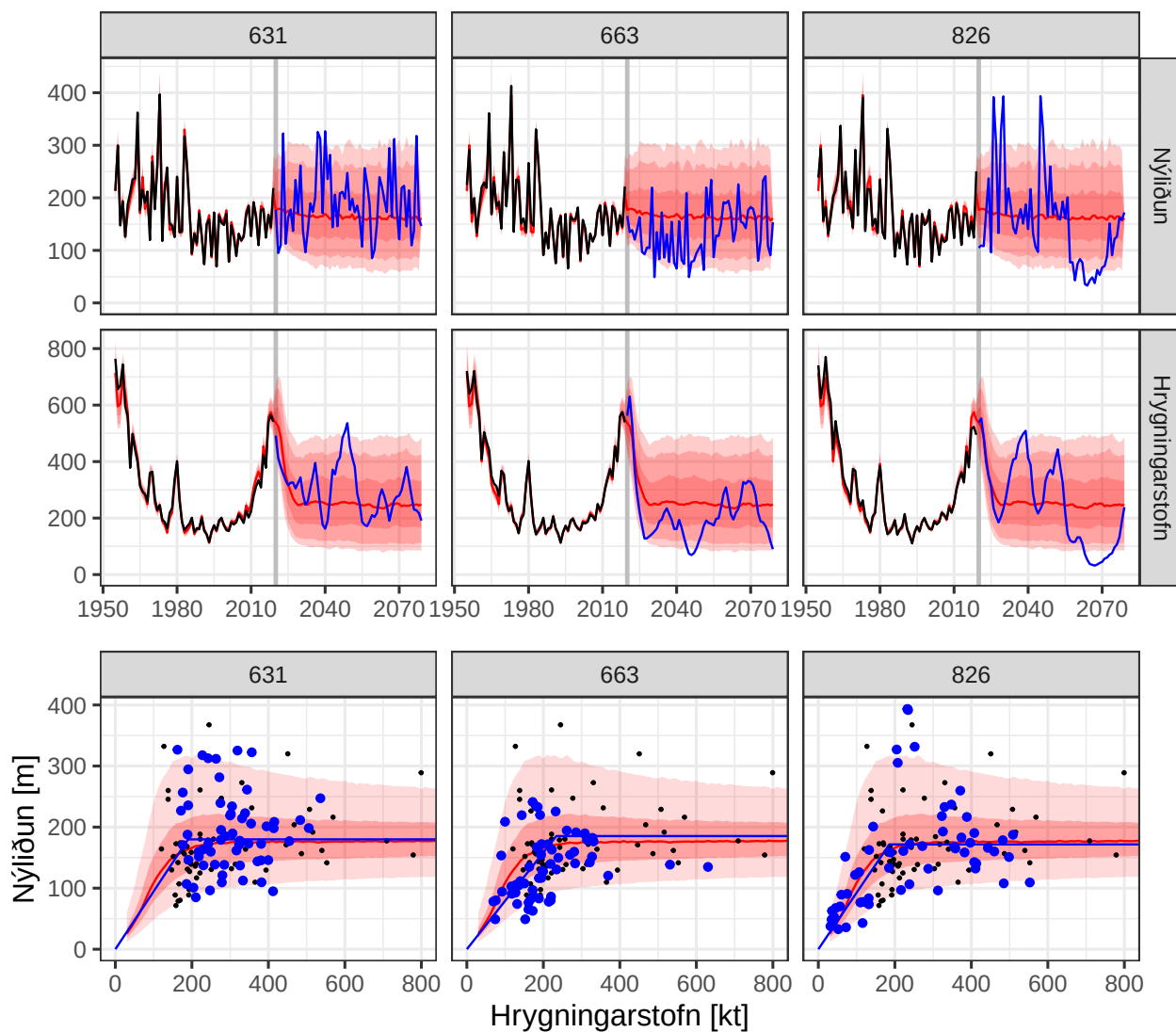
Til nánari skýringar eru sýndar niðurstöður úr þremur hermunum, þar sem forsendur í hrygningarstofns-nýliðunarsambandinu er að engin langtímabreyting hafi orðið á framleiðni og að veiðihlutfall framtíðarinnar verði 30% (mynd 6). Stuðst er við hátt veiðihlutfall í dæminu (er reyndar u.þ.b. sögulegt meðaltal) m.a. til að draga fram að árgangastærð lækkar að öllu jöfnu þegar hrygningarstofninn fer undir brotpunktinn. Hér sveiflast stofnstærð mjög mikið í einstökum ferlum, mest vegna breytilegrar nýliðunar. Þegar hrygningarstofn er lítill þá lækkar hinsvegar meðalnýliðun og að sama skapi árgangastærð sem er slembifrávik frá meðaltalinu.

2.1.4 Aðrir líffræðilegir þættir

Í stofnmati er gert ráð fyrir að náttúrulegur dauði sé fasti, settur á 0.2 fyrir alla aldurhópa. Ef að náttúrulegur dauði er metinn þá gefur stofnmatið nú gildi nálægt þessari stærð. Erfitt er hinsvegar að meta þennan stuðul fyrir hvern aldurshóp, sérstaklega í aldurshópum sem enn eru að koma inn í veiði. Ljóst er að náttúrulegur dauði er hærri í minni og yngri fiski, sem ekki er í veiði. Hver fastur lágur náttúrulegur dauði fyrir 1 og 2 ára þorsks sem er skiptir engu máli því hann er ekki kominn inn í veiðina og mat á stærð árganga miðast yfirleitt



Mynd 5: Nýliðun þorsks sem fall af hrygningarstofni. Sýndar eru niðurstöður út frá þremur forsendum (sjá nánar í texta). Í hverjum ramma kemur fram söguleg nýliðun og hrygningarstofnstærð (rauðir punktar: 1955-1984, bláir punktar: 1985-2019, rauðir punktar), nokkur dæmi um staka hermun á sambandi hrygningarstofns og nýliðurnar (svartar línur) og meðalferlið (rauð lína)



Mynd 6: Samantektir á nýliðun og hrygningarstofni miðað við að veitt verði með 30% veiðihlutfalli. Svartar línur og punktar sýna söguleg gildi. Dökkrauða línan sýnir meðaltal og skyggðu svæðin 50%, 80% og 90% gilda. Að auki eru stakir ferlar úr þremur hermunum (bláar línur og punktar). Efri ramminn sýnir þróun nýliðunar og hrygningarstofns í tíma, neðri ramminn sýnir nýliðun sem fall af hrygningarstofni.

við 3 ára aldur. Í raun væri hentugast að nota $M = 0$ fyrir 1 og 2 ára þorsk.

2.2 Aðrir þættir

2.2.1 Stofnmatskekkjur

Þegar aflamark næsta fiskveiðiárs er ákvarðað þá er byggt á mati á viðmiðunarstofnstærð í upphafi þess árs sem stofnmatið er framkvæmt. Stofnmat á hverjum tíma er hinsvegar háð nokkurri óvissu sem endurspeglast í því að mat ákveðins árs breytist þegar síðari viðbótarmælingar um hvern árgang, bæði úr stofnmælingum og úr afla, liggja fyrir.

Til nánari útskýringar má nefna að við mat á fjölda fjögurra ára fiska á hverjum tíma (mat á þeim fjölda vegur mikið í viðmiðunarstofni, B_{4+}) liggja fyrir sjö rallmælingar (vorrall eins til fjögurra ára, haustrall eins til þriggja ára) og ein mæling á fjölda í afla (þriggja ára) á því ári sem taka þarf ákvörðun um aflamark næsta árs. Í framhaldinu bætast við viðbótarmælingar á þessum árgangi, t.d. í stofnmati fjórum árum síðar, þegar umræddur árgangur er orðinn 8 ára þá liggja fyrir samtals fimmtán rallmælingar og fimm mælingar á fjölda úr afla. Þar sem stofnmatið byggir fyrst og fremst á því að fylgja eftir þróun í hverjum árgangi í veiðum, þá leiða þessar síðari viðbótarmælingar til þess að fjöldinn þegar fiskurinn var fjögurra ára er endurmetinn. Síðara mat er talið áreiðanlegra en fyrra mat þar sem mælingar eru fleiri. Það er svo ekki fyrir en árgangur hefur gengið að fullu í gegnum veiði sem fyrir liggur líklegasta mat á fjölda fiska sem standa þurftu undir veiðinni.

Ofangreint er ástæða þess að fyrsta mat á viðmiðunarstofni (B_{4+}) á hverjum tíma breytist nokkuð í stofnmati sem gert er næstu ár á eftir. Þannig var t.d. viðmiðunarstofninn árið 2011 sem lá til grundvallar ákvörðun um hámarksafla fyrir fiskveiðiárið 2011/2012 metinn 969 þúsund tonn á því ári (mynd 7). Án sveiflujöfnunar í 20% aflareglu þá hefði sú stærð þýtt að aflamark næsta árs ætti að takmarkast við: $TAC = 0.20 \times 969.000$ tonn = 194.000 tonn. Samkvæmt síðasta stofnmati (árið 2020) er hinsvegar stærð viðmiðunarstofnsins árið 2011 metin 825 þúsund tonn. Með réttu hefði því, eftir á að hyggja, aflamarkið átt að vera 165 þúsund tonn ($TAC = 0.20 \times 825.000 = 165.000$ tonn). Mismunurinn á fyrsta mati á viðmiðunarstofni (969 þúsund tonn) og númati (825 þúsund tonn) þýðir að matið árið 2011 var ~17% hærri en matið nú. Þetta er það sem kallað er stofnmatskekkja.

Söguleg stofnmatskekkja frá árinu 1970 til 2015 er sýnd á mynd 7. Meðalskekkjan (bjögun) er 6.2% yfir allt tímabilið (þ.e. kerfisbundinn söguleg “bjartsýni”), en 8.0% eftir 1990. Mesta vanmat átti sér stað árið 1979 en mesta ofmat árið 1999. Staðalfrávikid er um 0.12 og metin sjálffylgni er 0.52. Með sjálffylgni er átt við að stofnmatið er nokkur ár í röð annaðhvort vanmat eða ofmat.

Stofnmatskekkja framtíðarinnar er metin út frá ofangreindum sögulegum gögnum (mynd 8) og notuð í framreikningum með eftirfarandi hætti:

- Stofnstærð í fjölda í hverjum aldursflokki er “keyrð áfram” sem þekkt stærð eitt ár fram í tímann
- Á hverju ári er viðmiðunarstofnstærðin reiknuð sem margfeldissumma af fjölda fiska fjögurra ára og eldri og aflaþyngdum eftir aldri (sjá kafla hér að ofan).
- Við ákvörðun á aflamarki næsta fiskveiðiárs er ofangreind raunstærð á viðmiðunarstofni margfölduð með stofnmatskekkju þess árs. Sú stærð, sem kalla má metna stofnstærð, er síðan notuð til að reikna aflamark næsta fiskveiðiárs miðað við aflaregluna sem verið er að prófa.
- Aflamarkið sem þannig er ákvarðað er síðan notað til þess að reikna raunstofninn áfram til næsta árs.

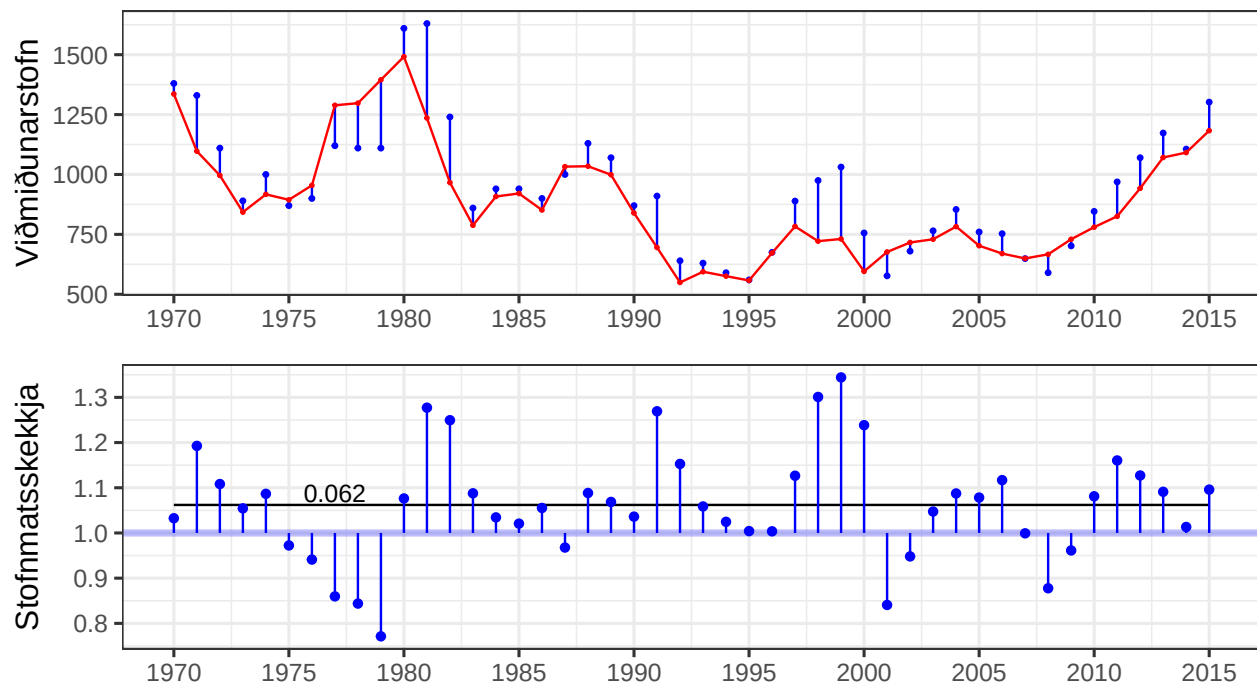
Sem dæmi má taka (til einföldunar er ekki tekið tillit aflamarks fyrra árs):

- Raunstofnstærð á einhverju framtíðarári er 1200 þúsund tonn.
- Stofninn er vanmetinn um 15%
- Stofnstærðin sem aflamarkið er byggt á er því:

$$0.85 \times 1200\,000 = 1\,020\,000 \text{ tonn}$$

- Aflamarkið, ef til dæmis væri verið að skoða 20% aflareglu er því:

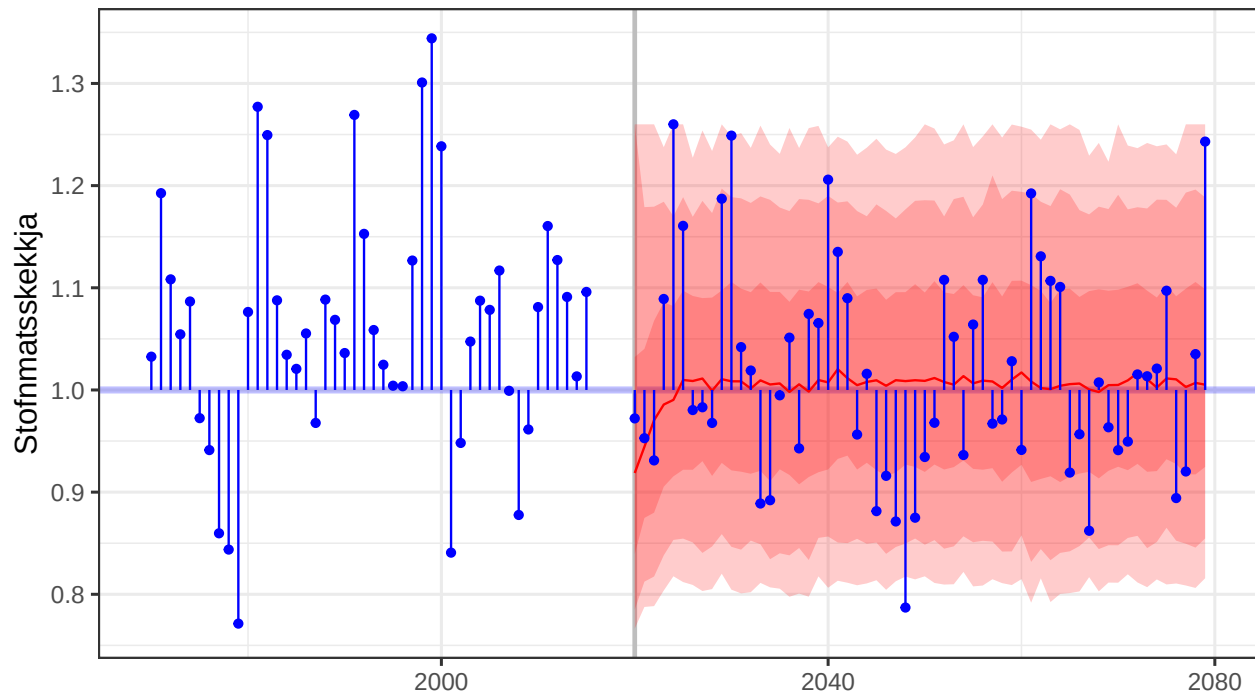
$$TAC = 0.20 \times 1020\,000 = 204\,000 \text{ tonn}$$



Mynd 7: Söguleg stofnmatssekkja. Efri mynd: Núverandi (stofnmat 2020) mat á viðmiðunarstofni (rauð lína) og stofnmat á hverjum tíma (bláir punktar). Frávik eru táknud með blárri lóðréttri línu. Neðri mynd: Hlutfallsleg frávik eru sýnd með bláum litum og bjögun með láréttri línu). Ef stofnmatssekkjan er engin ákveðið ár er gildi sekkjunnar 1.00. Ef gildið er 1.20 þýðir það ~20% ofmat það ár og samsvarandi þýðir gildið 0.80 ~20% vanmat það ár.

- Þessi afli er síðan umreiknaður í fjölda fiska og dreginn frá stofninum.

Í ofangreindu tilviki, þar sem stofninn er vanmetinn á því ári sem ákvörðun um aflamark er tekin, verður raunverulegt veiðihlutfall 17% ($\frac{204kt}{1200kt} \times 100$). Þar sem minna er tekið úr stofninum en stefnt var að, þýðir þetta að fjöldi fiska sem eftir lifa verður meiri en ella. Þessi (meiri) fjöldi er grunnur að stofnstærð næsta árs, til viðbótar við nýliðun sem bætist í stofninn á því ári. Og svo koll af kolli. Að sama skapi, mun ofmat á stofninum leiða til þess að gefið er út of hátt aflamark og skila sér í færri eftirlifandi fiskum en ætlunin var á næsta ári.



Mynd 8: Söguleg stofnmatssekkja (bláir punktar) og frávik frá númati (lóðréttar bláar línur) ásamt dæmi af einu stofnmatssekkjuferli framtíðarinnar. Meðaltal gilda í framtíðinni er sýnt sem rauð lína en skyggðu svæðin tákna 50%, 80% og 90% gilda. Ef að stofnmatssekkjan er engin ákveðið ár jafngildir það því að stofnmatssekkjan sé 1.00. Ef gildið er 1.20 þýðir það að ~20% ofmat það ár og samsvarandi þýðir gildið 0.80 20% vanmat það ár.

Í framreikningunum er ekki gert ráð fyrir að kerfisbundin söguleg “bjartsýni” fiskifræðinga muni halda áfram. En ef slíkt kerfisbundið ofmat heldur áfram er það ígildi þess að veiðihlutfallið yrði að öllu jöfnu um 7% herra en stefnt er að. Þetta svarar til þess að ákvörðun um aflamark byggir að meðaltali á um 21.5% veiðihlutfalli þegar veiðireglan sem notuð er til grundvallar er 20%. M.ö.o. mat á 20% aflareglunni ættu að byggja á niðurstöðum byggðum á 21.5% veiðihlutfalli.

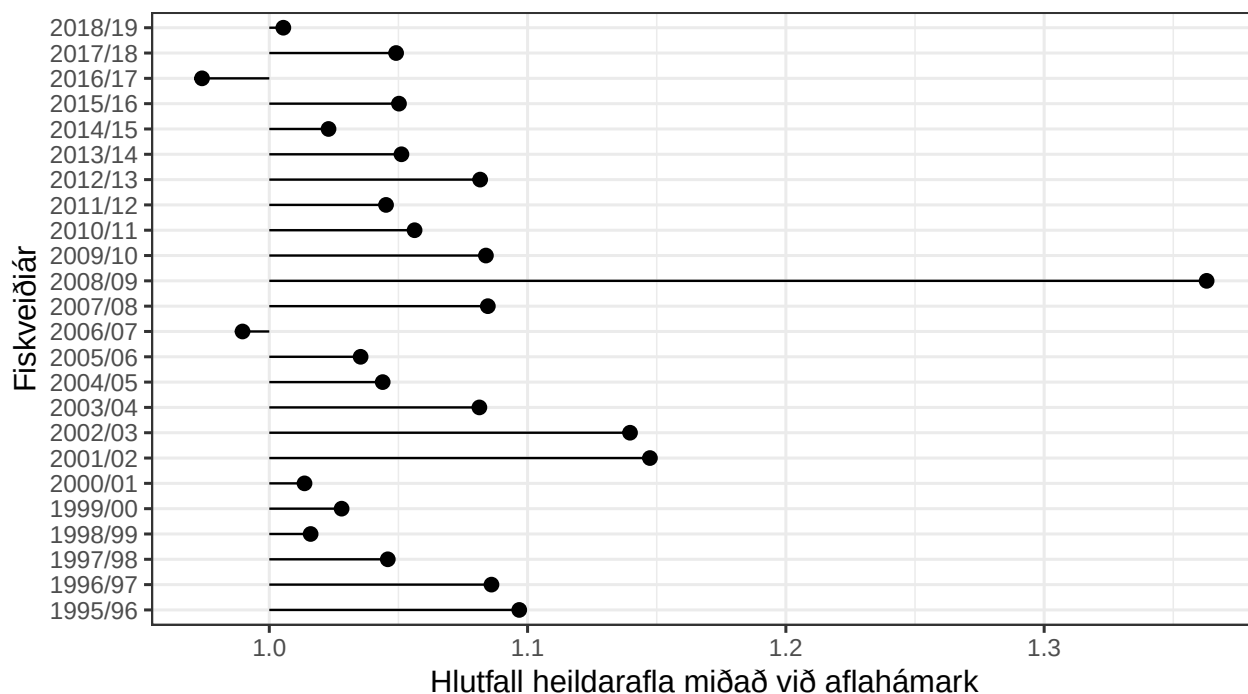
2.2.2 Tilfærslur á aflamarki milli ára

Tilfærslur á aflamarki milli ára eru ekki teknar með í hermuninni en ættu að hafa lítil áhrif á niðurstöður svo lengi sem þær eru að meðaltali núll.

2.2.3 Afli umfram aflareglu

Stjórnvöld byggðu ákvörðun um hámarksaflamark á aflareglu í fyrsta sinn fyrir fiskveiðiárið 1995/96. Flest fiskveiðár hefur afli hinsvegar verið meiri en sem nemur þessu hámarki (mynd 9) eða að jafnaði um 6.6%. Ástæður þessa má fyrst og fremst rekja til þess að við úthlutun ráðuneytis hefur sá hluti af hámarksaflamarkinu sem “tekinn er frá” áður en úthlutað er á aflamarksskip verið kerfisbundið vanáætlaður.

Í hermununum er ekki gert ráð fyrir að afli haldi áfram að vera kerfisbundið yfir því sem gert er ráð fyrir í aflareglu. Að jafnaði samsvarar hvert 5% yfirskot í afla umfram aflareglu því að skoða niðurstöður úr hermunum fyrir aflareglu sem er með 1% hærra veiðihlutfall.



Mynd 9: Hlutfall heildarafla miðað við hámarksafla samkvæmt aflareglu hvers tíma.

3 Viðmiðunarmörk og mat á aflareglum

Nálgun Alþjóðahafrannsóknarráðsins við ráðgjöf um veiðar í einstaka stofnum byggir á markmiði um að hámarksafurkastur náist til lengri tíma litið. Til viðbótar er byggt á varúðarnálgun þannig að litlar (<5 %) líkur séu á því að hrygningarstofn fari undir mörk (B_{lim}) þar sem nýliðun virðist að öllu jöfnu lækka. Aflareglur eru eingöngu metnar út frá varúðarnálgun.

Í tengslum við mat á aflareglunni árið 2009 voru skilgreind formleg viðmiðunar og varúðarmörk fyrir þorsk. Formleg skilgreining Alþjóðahafrannsóknarráðsins á varúðarmörkum (B_{lim}) er sú stærð hrygningarstofns þar sem nýliðun minnkar verulega. Aflareglur eru venjulega metnar út frá því að minni en 5% líkur séu á að hrygningarstofninn fari undir B_{lim} .

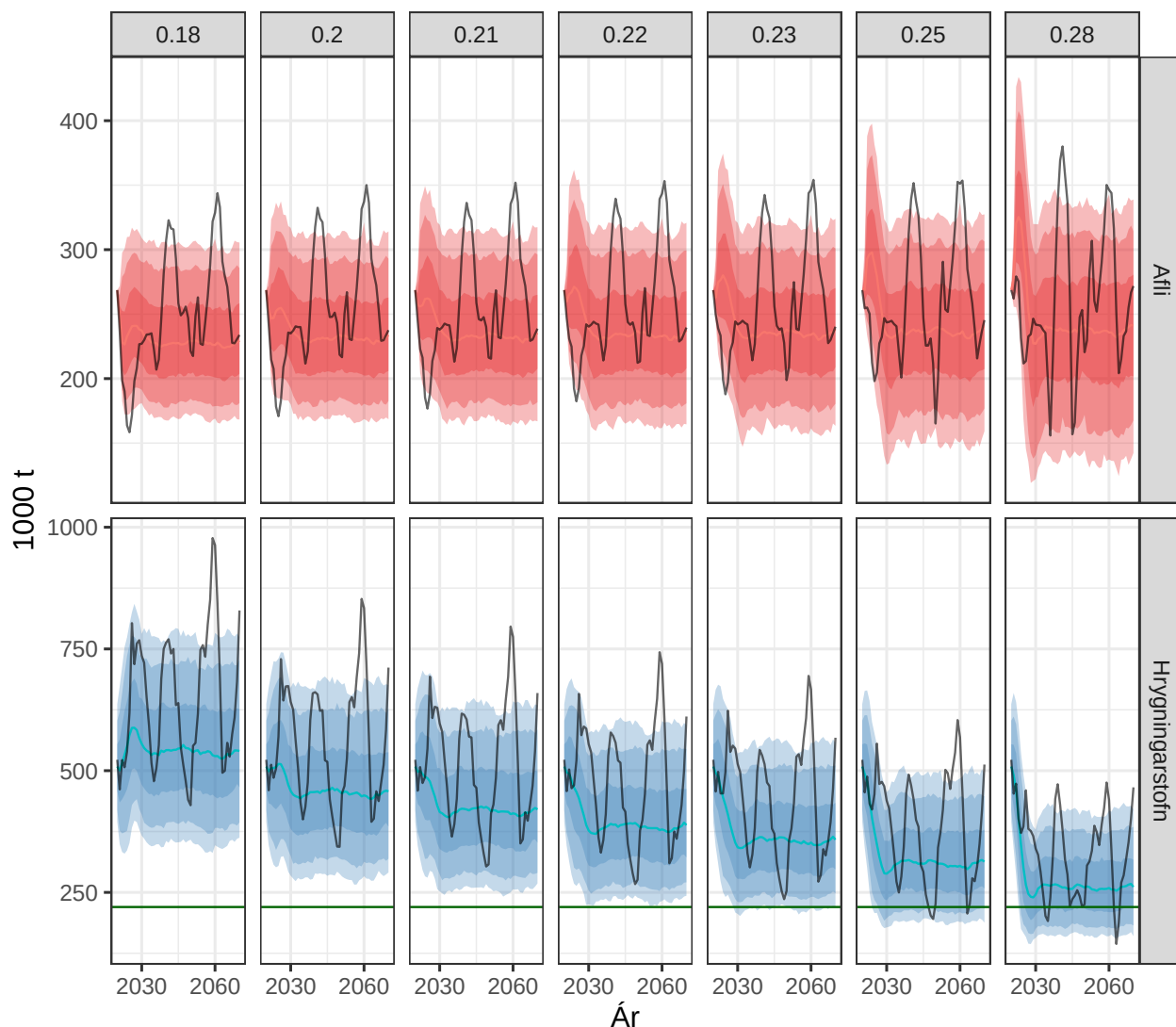
Varúðarmörk (B_{lim}) í íslenska þorskstofninum eru skilgreind tiltölulega lág, við 125 þúsund tonna hrygning-arstofn sem er sögulegt lágmark. Þessi skilgreining byggði á því að framleiðslugeta stofnsins í formi nýliðunar hefði til langframa lækkað eftir 1985 og að innan tímabilanna fyrir og eftir væri engin sterk merki um að nýliðun lækki þegar hrygningarstofninn er lítill. Ef hinsvegar er **ekki** horft til breytinga á framleiðslugetu um 1985 er líklegast að mörkin væru skilgreind við um 220 þúsund tonna hrygningarstofn. Í því ljósi hefur aflareglan ætíð verið metin út frá líkum á því að fara undir $B_{trigger}$ í aflareglunni (220 þúsund tonn).

Rétt er að halda til haga að Alþjóðahafrannsóknarráðið hefur ekki formlega gengið frá almennum ramma um hvernig beri að skilgreina langtímabreytingu í framleiðslu stofns né hvernig skilgreina beri viðmiðunarmörk í slíkum tilfellum. Sú vinna stendur nú yfir. Íslenski þorskstofninn er líklega eina tilfellið þar sem tekið hefur verið tillit til þessa þegar varúðarmörk (B_{lim}) voru skilgreind.

4 Niðurstöður

4.1 Núverandi aflaregla

Samantekt á áhrifum veiðihlutfalls á bilinu 0.18 til 0.28 á afla (mynd 10) sýnir að til lengri tíma helst meðalafli nokkuð svipaður óháð veiðihlutfallinu, en breytileiki í afla eykst eftir því sem veiðihlutfallið hækkar. Aukinn breytileiki skýrist að mestu af því að með hækkanði veiðihlutfalli eru færri árgangar í veiði og sveiflur því háðari breytileika í nýliðun. Hækkað veiðihlutfall leiðir til þess að stofninn verður að öllu jöfnu minni og líkur aukast á því að hrygningarstofninn fari undir 220 þúsund tonn. Til skemmri tíma litið er vissulega ávinningur hvað varðar afla af því auka veiðihlutfallið frá því sem nú er. Sá skammtíma ávinningur skapast hinsvegar fyrst og fremst af því að gengið er á höfuðstólinn, þ.e. veiðistofninn.



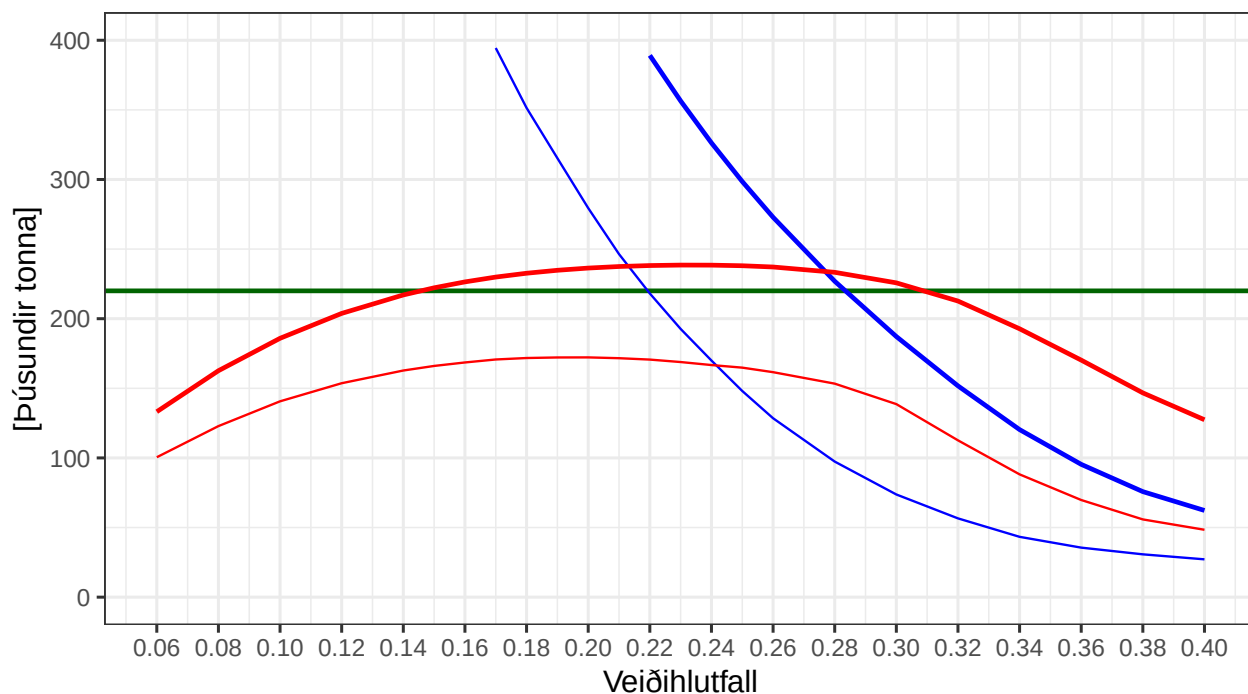
Mynd 10: Þróun afla og hrygningarstofns miðað við mismunandi veiðihlutfall. Skyggð svæði sýna 50%, 80% og 90% gilda. Að auki sést einn stakur ferill (svört lína). 220 þúsund tonna hrygningarstofn (gátmörk) er dregin sem lárétt græn lína.

Við mat á veiðihlutfalli sem gefur hámarksafurkastur er meðalgildi afla reiknað eftir að aflareglunni hefur verið beitt í langan tíma og einnig er skoðað lægra 5% gildi af stærð hrygningarstofnsins (mynd 11). Hér eru gögnin tekin saman fyrir síðustu 10 árin þar sem veiðihlutfallið er á lárétta ásnunum í stað tíma (sbr. mynd 10).

Langtímameðaltal sýnir að svipaður afli næst yfir tiltölulega vítt bil á veiðihlutfalli en bæði miðgildi hrygningarstofns og lægra 5% gildið falla skarpt við aukningu í veiðihlutfalli (mynd 11). Samkvæmt þeim forsendum sem gefnar hafa verið í þessari hermunum næst hámarksafrakstur við 23% veiðihlutfall (var 22% árið 2015) og miðað við kröfu um minni en 5% líkur að fara undir $B_{trigger}$ má veiðihlutfallið ekki vera meira en 22% (var 21% árið 2015). Rétt er halda til hags að hér er ekki tekið tillit til viðvarandi ofmats né að afli hefur að öllu jöfnu verið yfir settu aflamarki (sbr. kafla um stofnmatskekkjur og afla umfram aflareglu hér að ofan) en hver 5% (ofmat og/eða umframafli) eru ígildi 1% í veiðihlutfalli.

Sé litið á afleiðingar þess að hækka veiðihlutfall mun það að sjálfsögðu leiða til einhvern hækkingu á afla næstu árin meðan verið er að ganga á stofninn, en til lengri tíma litið er meðalafli svipaður hvort sem áfram er stuðst við 20% eða hvort hlutfallið verði hækkað.

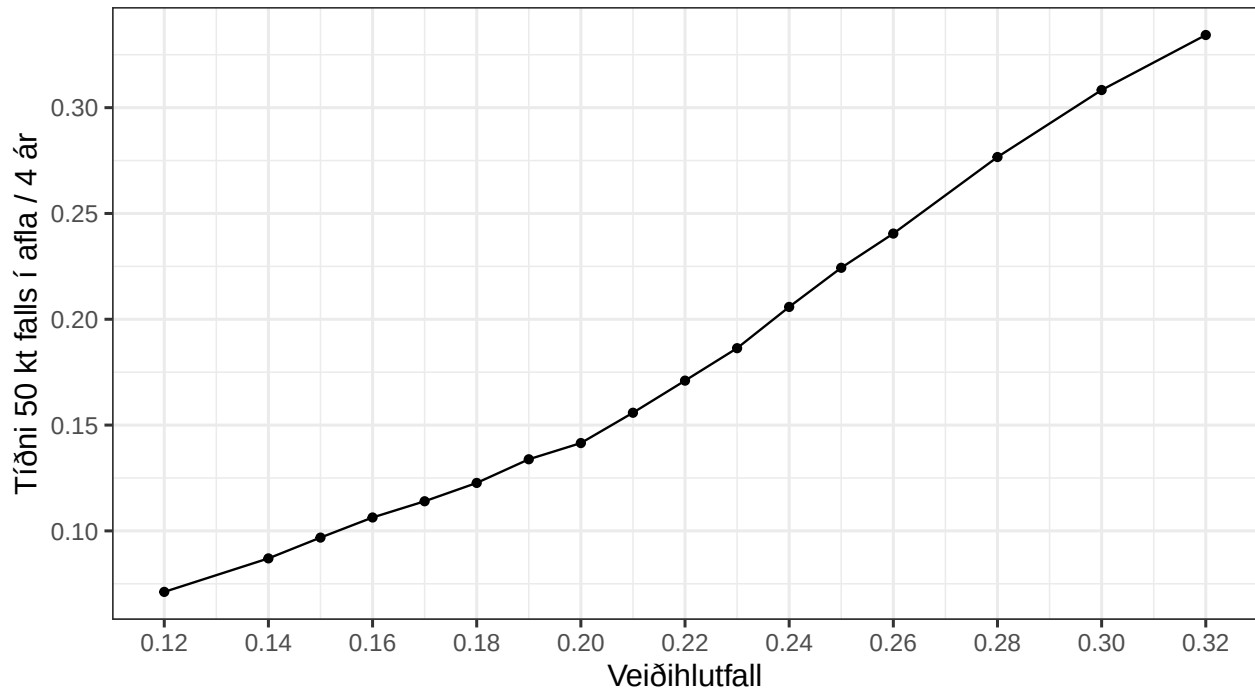
Að öllu jöfnu leiðir lægra veiðihlutfall til jafnari afla sem kemur m.a. fram í því að hámark þess afla sem næst í 5% tilfella er við 20% veiðihlutfall (mynd 11). Áhrif veiðihlutfalls á breytileika í afla má einnig sjá ef skoðuð er tíðni tilvika þar sem afli minnkar um meira en 50 þúsund tonn á 4 ára tímabili (mynd 12). Hér kemur fram að með hækkingu veiðihlutfalli fjölga tilvikum þar sem afli fellur um meira en 50 þúsund tonn á fjórum árum, að hluta vegna þess að metinn stofn er lægri en $B_{trigger}$ þannig að sveiflujöfnun fellur út.



Mynd 11: Meðalafli (feit rauð lína) og afli sem næst í 5% tilfella (rauð lína), meðal hrygningarstofn (feit blá lína) og hrygningarstofn sem næst í 5% tilfella (blá lína) á móti veiðihlutfalli. Græn lárétt lína sýnir gátmörk ($B_{trigger}$).

Mismunandi nýliðunarsambanda sem voru prófuð höfðu óveruleg áhrif á niðurstöður varðandi hámarksafrakstur og gátmörk: Hámarksafrakstur náðist á bilinu 0.22-0.23 og gildin á 5% líkum að fara undir $B_{trigger}$ voru 0.22 og 0.24.

Rétt er að ítreka að þó að samantektartölfræði eins og meðal- og miðgildi eða 90% dreifing á öllum hermunum gefi tilefni til væntinga um mikinn stöðugleika í stofni og afla þá er slíkt ekki raunin ef horft er til einstakra ferla í hermunum (sbr. t.d. myndir 6 og 10).



Mynd 12: Tíðni tilvika þar sem afli minnkar um meira en 50 þúsund tonn á 4 ára tímabili sem fall veiðihlutfalli.

Tafla 1: Lykilniðurstöður þegar beitt er mismunandi afbrigði af sveiflujöfnun (sjá texta).

liður	Minnkandi	Bæði	Stækkandi
Meðalgildi afla	237.737	236.589	235.208
Miðgildi afla	234.242	233.421	231.577
5 prósent afla	170.186	171.704	169.493
Staðalfrávik afla	45.450	42.831	42.985
Meira en 50 þúsund tonna minnkun afla á 3 árum	0.175	0.141	0.159
Meira en 20% breyting afla á 3 árum	0.361	0.299	0.350
Meðalgildi hrygningarstofns	454.393	491.506	527.972
5 prósent gildi hrygningarstofns	287.258	307.075	348.712

4.2 Sveiflujöfnun

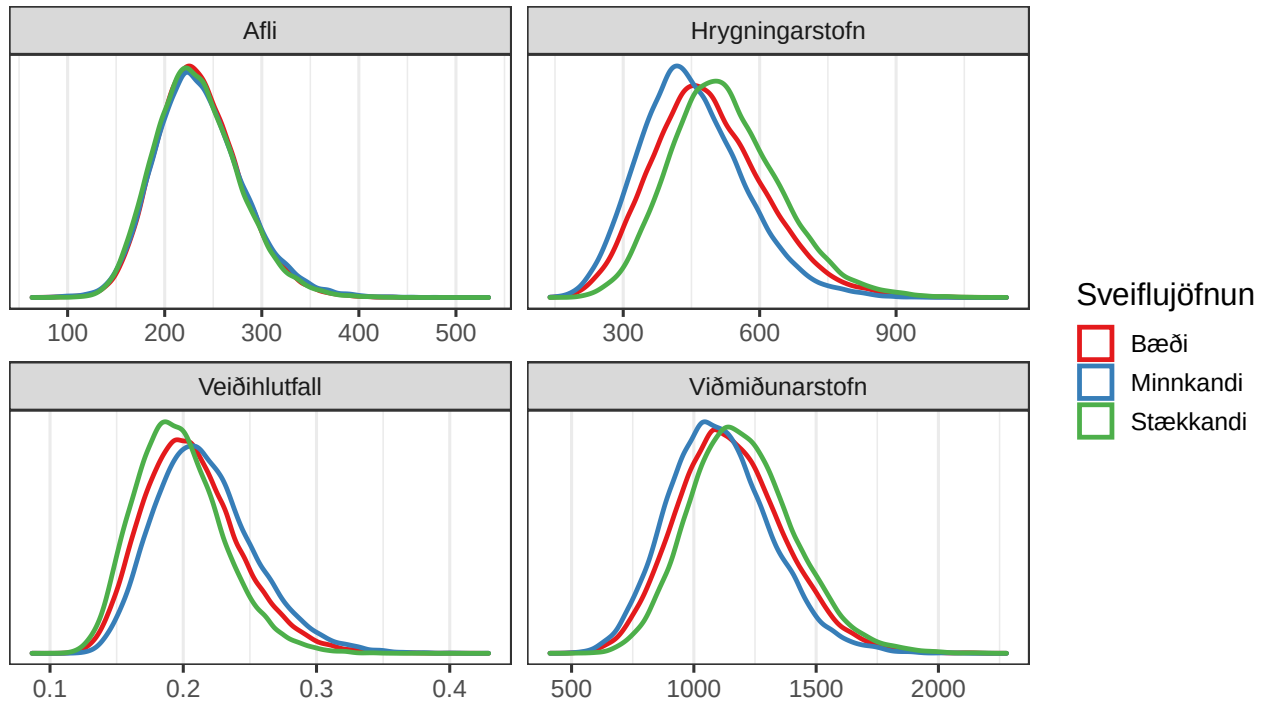
Í núverandi aflareglu er sveiflujöfnun þannig að aflamark síðasta fiskveiðiárs vegur til helminga á móti afla samkvæmt 20% hlutfalli veiðistofnins samkvæmt stofnmati ársins. Prófuð voru tvö afbrigði af sveiflujöfnun: 1) Stuðst við sveiflujöfnun þegar stofn er minnkandi, 2) Stuðst við sveiflujöfnun þegar stofn er stækkandi. Sveiflujöfnun sem er bara beitt þegar stofn er stækkandi leyfir hærri veiðihlutfall og sveiflujöfnun sem er bara beitt lægra borið saman við núverandi aflareglu.

Niðurstöður sýna (Tafla 1 og mynd 13):

- Ef sveiflujöfnun er beitt þegar stofn er minnkandi verður veiðihlutfallið að öllu jöfnu hærri og stofnstærð því lægri en ef sveiflujöfnun er beitt þegar stofn er stækkandi. Þegar sveiflujöfnun er beitt í báðum tilvikum (núverandi form á aflareglu) þá liggja stærðirnar á milli.
- Meðalgildið og líkindadreifing á afla er mjög svipuð í öllum tilvikum en breytileiki er meiri í ósamhverfum sveiflujöfnunum.

Tafla 2: Lykilniðurstöður þegar beitt er mismunandi afbrigði aflareglu (sjá texta).

liður	Eins þrepa regla	Tveggja þrepa regla 1	Tveggja þrepa regla 2
Meðalgildi afla	236.589	238.061	238.802
Miðgildi afla	233.421	229.637	233.976
5 prósent afla	171.704	163.736	154.025
Staðalfrávik afla	42.831	53.895	57.400
Meira en 50 þúsund tonna minnkun afla á 3 árum	0.141	0.216	0.265
Meira en 20% breyting afla á 3 árum	0.299	0.437	0.515
Meðalgildi hrygningarstofns	491.506	447.182	398.333
5 prósent gildi hrygningarstofns	307.075	277.841	245.506



Mynd 13: Líkindadreifing á afla, stofnstærð og veiðihlutfalli þegar sveiflujöfnun er einungis beitt þegar stofn er minnkandi, einungis beitt þegar stofn er stækkandi eða bæði (þ.e. núverandi form á aflareglu).

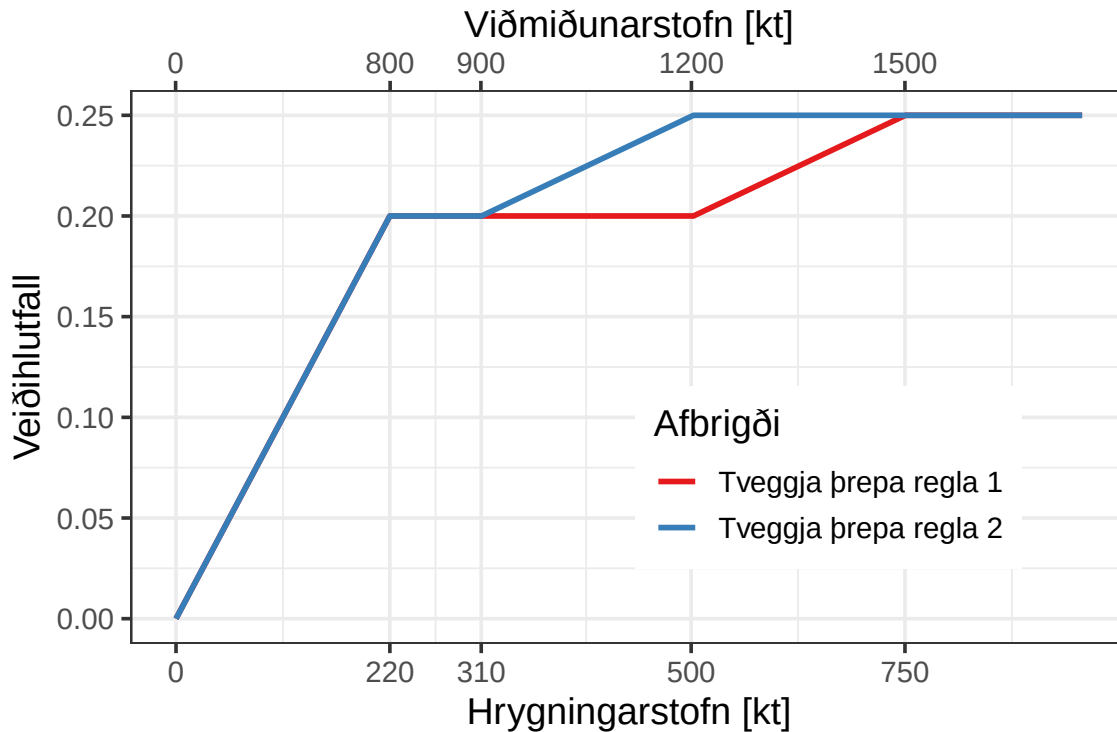
4.3 Aflaregla með breytilegu veiðihlutfalli

Til að meta áhrif breytilegs veiðihlutfalls voru prófuð tvö afbrigði af núverandi aflareglu (mynd 14):

- Afbrigði 1: Veiðihlutfall er 20% ef metinn viðmiðunarstofn er undir 1200 þúsund tonnum en aukið línulega upp í 25% þar til stofninn fór upp í 1500 þúsund tonn.
- Afbrigði 2: Veiðihlutfall er 20% ef metinn viðmiðunarstofn er undir 900 þúsund tonnum en aukið línulega upp í 25% þar til stofninn fór upp í 1200 þúsund tonn.

Niðurstaðan (Tafla 2 og mynd 15) sýnir:

- Þar sem meðalveiðihlutfall verður að öllu jöfnu herra þegar veiðihlutfallið er breytilegt verður veiði- og hrygningarstofn að öllu jöfnu minni og áhætta við að fara undir $B_{trigger}$ eykst.
- Meðalafinn breytist lítið, en breytileikinn eykst og tilvikum með lágum afla fjölgar.
- Breytileiki í raunverulegu veiðihlutfalli og veiðidaða eykst og hlutfallið fer oftast yfir 25%.



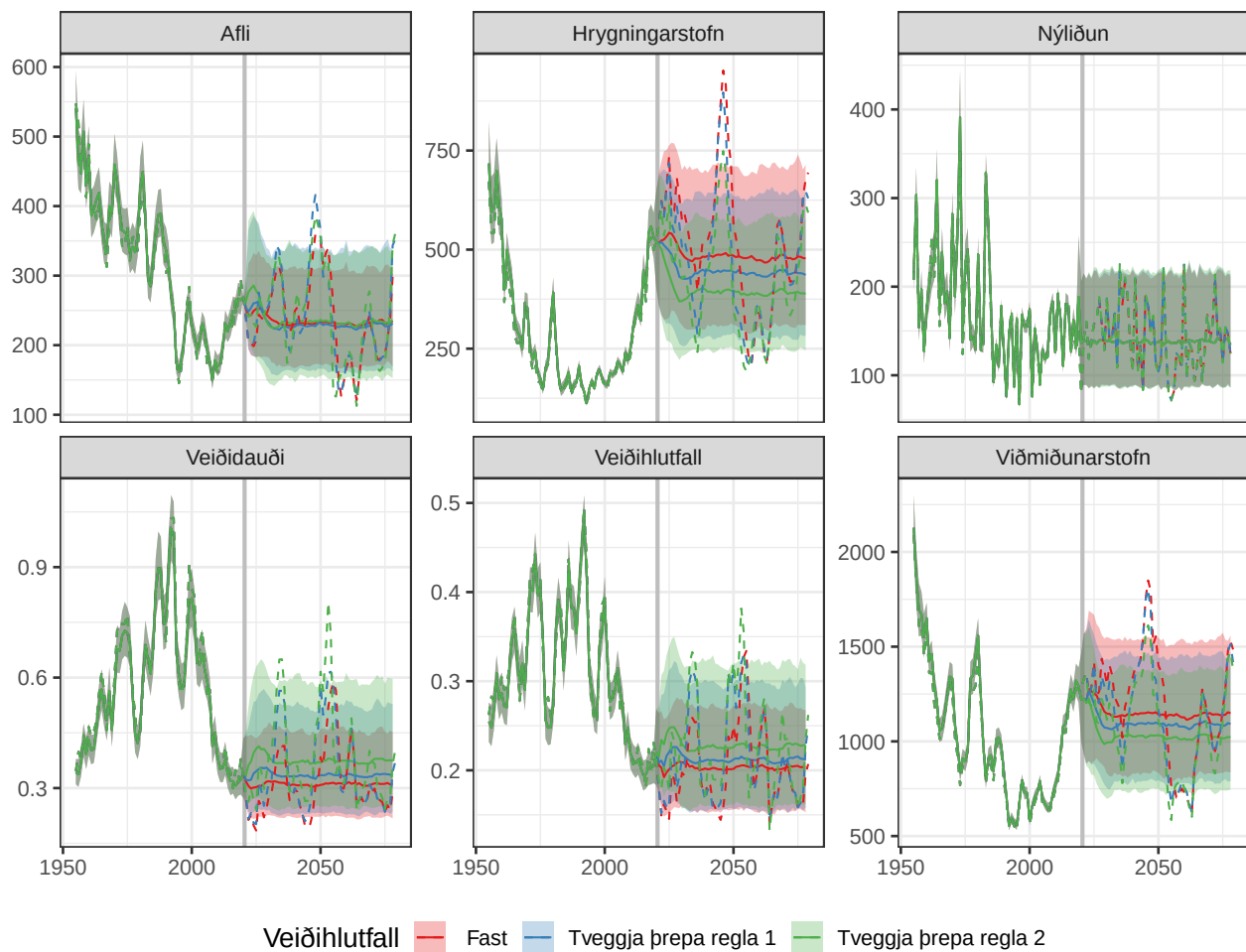
Mynd 14: Aflaregla með breytilegu veiðihlutfalli (sjá nánari skýringar í texta).

Sama lögmál gildir um margþrepa reglu með breytilegu veiðihlutfalli og þeirri reglu sem nú er í gildi þar sem veiðihlutfallið er lækkað ef hrygningarstofninn er undir 220 þúsund tonnum: Á því stofnstærðarbili sem veiðihlutfallið er breytilegt verður breytileiki í afla þeim mun meiri. Í tveggja þrepa reglu, t.d. þegar viðmiðunarstofninn er milli 1200 og 1500 þúsund tonn þá þýðir 20% minnkun í stofnstærð um 36% minnkun í afla ef engin sveiflujöfnun væri.

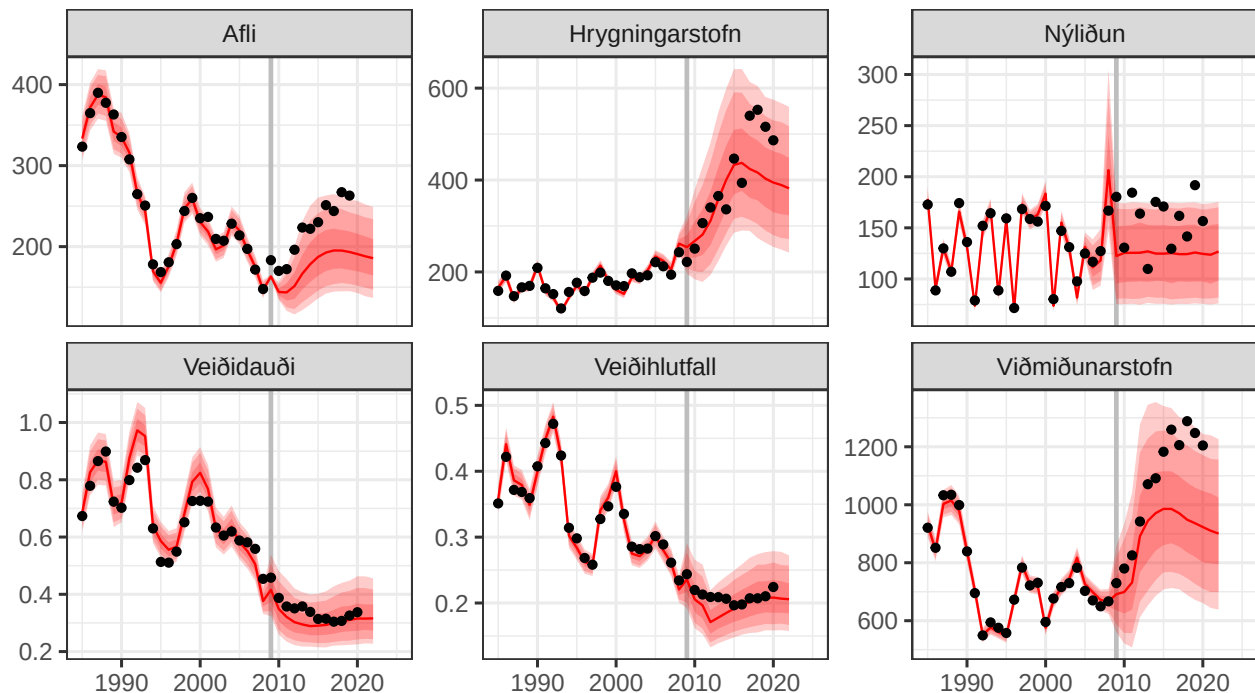
4.4 Samanburður á þróun miðað við aflahermanir árið 2009

Í hermununum sem gerðar voru árið 2009 var lagt til að veiðihlutfall framtíðarinnar yrði töluvert lægra en verið hafði undangengna áratugi og búist var við að stofninn myndi stækka og afli aukast (mynd 16) samfara aukningu á magni af stórum og eldri fiski. Árið 2009 var aflareglan m.a. prófuð út frá mjög svartsýnni forsendu um nýliðun og þá þannig að nýliðun færi aldrei yfir það sem sést hafði frá 1985. Einnig voru forsendur um meðalþyngd eftir aldri svartsýnar enda höfðu meðalþyngdir verið lágar árin á undan. Ef borin er saman þróun samkvæmt stofnmati ársins 2020 sést að nýliðun varð að öllu jöfnu betri og því er þróun í stærð stofns og í afla sem og staðan í dag í efri mörkum þess sem framreikningar árið 2009 gáfu til kynna.

Markmið með hermunum er ekki að spá nákvæmlega fyrir um þróun í framtíðinni, hvorki í stofni né afla, heldur að meta hvaða veiðihlutfall gefur hámarksafkastur sem og leiðir til þess að litlar líkur eru á að stofninn fari undir mörk þar sem árgangastærð fer að öllum líkindum minnkandi. Samanburður á spá frá árinu 2009 og síðari þróun er hinsvegar ákveðinn mælikvarði á aðferðafræðinni sem aflaregluprófanir byggjast á. Þannig var til dæmis spáð að þrátt fyrir forsendur um að nýliðun héldist áfram svipuð og eftir 1985 myndi hrygningastofninn tvöfaldast frá því sem verið hefði ef veiðihlutfall væri ákvarðað samkvæmt 20% veiðihlutfalli.



Mynd 15: Samanburður á þróun stofns og afla (miðgildi og 90% gilda) miðað við fast (rauður litur) eða breytilegs veiðihlutfalls (blár og grænn litur) og einn stakan feril (brotalínur). Sjá nánari skýringar í texta



Mynd 16: Samanburður þróun skv. hermunnunum árið 2009 ef beitt væri 20% aflareglu og stofnmati ársins 2020 (svartir punktar).

5 Kostnaður við veiðar

5.1 Inngangur

Í aflaregluvinnunni árin 1993-1994 (NN (1994)) og 2003-2004 (NN (2004)) var verið að hámarka núvirtan ábata af veiðunum í stað aflans og var reiknað með 5% ávöxtunarkröfu. Má reyndar deila um hvort 5% ávöxtunarkrafa sé réttlætánleg miðað við endurnýjanlega auðlind sem á aldrei að veiða upp. Árið 1994 var hins vegar verið að horfa á mjög mikinn samdrátt í sókn og m.a. verið að skoða hversu hratt ætti að útfæra samdráttinn. Niðurstaðan var að það borgaði sig út frá hámarksábata að hætta veiðum í nokkur ár. Var þá ekki tekið tillit til ýmissa þátta eins og taps á þjálfuðu vinnuafli í greininni og tapaðra markaðssambanda. Haglíkönunum er lýst vel í skýrslunum 1994 og 2004. Þau svipuð en þó ekki alveg eins. Þættir sem var tekið til eru:

1. Áhrif framboðs á verð. Miðað var við að verð lækki um 7% þegar framboð á þorski frá Íslandi tvöfaldast.
2. Kostnaður á sóknareiningu er fastur, en afli á sóknareiningu eykst með stærð veiðistofns í veldinu 0.7 þannig að ef veiðistofn tvöfaldast eykst afli á sóknareiningu um 62%. Veiðistofn hér er ekki sama og viðmiðunarstofn aflareglu heldur stofnstærð á miðju ári margfölduð með metnu veiðimynstri flotans. (mynd 27).
3. Að meðaltali fæst betra verð fyrir stærri fisk þó nokkur árabreytileiki sé að því hve miklu munar. Jafna byggð á gögnum frá fiskmörkuðum árið 1997 sem var notuð í vinnunni 2003-2004 gaf $p = 56.93 + 7.91W$ (NN (2004)) eða um 15% verðhækkun fyrir hvert kg í meðalþyngd.

Það sem vegur mest í haglíkaninu er minnkandi kostnaður með stærri stofni. Í haglíkaninu er verið að reikna þjóðfélagslegan ábata þannig að laun teljast ekki kostnaður. Í 1994 skýrslunni er þó rætt um fórnarkostnað, þau verðmæti sem sjómenn gætu skapað annars staðar ef þeir væru ekki á sjó. Fyrir 1994 höfðu aðrir höfundar bent á efnahagslegan ávinning af því að draga úr sókn í fiskistofna (Guðmundsson (1992)).

Það sem þá er eftir er kostnaður við skip, olú, beitu og veiðarfæri. Kostnaður við skip er að töluverðu leyti

óháður notkun þegar búið er að kaupa skipið. Verulegur sparnaður næst því ekki fyrr en skipum fækkar í samræmi við minnkaða sókn. Minnkaður olíu- og beitukostnaður kemur hins vegar strax fram og kostnaður við veiðarfæri mjög fljót.

Blandaðar veiðar geta valdið því að hagkvæmni í veiðum verður ekki eins mikil og hún getur mest orðið. Þorskur er frekar auðveidd tegund og oft er verið að eltast við aðrar tegundir í stórum hluta hvernar veiðiferðar. Þetta getur verið vísbending um að það eigi að lækka veiðihlutfall í tegundum sem er erfiðara að veiða. Þess háttar aðgerðir myndu þó ekki endilega leysa vandamálið. Þó hlutföll milli tegunda væru nokkurn veginn rétt út frá hagkvæmni veiða þyrfti það ekki að gilda um einstök fyrirtæki. Þetta hefur verið vandamál undanfarin ár, t.d. varðandi ýsu. Tengist það breytingum á útbreiðslu ýsu þar sem aukinn hluti veiðistofnsins er á norðarmiðum. Aukning á sókn með línu kringum aldamótin skapaði einnig vandamál, en tegundasamsetning í afla línubáta er töluvert ólík því sem fæst í net og botnvörpu sem voru þau veiðarfæri sem var skipt úr. Virðast mörg fyrirtæki ekki hafa náð að breyta samsetningu aflaheimilda til samræmis við aflasamsetningu á línu.

Undanfarin ár hefur vaxandi hluti afla verið fluttur út ferskur. Mikil áhersla er lögð á að þessi fiskur sé nýveiddur þegar honum er landað og haga útgerðarmenn togara veiðiferðunum þannig að sem mest af þorski er veitt síðustu 2 dagana fyrir löndun. Þetta skapar ákveðin meðaflavandamál í fyrri hluta lengri veiðiferða, en sýnir einnig mikilvægi þess að hafa veiðar hóflegar svo fljótlegt sé að veiða fiskinn, því væntanlega fæst betra verð fyrir nýveiddan fisk. Mest af þeim hugleiðingum sem hér fara á eftir gilda um botnvörpuveiðar, en á undanförunum árum hafa um 43% af þorskaflanum fengist í botnvörpu en um 54% af heildarbotnfiskaflanum. Gert er ráð fyrir að hagnaður sé svipaður í veiðum með öðrum veiðarfærum.

Umhverfisáhrif er þáttur sem verður án efa fylgst með á komandi árum. Meðal atriða sem verða skoðuð má nefna.

- Áhrif veiðarfæra á botn.
- Áhrif veiðarfæra á fisk sem ekki veiðist, brottkast, möskvasmug, fiskur sem losnar af krókum o.fl.
- Olíunotkun við veiðar.

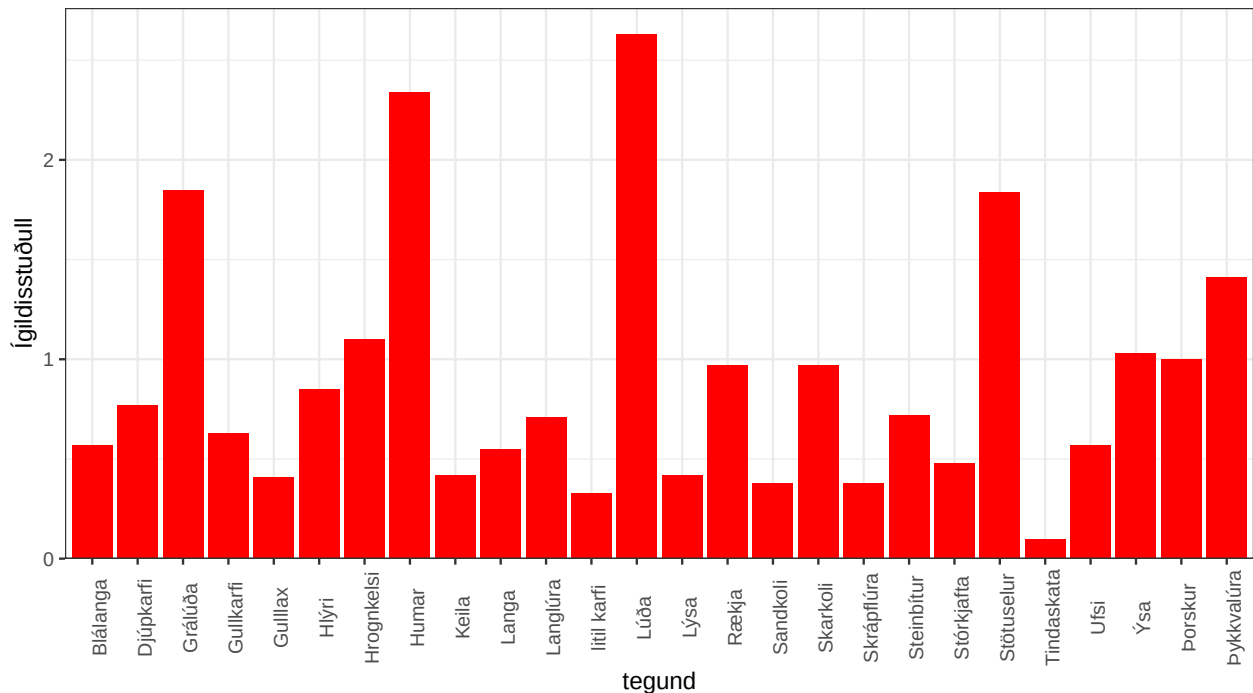
Áhrif allra þessara atriða minnka þegar veiðihlutfall lækkar. Eru áhrifin hvað skýrust í botnvörpuveiðum þar sem möskvasmug, áhrif á botn og olíunotkun minnka mikið þegar dregið er úr veiðiálagi þó afli minnki ekki til lengri tíma. Botnvörpuveiðar hafa í dag á sér neikvæðan stimpil vegna áhrifa á botn, meðafla og olíunotkunar. Góð aflabróð draga mikið úr þessum neikvæðu áhrifum þ.a mikilvægt er að viðhalda góðum aflabróðum sem er best gert með hóflegu veiðiálagi. Þó önnur veiðarfæri geti að einhverju leyti komið í stað botnvörpu verður hún nauðsynlegt veiðarfæri í flota sem nýtir botnfiska við Ísland.

5.2 Blandaðar veiðar.

Botnskipaflotinn veiðir yfir 30 tegundir. Aflamark er gefið út fyrir flestar mikilvægustu tegundirnar. Má færa aflamark milli tegunda í takmörkuðum mæli og er við tilfærsluna miðað við verðgildi tegundar í þorskígildum (mynd 17). Þetta gildi er byggt á verðmæti tegundar. Það tekur hins vegar ekki tillit til kostnaðar við að veiða tegund sem getur verið mjög misjafn. Sem dæmi hefur aflamark ufsa ekki verið veitt í nokkuð ár. Það tengist líklega því að ufsi er mikið upp í sjó og þá ekki aðgengilegur fyrir botnlæg veiðarfæri. Veiðihlutfall hjá ufsa var sögulega aldrei hátt, jafnvel þegar veiðar voru ekki kvótabundnar. Áður var þriðjungur ufsaaflans tekin í beinum veiðum í net en netaveiðar á ufsa lögðust að mestu af fyrir meira en 25 árum. Aukning línuveiða leiðir einnig til minni ufsaafla.

Annað dæmi er úthafsækja þar sem olíukostnaður sem hlutfall af verðmæti afla var fjórfaldur á við botnfiskaveiðar (Björnsson (2004)) og veiðarnar borga sig ekki nema stofninn sé stór. Aflamarkið hefur því ekki verið veitt og ekki má færa rækju í aðrar tegundir. Það sem veldur háum olíukostnaði við rækjuveiðar er jöfn dreifing, lítill möguleiki á að sjá þéttingar á bergmálstækjum og fínmoskva veiðarfæri.

Sumar tegundir hafa áhrif á meðafla með því að skemma (rispa) fiskinn sem er veiddur með þeim, gott dæmi er karfi. Þetta er minna vandamál hjá frystitögurum þar sem aflinn er roðrinn áður hann er frystur. Verðmæti þorsks og ýsu sem er landað ferskum með roði minnkar hins vegar. Þetta bætir við einu vandamálinu enn í blönduðum veiðum. Hægt að leysa það með því að stækka möskva þegar verið er að veiða þorsk og karfi er á



Mynd 17: Þorskígildisstuðlar fyrir nokkrar tegundir

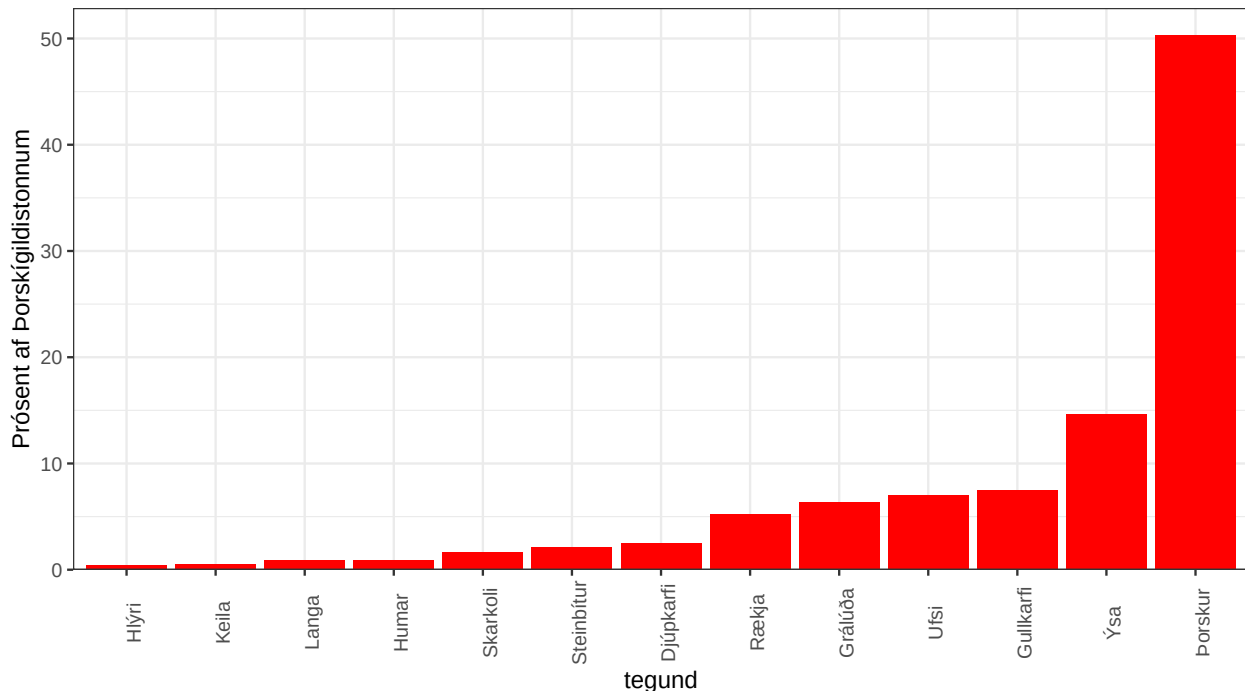
svæðinu. Notkun stórra möskva krefst þess að mest af þorskinum sé stór ella sleppur meira af þorski gegnum möskvanna en kemur á dekk. Hátt hlutfall stórs þorsks fæst með því að hafa lágt veiðihlutfall.

Meðaðla í úthafsækjuveiðum (grálúðu og þorsk) verður að flokka frá rækjuafnanum og koma í sér poka, annars verður hann verðlítill. Þessi flokkun var ekki leyfð þar til fyrir nokkrum árum síðan en er nauðsynleg ef rækjuveiðarnar eiga að skila ágóða. Svo er sér umræða hvort það eigi að nota meðaðla til að réttlæta rækjuveiðar. Þorskur sem meðaðli í net sem liggja langan tíma, eins og grásleppunet, grálúðunet og skötuselsnet er verðlítill en þorskanet liggja í dag aðeins nokkra klukkutíma til að forðast dauðblóðgaðan fisk.

En hverjir eru þættirnir sem gera veiðar á tegund hagkvæmar.

- Torfumyndun, sérstaklega ef torfur sjást á bergmálsmaelum eða eru á þekktum stöðum. Dæmi eru þorskur og karfi. Torfunar geta horfið þegar veiðihlutfall verður hátt.
- Tegundir með frekar jafna dreifingu og/eða tegundir sem sjást ekki á bergmálsmaelum er yfirleitt frekar dýrt að veiða. Dæmi er úthafsækja þar sem olúkostnaður er mjög hár og veiðar hætta fljótt að borga sig.
- Dýrara er að veiða lítil dýr en stór, meira viðnám í veiðarfærum vegna smærri möskva. Dæmi rækja.
- Tegundir sem fást í mörg veiðarfæri er auðveldara að veiða (erfiðara að forðast). Þorskur fæst í nánast öll botnlæg veiðarfæri og ýsa í þau mikilvægustu. Hvaða veiðarfæri flotinn notar ræðst auðvitað af því hvað er mikilvægasta tegundin.
- Stofnstærð er mikilvægur þáttur og það sem er kallað sóknartegund er yfirleitt frekar algeng tegund. Samt gætu skipstjórar verið að leita eftir tegund sem er ekki stór hluti aflans en þeir ætla sér að fá sem mest af henni. Stofnstærð í þessu samhengi vísar í verðmæti stofnsins.
- Tegundir í háu verði eru frekar ofveiddar, enn frekar ef auðvelt er að veiða þær.

Sé lítið á þorsk í þessu samhengi er það frekar verðmæt tegund sem hefur tilhneigingu til torfumyndunar og veiðist í margar tegundir veiðarfæra



Mynd 18: Skipting þorskígildistönnna botnlægra tegunda 1994-2019.

Sé litið á tímabilið 1994-2019 er þorskur um 50.3% af heildar verðmæti (þorskígildistönnnum) botnveiðiflotans, ýsa 14.6%, gullkarfi 7.5%, ufsi 7.0%, grálúða 6.3% , rækja 5.2% og humar 0.9% (mynd 18). Breytileikinn í þessum hlutföllum hefur verið töluverður á tímabilinu, fyrir árið 2000 var rækja um 13% af verðmætinu. Síðan 2010 hefur þorskur verið 55% af verðmætinu og yfir 60% síðustu ár. Ýsa hafði mikið vægi á árunum 2002-2011 eða um 20% en á því tímabili var þorskafli frekar lítill (mynd 19).

Sé litið á tímabilið 1994-2019 var meðalafli þorsks á tímabilinu 211 þúsund tonn og staðalfrávik 16% af því gildi. Þorskur og ýsa til samans gáfu hins vegar að meðaltali um 272 þúsund tonn með 10% staðalfrávik. Á þessu tímabili var ýsuafl mestur þegar þorskafli var minnstur svo staðalfrávik samanlags afla er lítið.

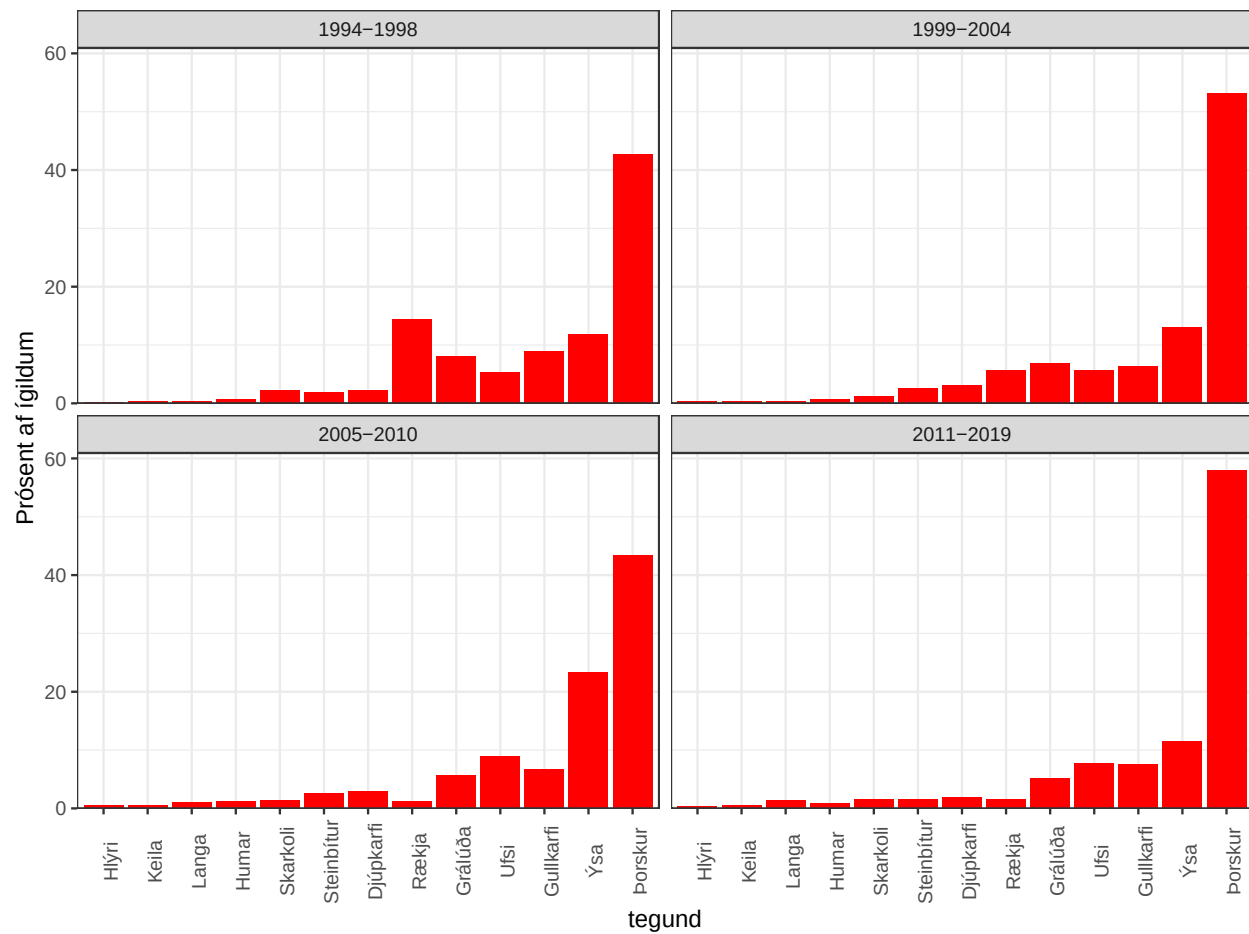
Ef litið er á hlutdeild þorsks í heildarverðmæti myndi hún aukast verulega ef kostnaður við veiðarnar væri líka notaður til grundvallar í þorskígildisstuðlinum. Þá myndi verðgildi þorsks aukast en jafnframt væri hægt að leyfa tilfærslur yfir í þorsk sem ekki eru leyfðar núna. En taka ber fram að ekki er einfalt að áætla þorskígildisstuðla út frá forsendum um kostnað við veiðar. Þyrfti líklega að útfæra einhvers konar skiptimarkað og skilja hluta af aflamarki í hverri tegund eftir fyrir þann markað.

Til að líta á hvaða tegundir eru raunverulega meðafl í þorskveiðum er notast við afladagbækur. Byrjað var að athuga allar færslur með botnlæg veiðarfæri síðan 2010 en eins og áður hefur komið fram hefur hlutdeild þorsks verið nokkuð mikil á þessu tímabili.

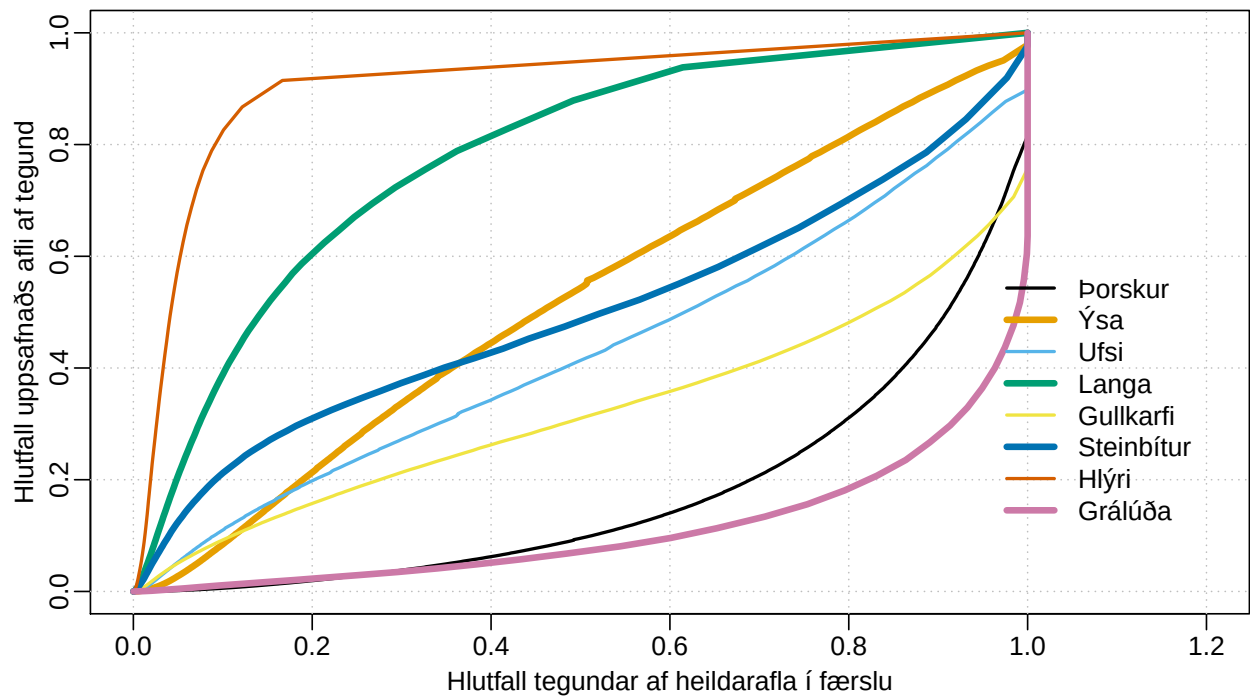
Á mynd 20 kemur fram hve mikill meðafl einstakar tegundir eru. Byggt er á öllum færslum úr afladagbókum síðan 2010 með botnlæg veiðarfæri. Ef litið er á grálúðu fást um 20% aflans í færslum þar sem minna en 80% heildaraflans (í þorskígildum) er grálúða (> 80% í færslum þar sem meira en 80% heildaraflans er grálúða). Sambærilegt hlutfall hjá þorski er 30%. Grálúða, gullkarfi og þorskur eru samkvæmt þessari mynd þær tegundir sem fást mest í beinum veiðum. Það má þó segja að staða þorsks á þessari mynd sé vegna þess hve yfirgnæfandi hlutdeild hans er í heildarverðmæti aflans.

Á mynd 21 er skoðað hve hátt hlutfall af þorskaflanum veiðist með hverri tegund. Sem dæmi sést að 22% af þorskaflanum fást í færslum sem gefa 80% af ýsuaflanum. Hins vegar fást aðeins 5% af þorskaflanum í færslum sem gefa 80% af gullkarfaaflanum.

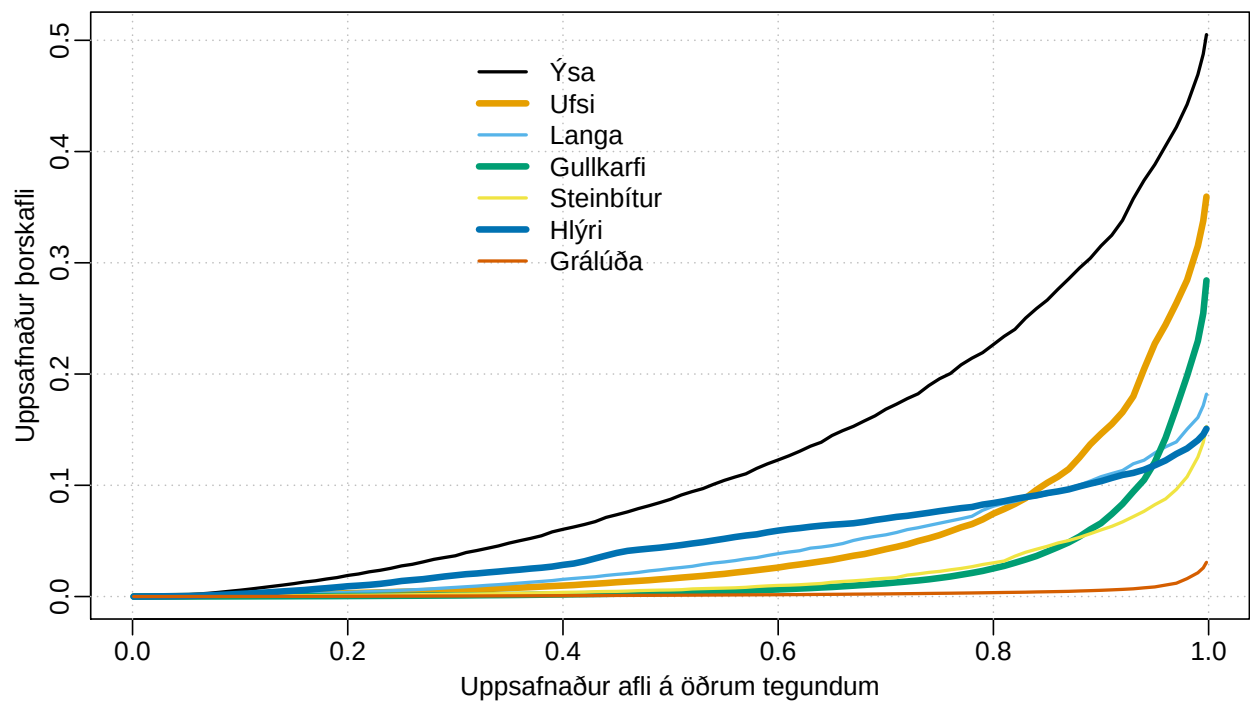
Á mynd 22 er hlutunum aðeins snúið við. Þar kemur fram að 40% af ýsuaflanum og 10% af gullkarfaaflanum



Mynd 19: Skipting þorskígildistonna botnlægra tegunda eftir tímabilum.



Mynd 20: Hlutfall uppsafnaðs afla af tegund á móti hlutfall tegundar í færslu. Hlutfall tekið sem hlutfall í verðmæti reiknað með þorskígildisstuðlum.

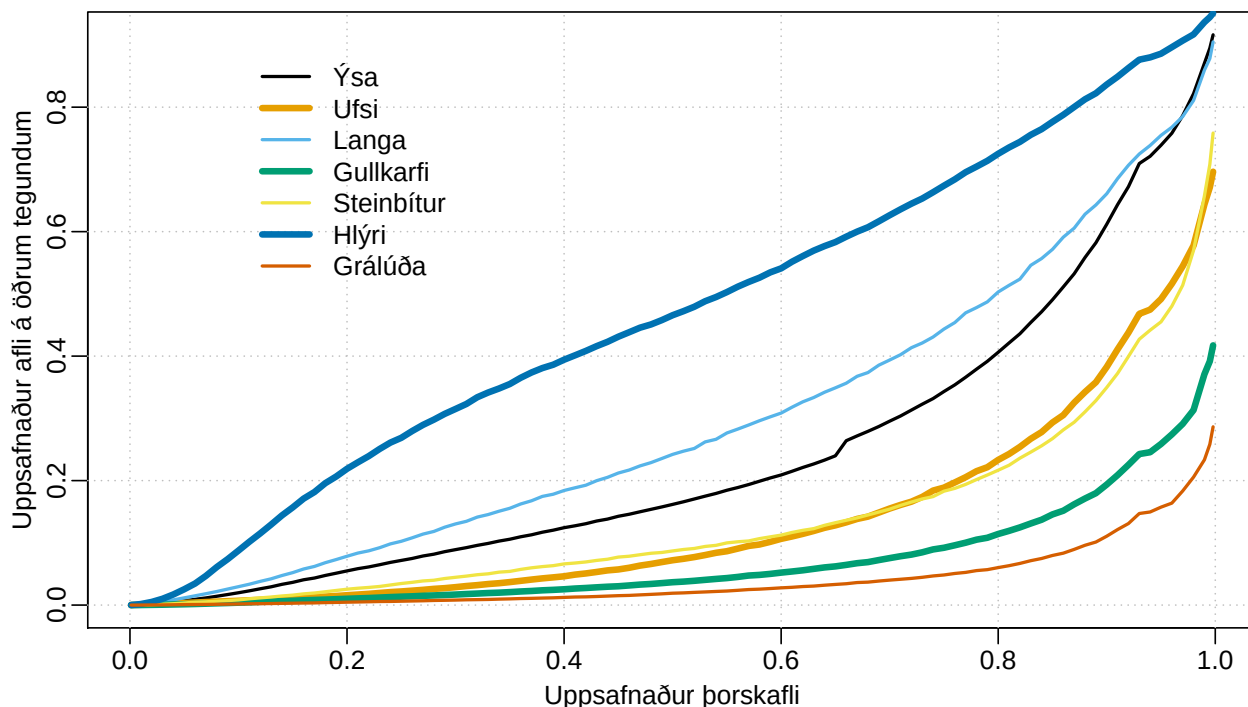


Mynd 21: Hlutfall afla af hverri tegund sem er tekið þegar tiltekið hlutfall þorski er veitt

fást í færslum sem gefa 80% af þorskafli. Þar sést að hlýri er hérum bil eins mikill meðafli í þorskveiðum og þorskurinn sjálfur. Langa er einnig meðafli í þorskveiðum, langa veiðist aðallega á línu og veiðin er ekki nógu mikil til að eingöngu langa standi undir beitukostnaði. Langa er minni meðafli í ýsuveiðum, sennilega vegna ólíkrar dýpsdreifingar.

Sé farið í gegnum tegundirnar þá eru grálúðuveiðar og karfaveiðar að mestu leyti aðskildar þorskveiðum. Karfaveiðar hafa gengið nokkuð vel undanfarin ár en eins og áður var nefnt er í þorskveiðum reynt að forðast karfa. Hefur karfinn verið í mjög þéttum torfum og auðveiddur.

Af botnfiskategundum hefur gengið verst að veiða ufsa sem sést á því að talsvert af kvóta fellur niður og eins mikið er flutt yfir í aðrar tegundir og mögulegt er. Eins og áður var nefnt er þetta ekki nýtt vandamál og flotinn hefur með tímanum orðið minni “ufsafloti” þar lína hefur komið í staðinn fyrir botnvörpu og net.



Mynd 22: Hlutfall þorskafli sem er tekið þegar tiltekið hlutfall af hverri tegund er veitt

Skoðun á gögnum bendir til að þorskur sé langmikilvægasta tegundin í botnfiskveiðum og flestar tegundir aðrar en grálúða, rækja, humar, djúpkarfi, gullkarfi og ef til vill ufsi komi einhvern veginn sem hluti af þorskveiðum.

Grálúðuveiðar hafa yfirleitt verið togveiðar á mjög djúpu vatni þar sem helsti meðafli hefur verið djúpkarfi en einnig hefur grálúða fengist sem meðafli við úthafs-rækjuveiðar. Einnig kemur eitthvað af þorski í grálúðuveiðum og þó hlutfallið af heildarþorskafli sé lágt er magnið nokkuð mikið. Það væri hægt að kafa aðeins betur í gögnin t.d. skoða dýpi til að athuga í hvora tegundina er verið að sækja þó svarið geti eins og í sumum öðrum veiðum verið að það er verið að leita að blöndu. Verð á grálúðu er mjög hátt (hár ígildisstuðull mynd 17) þannig að hægt er að stunda ábatasamar veiðar þó aflabróð séu ekki sérstök.

Grálúðuveiðar í net hafa vaxið á undanförunum árum og samkvæmt afladagbókum er grálúða yfir 99% aflans í netin meðan sambærilegt hlutfall í botnvörpu var 86%.

Þorskur er langmikilvægasta tegund í veiðum botnlægra tegunda þannig að það má líta á veiðar botnlægra tegunda sem þorskveiðar þar sem aðrar tegundir eru aukaafli og veiðihlutfall þeirra þarf að einhverju leiti að vera stíllt inn á þorskveiðar. Grálúða er undantekning en veiðisvæði eru talsvert önnur en á öðrum tegundum og það sama gildir reyndar um djúpkarfa. Undanfarinn áratug hafa gullkarfaveiðar verið nokkuð aðskildar og talsvert af afla tekinn úr þéttum torfum. Tilvist þeirra er væntanlega háð hóflegri sókn og eins og áður

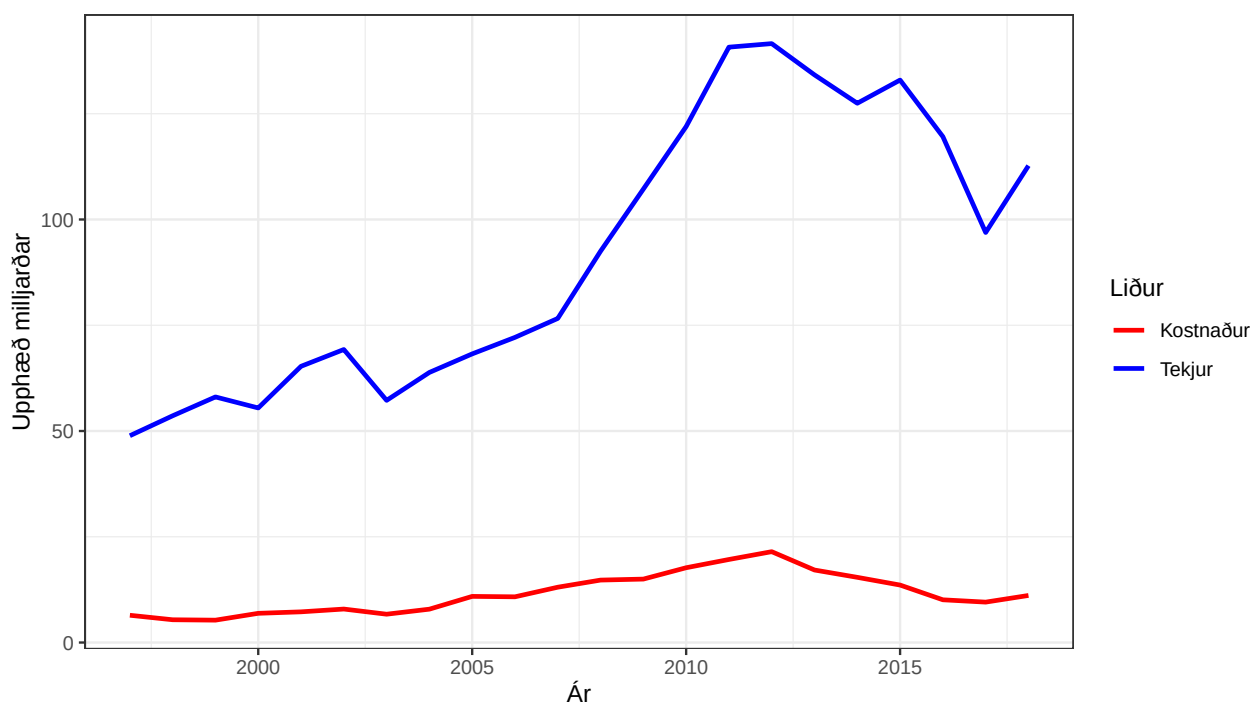
var nefnt er karfi ekki vinsæll meðafli. Ufsi er vandræðategund, það borgar sig ekki að eltast við að ná aflamarkinu.

5.3 Kostnaður við veiðar

Gögn frá Hagstofunni frá árinu 1997 - 2018 um hluta af kostnaði við veiðar og tekjur af veiðum voru notuð. Þeim er skipt upp í útgerðarflokka (bátar undir 10 brl, bátar 10-200 brl, bátar yfir 200br, uppsjávarveiðiskip, ísfisktogarar og frystitogarar). Fyrir hvern flokk og ár eru svo gefnir tekju og kostnaðarliðirnir (Tekjur alls, olíu- og veiðarfærakostnaður).

Í þeirri greiningu sem hér fer á eftir verður uppsjávarveiðiskipum sleppt en í hinum flokkunum eru rækju og humarbátar og fleiri skip sem koma ekki beint inn í þessa greiningu þar sem þær veiðar eru nánast alveg aðskildar frá þorskveiðum.

Olíu og afurðaverð breytist talsvert á árunum 1997-2018 þannig að það sem er fyrst og fremst litið á er hlutfall kostnaðarliðanna olíu og veiðarfæri af tekjum. Hlutfall olíu og veiðarfæra er að meðaltali 0.125 og breytist frá 0.1-0.17 (myndir 23 og 24). Veiðarfærakostnaður er stöðugri og hefur farið lækkandi með tímanum. Breytileiki í olíukostnaði sem hlutfall af tekjum getur endurspeglad breytileika í olíuverði, afurðaverði eða olíunotkun.

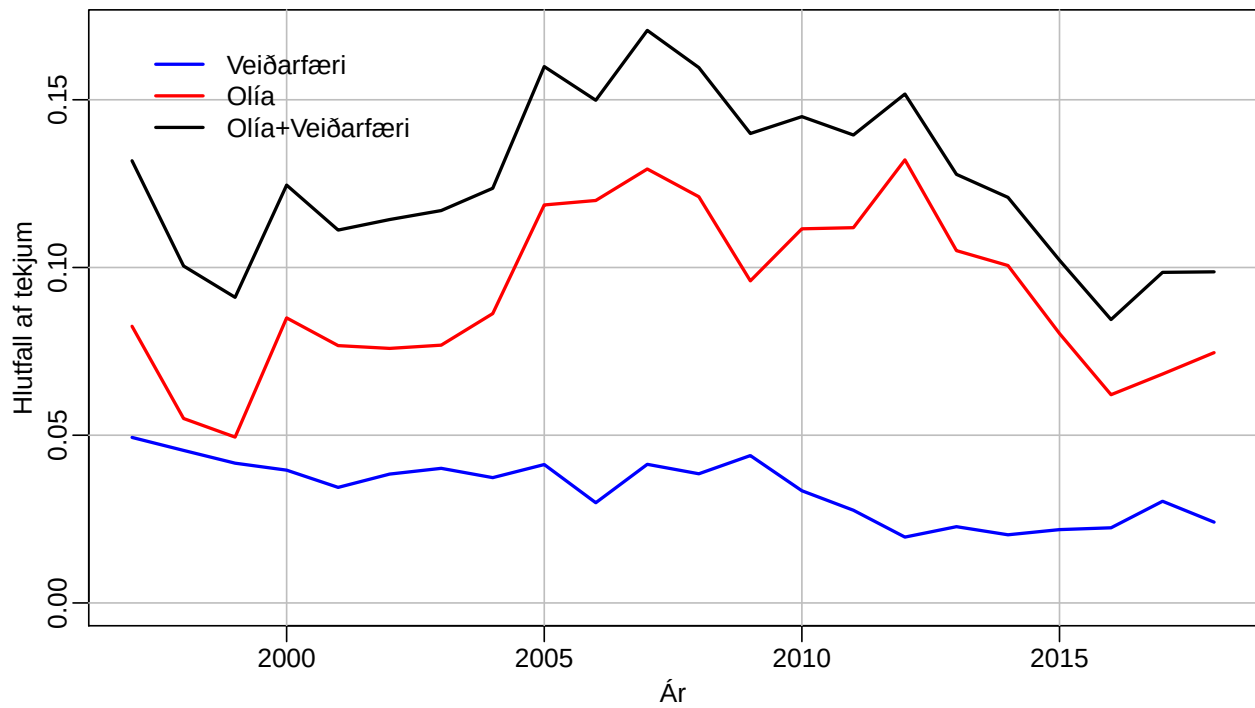


Mynd 23: Tekjur og olíu og veiðarfæra kostnaður hjá íslenska botnveiðiflotanum 1997-2018.

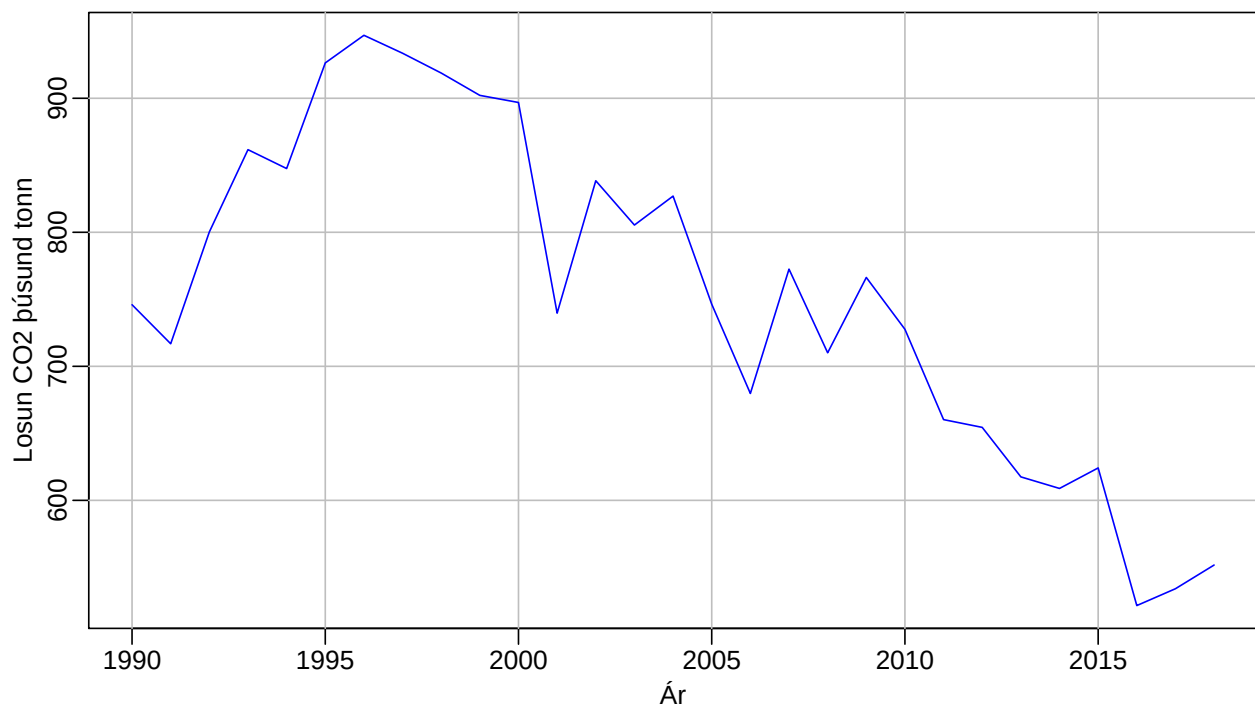
CO_2 losun íslenskrar fiskiskipa er sýnd á mynd 25. Uppsjávarveiðiskip eru með í tölunum og hafa örugglega töluvert vægi sum ár, einkum eftir að kolmunnaveiðar jukust. Smugu og Barentshafsveiðar eru væntanlega í þessum tölum og líklega líka í tölunum um olíukostnað fiskiskipa og afurðaverð.

Á árunum 1991-1997 eru 30-55 þús tog tímar árlega vegna grálúðuveiða. Einnig voru yfir 15 þúsund tog tímar í Smugunni í Barentshafinu árin 1994 og 1997 borið saman við um 5000 tog tíma í Barentshafinu undanfarin 15 ár. Á árunum 1993 - 1995 voru einnig yfir 300 þúsund tog tímar árlega með rækjuvörpu og yfir 200 þúsund frá 1991 - 2000. Skýrir þetta mikla losun fiskiskipaflotans á árunum 1993-2000.

Sveiflur í verði á olíulíttra til fiskiskipa hafa verið umtalsverðar (mynd 26) . Verðið á myndinni sem er fengið með því að deila losunartölum Íslenska fiskiskipaflotans (tonn CO_2 mynd 25) upp í bókfærðan olíukostnað skv. gögnum frá Hagstofunni. Að lokum er margfaldað með 2.64 til að taka í reikninginn að 1000 lítrar af olíu jafngilda 2640 tonnum af CO_2 .

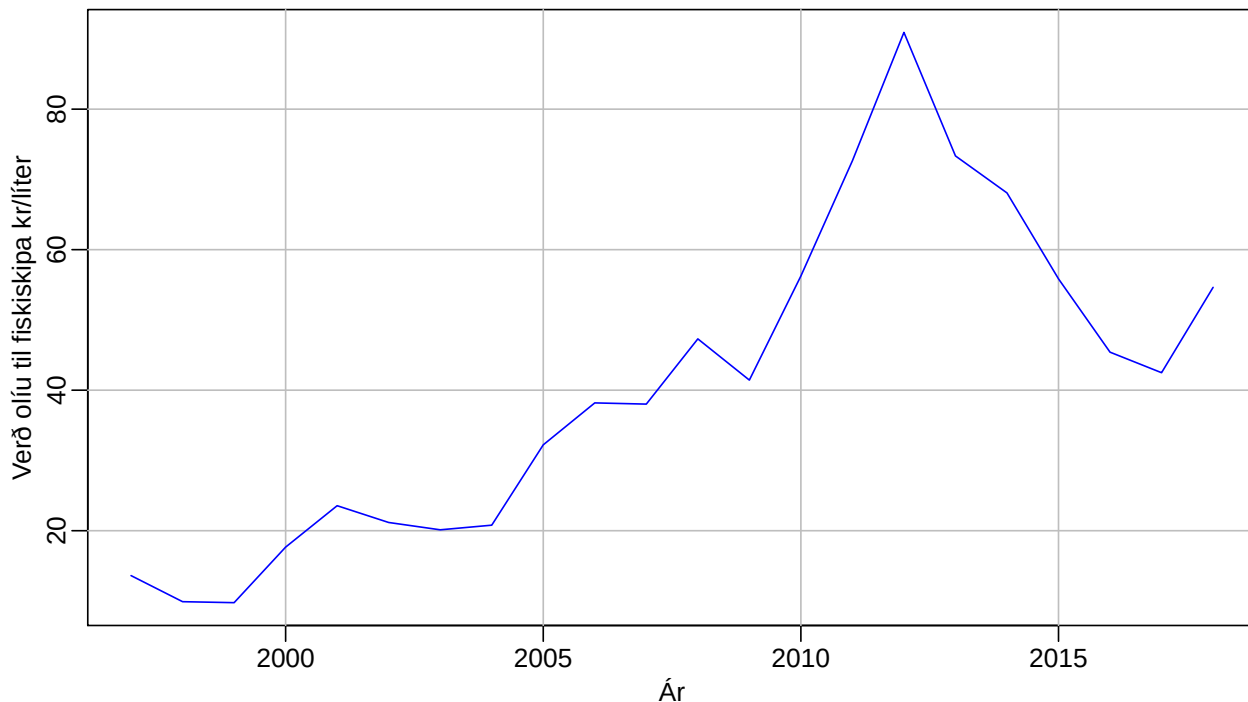


Mynd 24: Olíu og veiðarfærakostnaður hjá íslenska botnveiðiflotanum sem hlutfall af tekjum.



Mynd 25: CO2 losun íslenskra fiskiskipa 1990-2018

Miklar sveiflur eru í þeirri tölu sem kemur úr þessu. Eitthvað af þeim tengist íslensku krónunni en þar er meginbreytingin fyrir/eftir 2008. Gæti verið athugandi að skoða þetta í SDR eða einhverri annari mynt (Evra varð til 1999). Svo er reyndar spurning um hvort tölurnar að baki þessum útreikningum séu nógu nákvæmar til svona útreikninga. Það má alveg velta fyrir sér hvort olúkostnaður sé af einhverjum ástæðum of lítill eða útblástur of mikill.



Mynd 26: Áætlað olíuverð til fiskiskipa kr/lítra

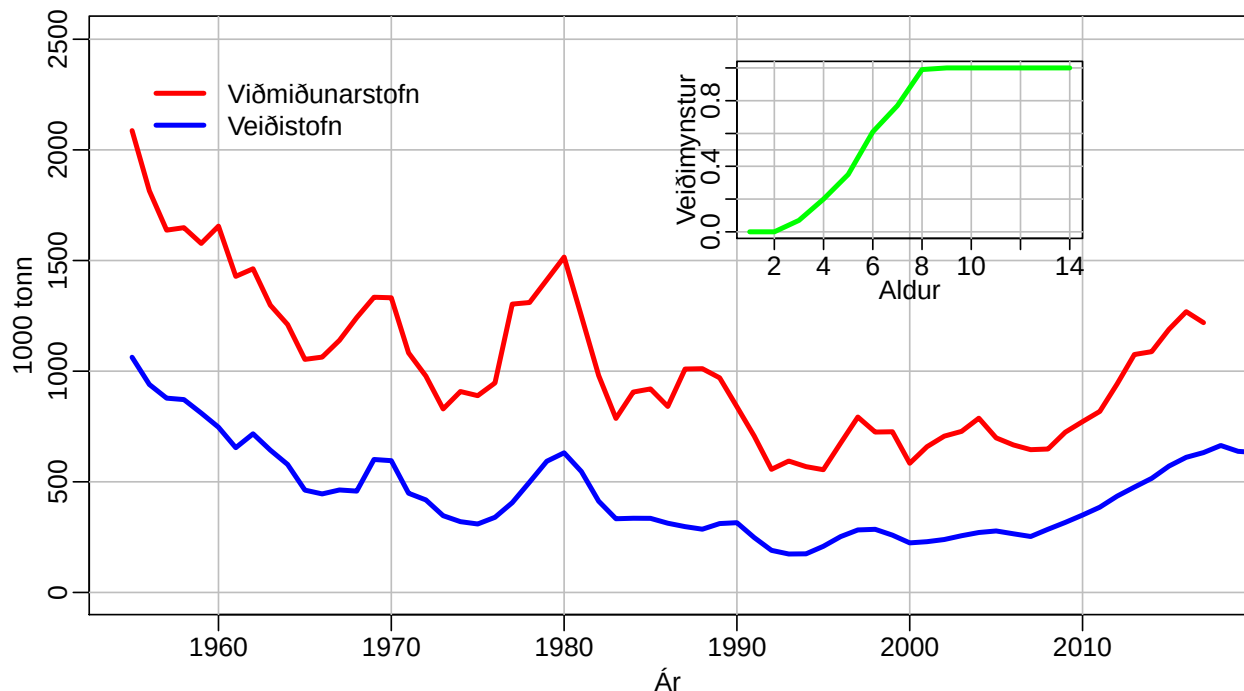
5.4 Útreikningar á hámarkshagnaði

Hér að framan var litið á hve hátt hlutfall af tekjum olíu og veiðarfærakostnaður hefði verið á árunum 1997-2018. Niðurstaðan er 8-17% af tekjum sem er frekar lágt og útreiknað olíuverð er frekar lágt (mynd 26). Minni olíu og veiðarfærakostnaður getur því aldrei skilað mikið meira sparnaði sem er meira en 5% af heildartekjum vegna minni olíu og veiðarfærakostnaðar. Samband stofnstærðar/veiðihlutalls og aflabragða er sá þáttur ræður um hve mikið kostnaðurinn minnkar.

Eins og áður var lýst var í aflaregluvinnunni árið 1994 og 2004 byggt á að kostnaður á sóknareiningu væri fastur en afli á sóknareiningu yxi með stærð veiðistofns í veldinu 0.7. Veiðistofn byggir á metnu veiðimynstri flotans og er töluvert minni en viðmiðunarstofn (mynd 27).

Niðurstöður úr stofnmælingum benda til að veldið í sambandi þorskafla og stærðar veiðistofns geti verið mun hærra en 0.7 eða nálægt 1.35 – 1.45 (mynd 28). Það þýðir að 50% stærri veiðistofn gefur $1.5^{1.4} = 1.76$ eða 76% meiri afla á togtíma. Aflabrogð í veiðum gætu jafnvel aukist enn meira en í stofnmælingum því með minnkandi veiðiálagi myndast þéttar torfur sem skipstjórar geta fundið með tækjum sínum. Betri aflabrogð skila sér hins vegar ekki að fullu í afla á úthaldsdag því eftir er að taka tillit til siglinga í höfn, afkastagetu í slægingu og vinnslu um borð og veiða á öðrum tegundum þar sem afli eykst ekki eins mikið og hjá þorski. Ef afli á úthaldsdag vex línulega með stærð veiðistofns þýðir tvöföldun á veiðistofni tvöföldun á afla með óbreyttum fjölda skipa.

Þar sem afli á sóknareiningu eykst alltaf með stærri stofni en kostnaður á sóknareiningu er alltaf sá sami er veiðihlutfall sem gefur hámarks ábata (F_{mse}) alltaf lægra en það sem gefur hámarksafla (F_{msy}). Hve mikill munurinn er fer eftir ýmsum atriðum.



Mynd 27: Þróun veiðistofns og viðmiðunarstofns 1955-2017. Veiðimynstrið sem er notað til að reikna veiðistofninn er sýnt á innfelldri mynd

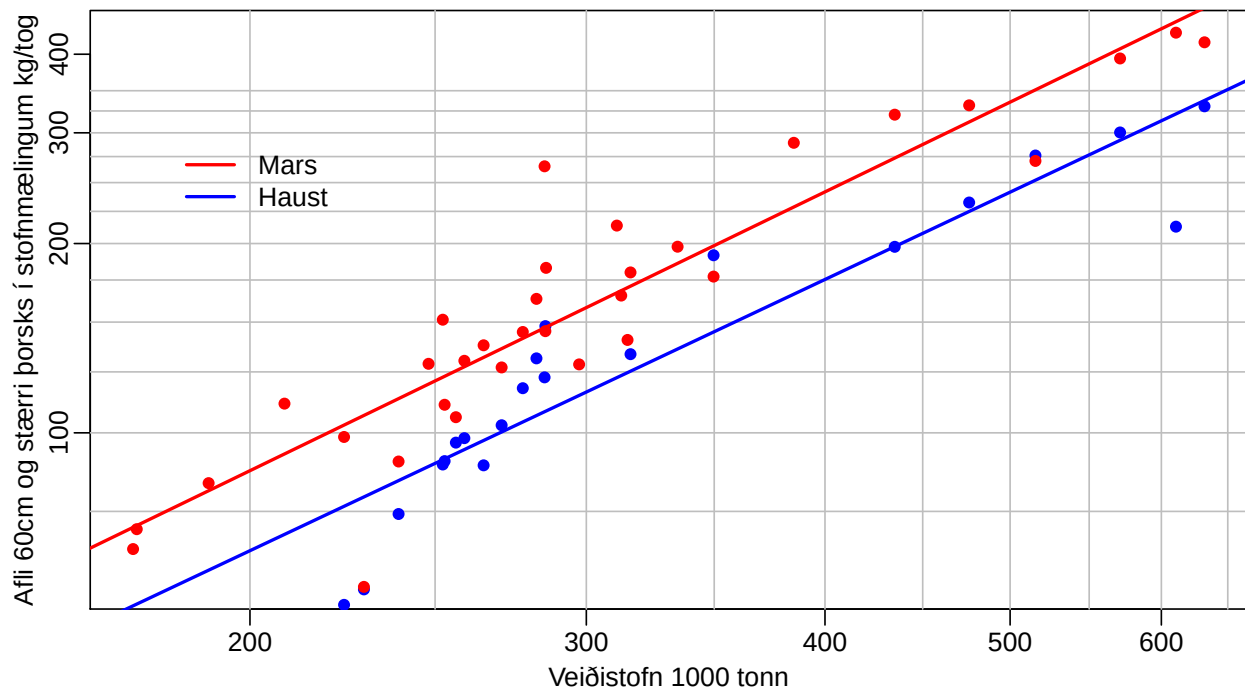
- Því örrar sem afli á sóknareiningu eykst með stofnstærð því lægra er F_{mse} .
- Því lægra hlutfall sem kostnaður er af tekjum því hærra er F_{mse}
- Tenging á verði við stöðugleika í afla eða stærð fisks leiðir til lægra gildis á F_{mse} því lægra veiðihlutfall þýðir stærri fisk og jafnari afla.

Forsendur um verð geta byggst á gögnum frá Verðlagsstofu skiptaverðs eða fiskmörkuðum. Samkvæmt Verðlagsstofu breyttist verð á óslægðum þorski í janúar 2015 (mynd 29) frá 155 kr/kg fyrir 1.0kg þorsk í 250 kr/kg fyrir 3.7 kg þorsk og 300 kr/kg fyrir 6.5kg og stærri þorsk eða $154.87 + 38.1 \times (W - 1)$ ef $W < 3.5kg$ og $250.18 + 16.7 \times (W - 3.5)$ ef W er á bilinu $3.5 - 6.5kg$. Jafnan sem var notuð á árunum 2003 og 2004 og gögn frá Reiknistofu fiskmarkaða árið 2019 sýna svipaða þróun á verði með stærð fisks. Það fæst alltaf betra verð fyrir stóran fisk.

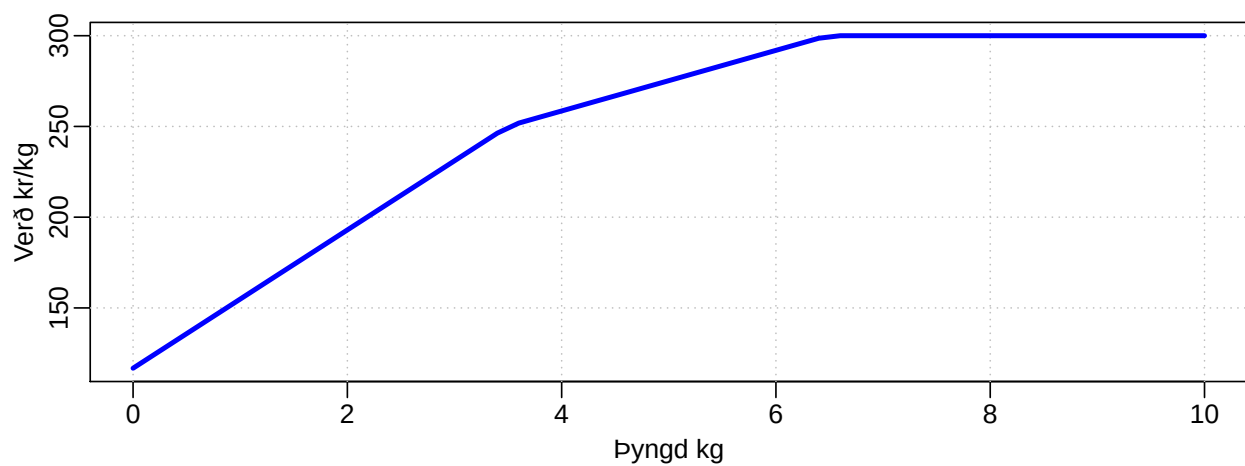
Í takt við vinnu fyrri aflareglunefnda er launakostnaður áhafnar ekki talinn til kostnaðar, en ef það væri gert myndi hagkvæmasta veiðihlutfall lækka þar sem launakostnaðurinn er í aðalatriðum fast hlutfall af fiskverði. Það að telja laun sjómanna til kostnaðar myndi leiða til lægra “hagkvæmasta” veiðihlutfalls þar sem kostnaður er þá hærra hlutfall af tekjum. Það myndi þá vera hagkvæmasta veiðihlutfall frá sjónarhóli útgerðar.

Olíunotkun er þáttur sem í framtíðinni verður horft á varðandi umhverfisáhrif veiða auk þess sem olía er umtalsverður hluti kostnaðar við veiðar. Í prófritgerð Eyþórs Björnssonar (Björnsson (2004)) og ýmsum erindum og skrifum leiðbeinanda hans Emils Ragnarssonar er fjallað um olíunotkun við veiðar. Þar kemur fram að olíunotkun í botnfiskveiðum á togara hafi verið um 0.5 l/kg árin 1998 - 2002 og hafði þá hækkað frá árunum 1994-1996 þegar hann var 0.44 l/kg. Aukin olíunotkun á þessu tímabili er m.a. skýrð með aukinni hlutdeild frystitogara, en frysting á afla kostar töluverða orku. Miðað við olíuverð 100 kr/l hefði olíukostnaður verið um 45 kr/kg (á núvirdi) árið 2000. Eins og sést á mynd 26) hefur reiknað olíuverð oft verið talsvert lægra en 100 kr/l en skoðun á verði á skipagasolíu bendir hins vegar til að 100 kr/l sé nálægt lagi.

Hlutdeild línu í botnfiskveiðum hefur aukist undanfarin 20 ár. Undanfarin 5 ár hafa 35% þorskafla komið á



Mynd 28: Aflabrögð í stofnmælingum kg á klst á móti metnum veiðistofni. Línurnar sýndar á myndinni sem eru felldar að öllum gögnum hafa hallatölurnar 1.35 fyrir marsrallið og 1.45 fyrir hausrallið. Hallatala línu sem er felld að gögnum á logaritma kvarða verður að veldi á venjulegum kvarða þannig að aflabrögð í ralli virðast í réttu hlutfalli við veiðistofn í veldinu 1.35-1.45.



Mynd 29: Verð þorsks í Janúar 2015 skv. Verðlagsstofu skiptaverðs

línu, 43% í botnvörpu, 9% í net, 7% á handfæri og 6% í dragnót. Olíunotkun við línuveiðar er mun minni en við botnvörpuveiðar eða u.þ.b. 0.15 -0.2 l/kg árið 2000 (Björnsson (2004)). Kostnaður við beitu er hins vegar umtalsverður. Miðað við 10 kg af beitu og 100 kg afla á 500 króka (bala) og 200 kr/kg af beitu er beitungakostnaður um 20 kr/kg. 100 kg/bala er lélegur afli en ekki ólíkleg tala þegar þorsstofninn er lítill.

Heildarútkoman úr þessari greiningu er sú að kostnaður við olíu og beitu hjá línubátum sé svipaður og olíukostnaður hjá togurum. Má einnig ætla að kostnaður við beitu minnki með vaxandi stofnstærð þar sem afli á beittan krók er betri, bæði út af fleiri fiskum og hærri meðalþyngd hvers fisks.

Við útreikning á kostnaði vegna olíu, veiðarfæra og beitu er gert ráð fyrir að grunntalan árið 2000 sé 55 kr/kg (0.55 l/kg) og hann breytist í öfugu hlutfalli við stærð veiðistofns í veldinu 1.0.

Kostnaður við kaup og viðhald skipa er mjög stór hluti heildarkostnaðar við útgerð og er að litlu leyti innlendur kostnaður. Margar útgerðir reka tiltölulega gömul skip sem eru þá send í reglulega endurnýjun. Ef útgerð á tiltekinn fjölda skipa má líta á afföll og viðhald sem fastan kostnað þannig að sparnaður í þessum þáttum kemur ekki fram nema skipum fækki með lækkuðu veiðihlutfalli. Til að fá einhverja mynd af áhrifum kostnaðar við skip á hagkvæmasta veiðihlutfall var eftirfarandi dæmi sett upp.

- Kostnaður við ísfisktogara 2.5 milljarðar, miðað við verð 3 togara sem HB Grandi var að láta smíða (árið 2015).
- Afskriftir + viðhald 10%. Vaxtakostnaður 3% af upphafsverði, meiri þegar skipin eru ný, minni með eldri skip. Kostnaður á hvert skip er skv. þessu um 320 milljónir.
- Botnfiskafli á hvert skip er um 6000 tonn miðað við árin 2012-2014. Þetta er há tala miðað við flest skip en aðeins 11 togarar náðu þessu á árunum 2012-2014. Gert er ráð fyrir að þorskur sé helmingur af aflaverðmæti skipanna.

Miðað við ofangreindar forsendur er skipakostnaður á hvert kg $\frac{320}{6} = 53$ krónur, miðað við árin 2012-2014. Gert ráð fyrir að hann breytist í öfugu hlutfalli við stærð veiðistofn í veldinu 0.8. Þessi skipakostnaður er miðaður við togara en gert ráð fyrir að hann sé til lengri tíma ekki mjög frábrugðin fyrir aðrar gerðir skipa.

Þær jöfnur sem voru settar inn í líkanið voru.

- Olíu og veiðarfærakostnaður $C_1 = 55 \times \frac{B_{c,2000}}{B_c}$
- Skipakostnaður $C_2 = 53 \times \left(\frac{B_{c,2012-2014}}{B_c}\right)^{0.8}$
- Verð á kg (P_w) fylgir verðlagsstofu í Janúar 2015 (mynd @ref(fig:pricejan2015))
- Tekjur $I = C \times P_w$
- Hagnaður $H = I - C \times (C_1 + C_2)$.

Þar sem B_c er veiðistofn, $B_{c,2000}$ veiðistofn ársins 2000 (228 þús. tonn) , $B_{c,2012-2014}$ meðalveiðistofn árána 2012-2014 (450 þúsund tonn), C_1 er kostnaður á kg vegna veiðarfæra og olíu, C_2 kostnaður á kg vegna kaupa og viðhalds skipa, P_w verð á kg sem fall af þyngd W , C er afli, I verðmæti afla og H hagnaður. Einnig eru skoðuð þau tilfelli þar sem aflaverðmæti er fast, annars vegar 250 kr/kg og hins vegar 170 kr/kg (tafla 3).

Niðurstöðurnar eru að miðað við þorskverð samkvæmt Verðlagsstofu í janúar 2015 fást flestar krónur ef veiðihlutfallið er 0.19. Hámarkshagnaður fæst við 0.18 ef skipakostnaði er sleppt, en 0.15 ef skipakostnaður er tekinn með í reikninginn. Fast verð 250 kr/kg gefur að sjálfsögðu mesta innkomu þegar afli er mestur, þ.e. við veiðihlutfallið 0.26 (tafla 3). Mesti hagnaður með föstu verði 250 kr/kg fæst hins vegar við veiðihlutfallið 0.19 miðað við að taka bara tillit til olíu og veiðarfærakostnaðar, en við 0.17 ef skipakostnaður er tekinn með í reikninginn. Ef verð er lægra næst hámarkságóði við lægra veiðihlutfall. Í fyrri köflum næst hámarksafli við veiðihlutfallið 0.23 en þá er miðað við $B_{trigger} = 0$, hér er miðað við $B_{trigger} = 220$

Sá ferill sem kemst næst því að kallast þjóðhagslegur ávinningur er græna línan “Aflaverðmæti-olíu,veiðarfæri og skip” sem gefur hámark við 15% veiðihlutfall . Ef útgerðin stefnir á að hámarka sinn hagnað teljast laun sjómanna kostnaður og hámarkshagnaður næst við veiðihlutfall undir 0.15 (rauði ferillinn).

Ef litið er á þann feril sem fer næst því að innihalda allan kostnað útgerðar (rauði ferillinn á mynd 31) er hagnaður nálægt 50% af tekjum þegar veiðihlutfall er á bilinu 0.14-0.20 og þjóðhagslegur ábati yfir 70%.

Tafla 3: Hagkvæmasta veiðihlutfall og veiðihlutfall sem gefur hámarkstekjur miðað við verð skv. Verðlagsstofu í janúar 2015, fast verð 250 kr per kg og fast verð 170 kr per kg. Bæði skoðað að taka tillit til skipakostnaðar og sleppa því.

Olía	Skip	Verð	Max tekjur	Max hagnaður
x		Breytilegt	0.19	0.17
x	x	Breytilegt	0.19	0.15
x		250	0.26	0.19
x	x	250	0.26	0.16
x		170	0.26	0.18
x	x	170	0.26	0.14

Heildarverðmæti afla og þar með laun sjómanna breytast aðeins um 15% á sama bili, mest vegna hærra verðs fyrir stærri fisk.

Með $B_{trigger} = 0$ verður tap á útgerðinni þegar veiðihlutfall er 0.34 en með $B_{trigger} = 220$ verður má veiðihlutfallið vera mjög hátt þar sem meðalveiðihlutfall verður mun lægra en veiðihlutfall í aflareglu.

Ef tekið er tillit til kostnaðar við veiðarnar er það veiðihlutfall sem gefur hámarkságóða alltaf undir 0.2.

Breytileiki í þjóðhagslegum ábata vegna breytileika í stofnstærð er meiri en munur milli meðalgilda (mynd 32). Kemur vel fram að breytileikinn í ábata minnkar þegar veiðihlutfall er lækkað. Í myndina vantar breytileika í hagstærðum og einnig þarf að skoða hvort/hvernig stærð fiskiskipaflotans fylgir sveiflum.

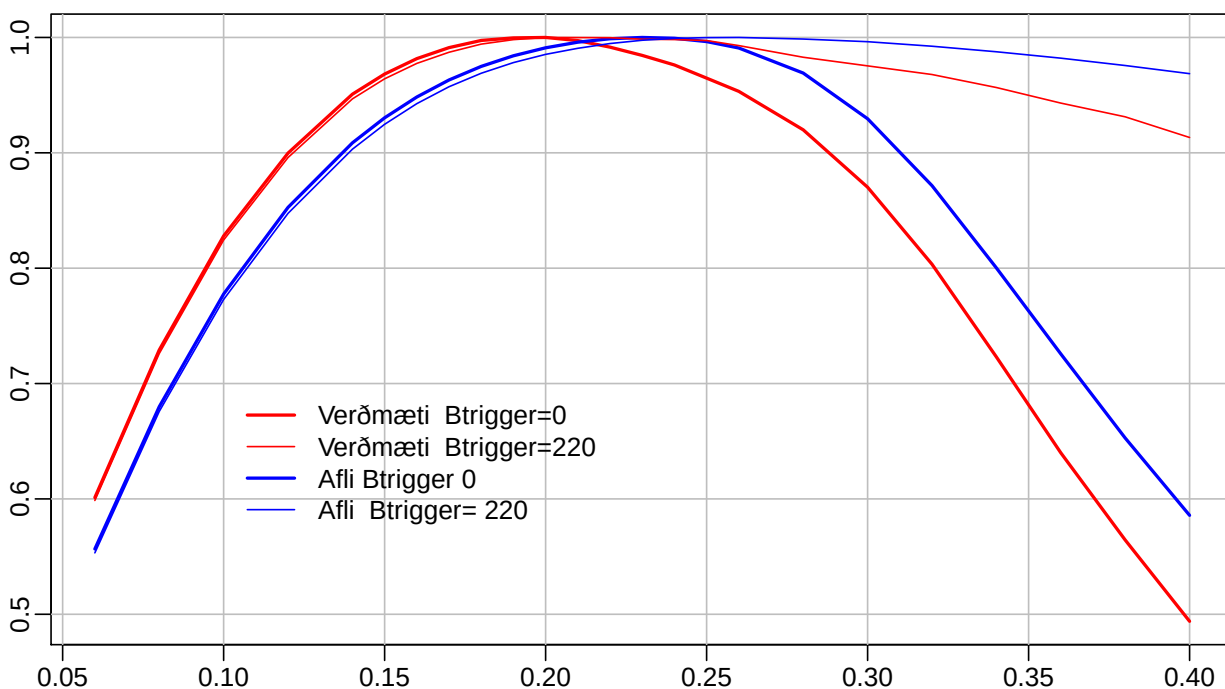
Skoðun á gögnum frá Hagstofunni (myndir 23 og 24) benti til að kostnaður við olú og veiðarfæri hefði að meðaltali verið um 12.5% af aflaverðmæti á árunum 1997-2018. Í núverandi greiningu er þessi kostnaðarliður 12.2% af aflaverðmæti ef veiðihlutfall er 0.25 (meðalveiðihlutfall 1997-2018) sem er svipað og fæst úr Hagstofugögnunum. Skv. núverandi greiningu myndi þetta hlutfall vera 8.2% ef veiðihlutfall er 0.2.

Niðurstöður úr útreikningunum eru svipaðar og árið 2015 enda hafa forsendur um framtíðarnýliðun ekki breyst mikið og byggt er á sömu gögnum um kostnað og verð á fiski. Þó minnkar affli og hagnaður ekki eins hratt með hækkanði veiðihlutfalli og í 2015 hermunum. Skýringin á þessum mun liggur í að hér árið 2015 var miðað við aflareglu án $B_{trigger}$ en hér er $B_{trigger}=220$ þús tonn. Til viðbótar leiddi metið hrygningarstofns - nýliðunar samband árið 2015 til þess að nýliðun féll hraðar með minnkandi hrygningarstofni.

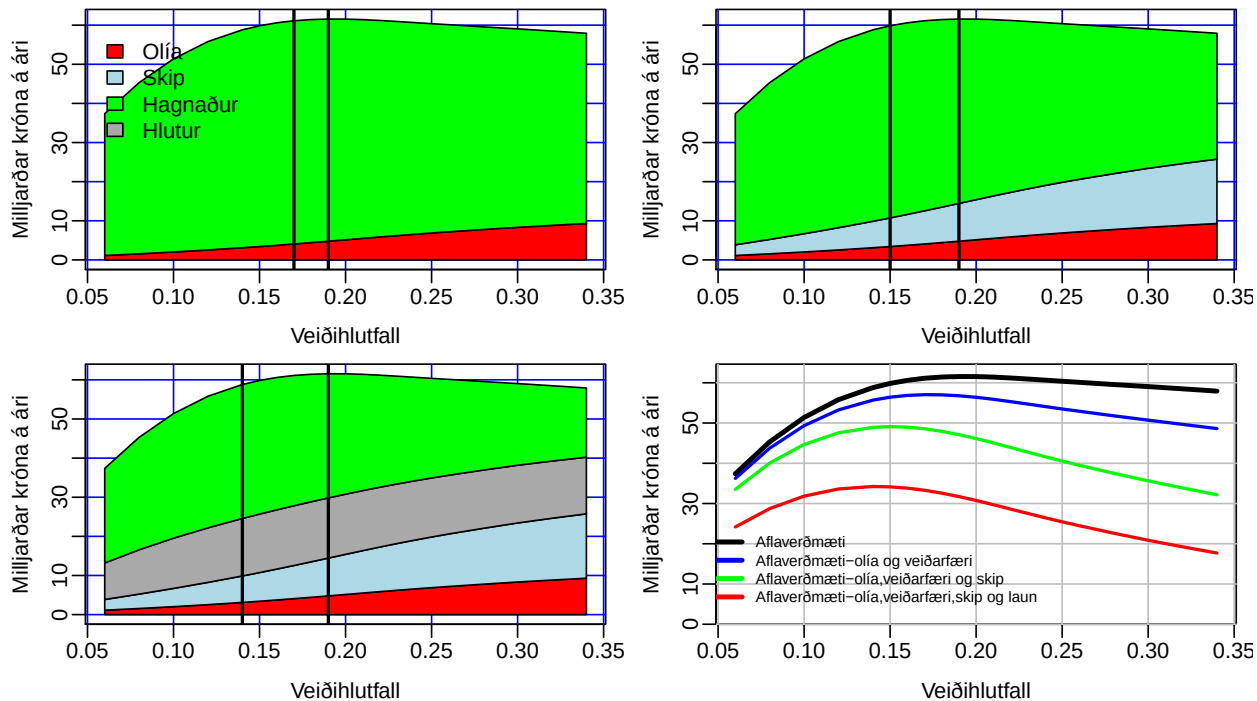
Kostnaður við veiðar er frekar varlega áætlaður í ofangreindu dæmi (kemur fram í því að ábati er mjög mikill) en meiri kostnaður myndi lækka hagkvæmasta veiðihlutfall enn frekar. Ef veiðihlutfallið er lækkað í 0.18 eða lægra myndi þorsstofninn hins vegar stækka töluvert mikið svo líta þyrfti á þætti eins og þéttleikaháðan vöxt og afrán á öðrum tegundum.

Ofangreindir útreikningar eru hugsaðar sem vísbendingar um þær breytingar í þjóðhagslegum ábata af veiðum sem má vænta þegar dregið er úr sókn og flotinn minnkaður í takt við minnkaða sókn. Forsenda útreikninganna er fyrst og fremst að með stærri fiskistofnum má ná sama afla með minni kostnaði, öðrum en launakostnaði sjómanna sem er hlutfall af aflaverðmæti. Hér er um mjög einfalda greiningu að ræða sem er eingöngu ætlað að gefa hugmynd um hagkvæmasta veiðihlutfall en alls ekki hver framtíðar hagnaður af veiðunum verður. Ef kostnaður við veiðar er hærri eða verð á fiski lægra en hér er gert ráð fyrir mun hagnaður minnka og hagkvæmasta veiðihlutfall lækka. Það atriði sem hefur mest áhrif á hagkvæmasta veiðihlutfall er samband aflabragða og stofnstærðar sem er lykiljafna í mati á stærð fiskistofna. Til viðbótar er síðan gert ráð fyrir að samræmi sé í veiðihlutföllum mismunandi tegunda þannig að ekki skapist mikil vandamál í blönduðum veiðum, sem dragi úr hagkvæmni veiðanna.

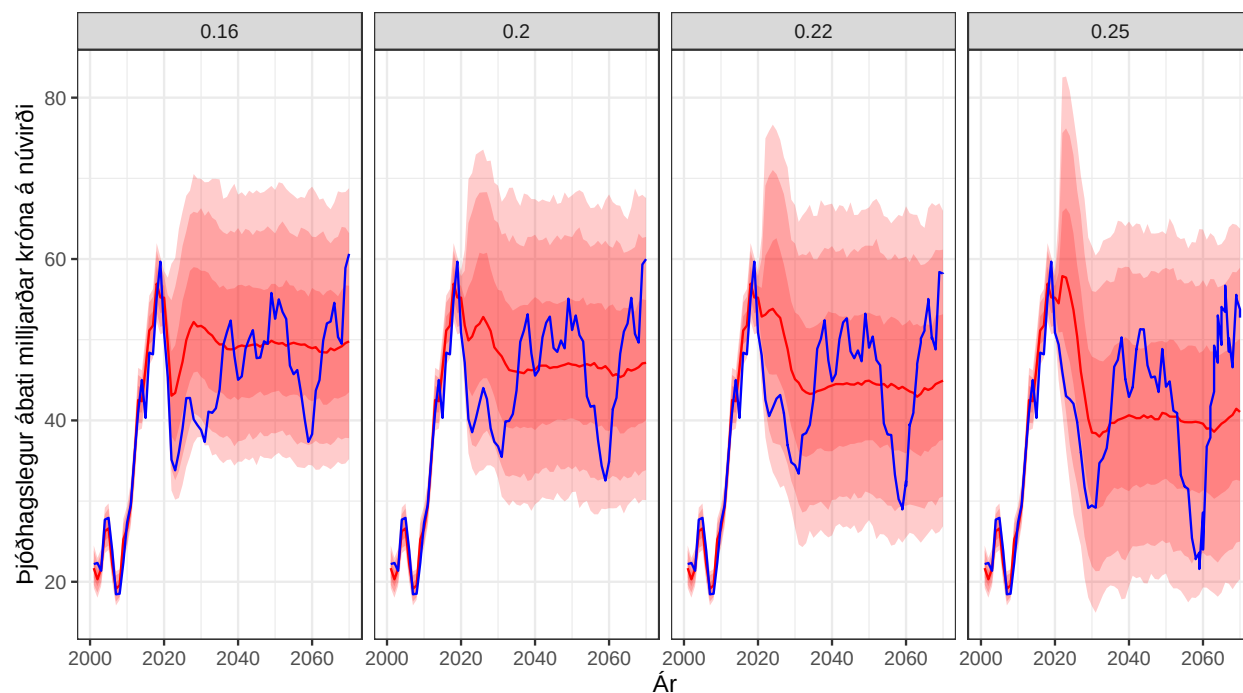
Meginniðurstaðan af þessari skoðun er að veiðihlutfallið í núverandi aflareglu er heldur hærri en það sem gefur hámarksábata.



Mynd 30: Verðmæti og afli á móti veiðihlutfalli, í aflareglu, allir ferlar skalaðir á hámarkið 1



Mynd 31: kostnaður, heildar tekjur og ábati á móti veiðihlutfalli miðað við fiskverð skv. Verðlagsstofu skiptaverðs í janúar 2015. Lóðréttu línurnar sína það veiðihlutfall sem gefur hámarksverðmæti og hámarks ágóða (græna svæðið). Btrigger=220 þús tonn



Mynd 32: Þjóðhagslegur ábati þ.e verðmæti afla að frádregnum olíu og skipakostnaði, fyrir 4 mismunandi veiðihlutföll. Ekki er tekið tillit til breytileika í fiskverði og olíuverði. Meðaltal gilda í framtíðinni er sýnt sem þykk rauð lína en skyggðu svæðin tákna 50%, 80% og 90% gilda. Bláa línan sýnir dæmi af einum ferli framtíðarinnar.

Heimildir

Björnsson, Eyþór. 2004. „Olíunotkun íslenska fiskiskipaflotans og losun gróðurhúsalofttegunda frá honum“. *Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild*.

Guðmundsson, Guðmundur. 1992. „Fiskveiðistjórnun“. *Fjármálatíðindi*.

NN. 1994. „Hagkvæm nýting fiskistofna. Vinnuhópur um nýtingu fiskistofna.“ *Skýrsla til sjávarútvegsráðherra*.

———. 2004. „Aflaregla fyrir þorskveiðar á Íslandsmiðum. Skýrsla nefndar um langtímanýtingu fiskistofna. Vinnuhópur um nýtingu fiskistofna.“ *Skýrsla til sjávarútvegsráðherra*.