

Endurmat á gegnsæi í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2014-074

Dags: Júlí 2014

Fjöldi síðna: 11

Upplag: 20

Dreifing:

- ☐ Birt á vef LV
☒ Opin
☐ Takmörkuð til

Titill: Endurmat á gegnsæi í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkunar

Höfundar/fyrirtæki: Hákon Aðalsteinsson og Elín Björk Böðvarsdóttir

Verkefnisstjóri: Hákon Aðalsteinsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Frá því að fyrri skýrsla (LV-2010-123) var gefin út hafa bæst við mælingar á gruggi og rýni, auk tveggja mælinga á sambandi rýnis og gegnsæis; önnur fyrir og hin eftir virkjun. Viðbótarmælingar hafa ekki breytt niðurstöðum um aurstyrk eftir virkjun, en hann er tíðast um 100-120 mg/l. Nýjar mælingar á sambandi rýnis og gegnsæis hafa áhrif á útreikninga á gegnsæi, og er það nú metið 40-50 cm, eða um 10 cm minna en í fyrra mati.

Lykilorð: Aurstyrkur, grugg, rýni, gegnsæi, Kárahnjúkavirkjun, Lagarfljót.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

EFNISYFIRLIT

Inngangur	2
Nýjar mælingar.....	2
Gegnsæi	3
Aurstyrkur og rýni	5
Niðurstöður	8
Heimildir.....	9

INNGANGUR

Árið 2010 var gerð fyrsta úttekt á líklegum áhrifum af Kárahnjúkavirkjun á tengsl gruggs og gegnsæis í Lagarfljóti [1]. Gruggið stafar af fínnum svifaur sem er bergmylsna frá undirlagi jökulsins. Gruggið takmarkar hve langt niður í vatnið nægilegt ljós til tillífunar nær, þ.e. gegnsæið (*e. transparency*) og í vatnalíffræði er þumalputtareglan sú, að neðri mörk ljóstillífunar séu á því dýpi þar sem um 1% af því ljósi sem kemst niður undir yfirborð vatnsins nær. Meðal fyrirséðra áhrifa af virkjun var að aurstyrkur myndi 4-5 faldast í Lagarfljóti við veitu vatns úr Jökulsá á Dal um Háslón [2]. Nánar er fjallað um þessa þætti í fyrri skýrslu [1].

Þegar fyrri úttekt var gerð hafði virkjunin verið rekin í tvö ár, 2008 og 2009. Fyrri árið voru vélar virkjunarinnar teknar í gagnið ein af annarri fram í maí [1; 1. Mynd, bls. 2], en Jökulsárveita var tekin í gagnið á árinu 2009 [1; 2. Mynd, bls. 3], sem skv. því er talið vera fyrsta ár sem virkjunin er í venjubundnum rekstri. Til samanburðar var notast við tvö ár fyrir virkjun, 2003-2004.

Megin tilgangur þessarar skýrslu, líkt og fyrri, er að meta hvaða áhrif aukið grugg hefur á gegnsæi vatnsins og þar með skilyrði til framleiðslu þörungum og lífsskilyrði í vatninu. Handhægur mælikvarði á gegnsæi er svonefnt rýni (*e. secchi depth*), sem er mælt með því að hvít skífa (eða skífa sem skipt er í hvíta og svarta fjórðunga) er látin síga niður í vatnið, og rýnið er það dýpi þar sem skífan hverfur sjónum. Rýnið er ekki einhlítur mælikvarði á gegnsæi í jökulskotnum vötnum, heldur eru þau tengsl háð aurstyrk, sbr. umfjöllun í fyrri skýrslu [1].

NÝJAR MÆLINGAR

Mælingar á rýni hófust árið 2003 og það er því upphafsár fyrir samanburð á gegnsæi fyrir og eftir virkjun, en til eru nokkuð ítarlegar og samfelldar mælingar á gruggi (svifaur) í Lagarfljóti frá 1998 [3]. Þótt ekki séu til mælingar á rýni fyrir árin 1998-2002, má geta sér til um hvert gegnsæið var á þeim tíma með samanburði á aurstyrk. Fyrir þann tíma voru viðlíka ítarlegar mælingar á svifaur gerðar á árunum 1966-1970, sem voru yfirleitt fremur köld ár [4].

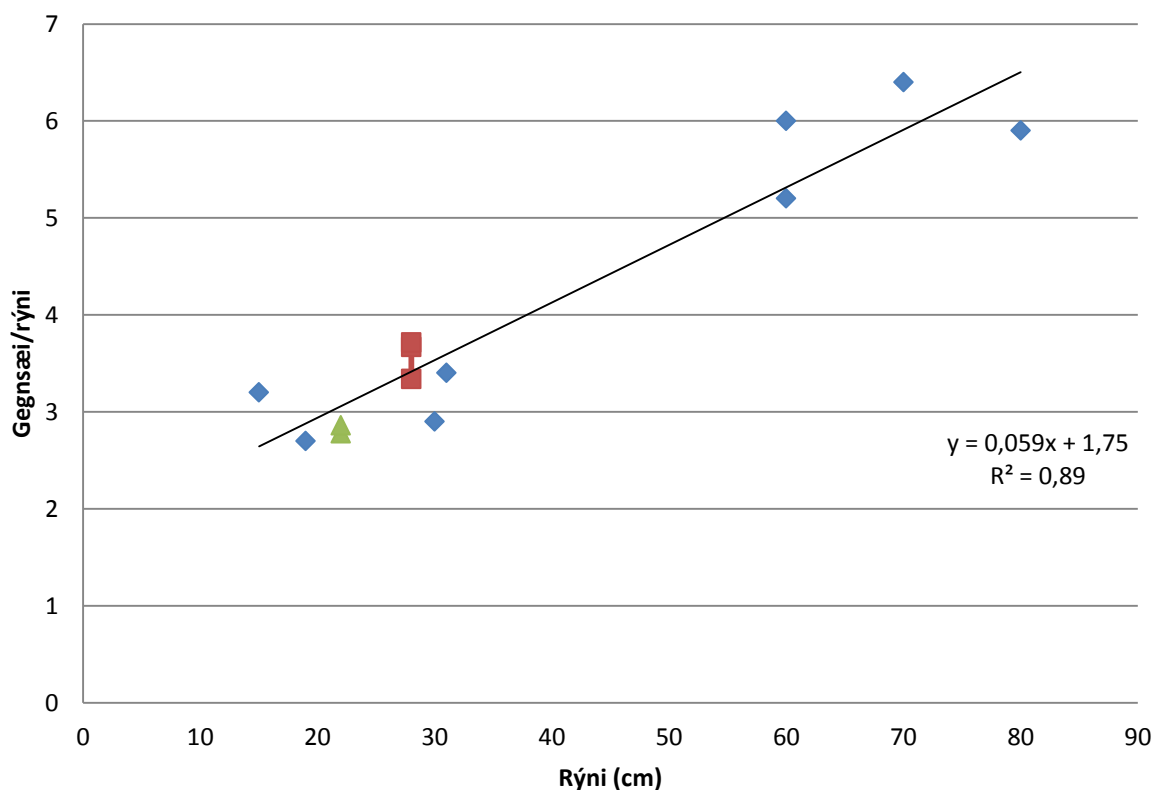
Til þess að umreikna rýni í gegnsæi var annars vegar stuðst við nokkrar mælingar sem gerðar voru í Leginum 1975, en það ár var mikið grugg í vatninu (hár styrkur svifaurs) í kjölfar framhlaups Eyjabakkajökuls. Engar mælingar voru kunnar höfundu skýrslunnar við venjulegan aurstyrk, og var því gripið til þess ráðs að tengja samband rýnis og gegnsæis við mælingar sem höfðu verið gerðar í Þórisvatni og Hvítárvatni um svipað leyti, og vísast til umfjöllunar um forsendur þess í fyrri skýrslu [1]. Eftir útgáfu skýrslunnar 2010 kom í ljós að sérfræðingar á Veiðimálastofnun höfðu tekið mælingar á gegnsæi og rýni í september 2006. Á vegum Landsvirkjunar var einnig gerð samsvarandi mæling í vatninu þann 16. júlí 2014. Þessar tvær mælingar (fyrir og eftir virkjun) gera kleift að endurskoða fyrri forsendur fyrir mati á gegnsæi.

Í fyrri skýrslu var nokkuð fjallað um nákvæmni mælinga og mögulega skekkjuvalda. Af þessum þremur mælingum; aurstyrk rýni og gegnsæi, þ.e. ljósmælingu, er rýnið matskennt, og ekki hægt að vera viss um að allir meti það eins. Við mælingarnar 16. júlí s.l. mátu tveir einstaklingar rýni. Annar þeirra (nærsýnn) mat rýnið 20 cm, en hinn (fjarsýnn) mat það 22 cm. Vel má una við 10% skekkjumörk, ef þetta væri dæmigert, en fleira kemur til, s.s. mismunandi veður (gárur á vatni).

Við mat á gegnsæi er notast við ljósmælingar á mismunandi dýpi, en mikilvægt er að birtuskilyrði séu sambærileg á meðan á hverri mælingu stendur. Ef sólskin gegnum ský er missterkt verður mikið flókt á mælingunum og mat á gegnsæi getur orðið ónákvæmt. Þann 16. júlí voru teknar fjórar ljósmælingar til þess að meta gegnsæi. Af þeim voru tvær mælingar þar sem sólin gæðist undan skýjum í miðri mælingu og olli því að mat á gegnsæi var töluvert lægra en í hinum tveimur. Því var eingöngu notast við þær mælingar (tvær) sem teknar voru í jafnri birtu.

GEGNSÆI

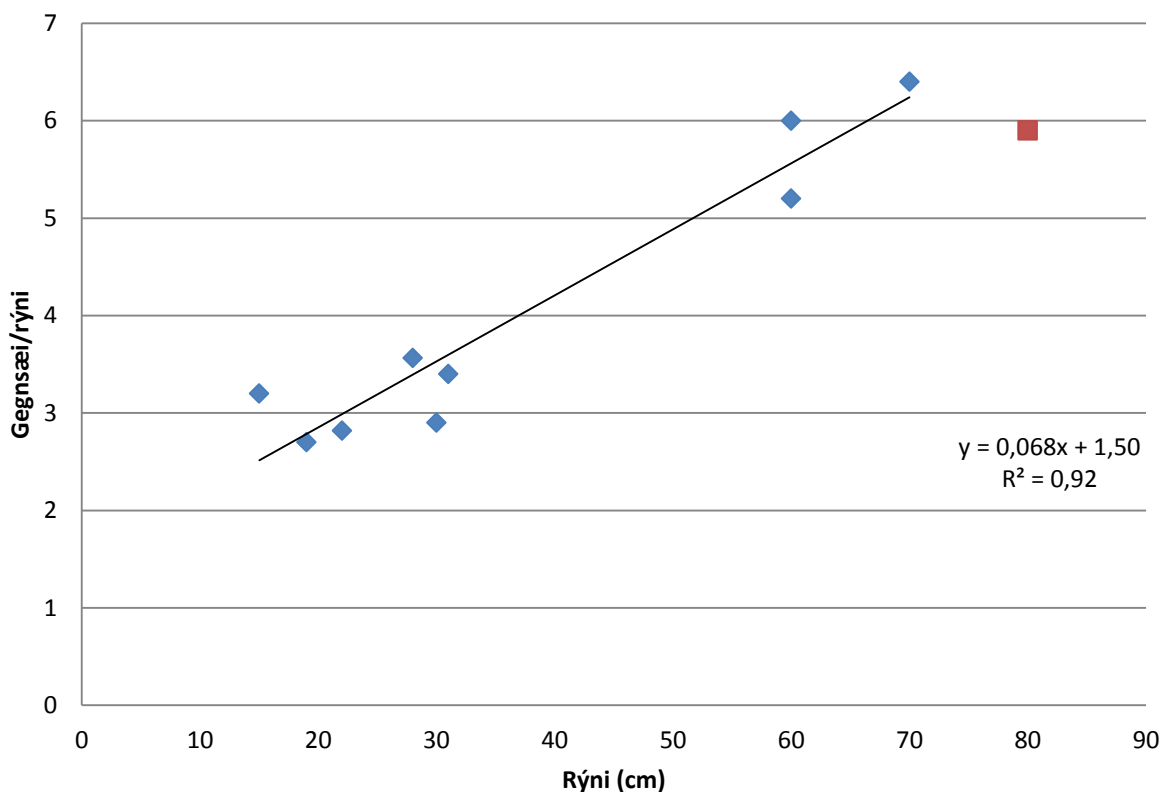
Líkt og áður sagði var samband gegnsæis og rýnis metið árið 2010, byggt á fátæklegum gögnum úr Lagarfljóti og styrkt með gögnum úr Þórisvatni og Hvítárvatni [1]. Notast var við þær mælingar í Þórisvatni sem höfðu hæstan aurstyrk. Á mynd 1 má sjá sambandið sem metið var og mælingarnar að baki matinu, auk nýrra mælinga Veiðimálastofnunar og Landsvirkjunar.



Mynd 1. Hlutfall gegnsæis og rýnis sem fall af rýni skv. úttekt 2010 [1]. Eldri mælingar úr Lagarfljóti (vinstra megin) og Þórisvatni og Hvítárvatni (hægra megin) eru bláar. Viðbótarmælingar fyrir virkjun eru með rauðum lit (Veiðimálastofnun 2006) og eftir virkjun með grænum lit (Landsvirkjun 2014).

Nýjar mælingar í Leginum styrkja innbyrðis samsvörun allra mælinga þar. Þær styrkja tengsl við þær mælingar í Þórisvatni og Hvítárvatni sem gerðar voru við aurstyrk á borð við þann sem lægst hafði mælst í Leginum. Með hliðsjón af þessu var ákveðið að sleppa einni af þeim mælingum sem áður var stuðst við, en sú mæling er lengst til hægri á mynd 1 (rýni 80 cm) og byggir hún á herra gegnsæi en hefur mælst í Leginum.

Endurmat á tengslum gegnsæis og rýnis má sjá á mynd 2, en línan verður aðeins brattari en áður, þ.e. breyting á gegnsæi verður hlutfallslega meiri en áætlað var í bráðabirgðaúttektinni. Þrátt fyrir að mælingar hafi bæst við frá 2010 [1] vantar enn mælingar með rýni 40-60 cm. Það er því tilefni til að reyna að nálgast slíkar mælingar, til þess að fá úr skorið um hvort sambandið gæti verið ólínulegt. Mælingin 2006 (rauðir punktar á mynd 1) bendir ekki til þess.

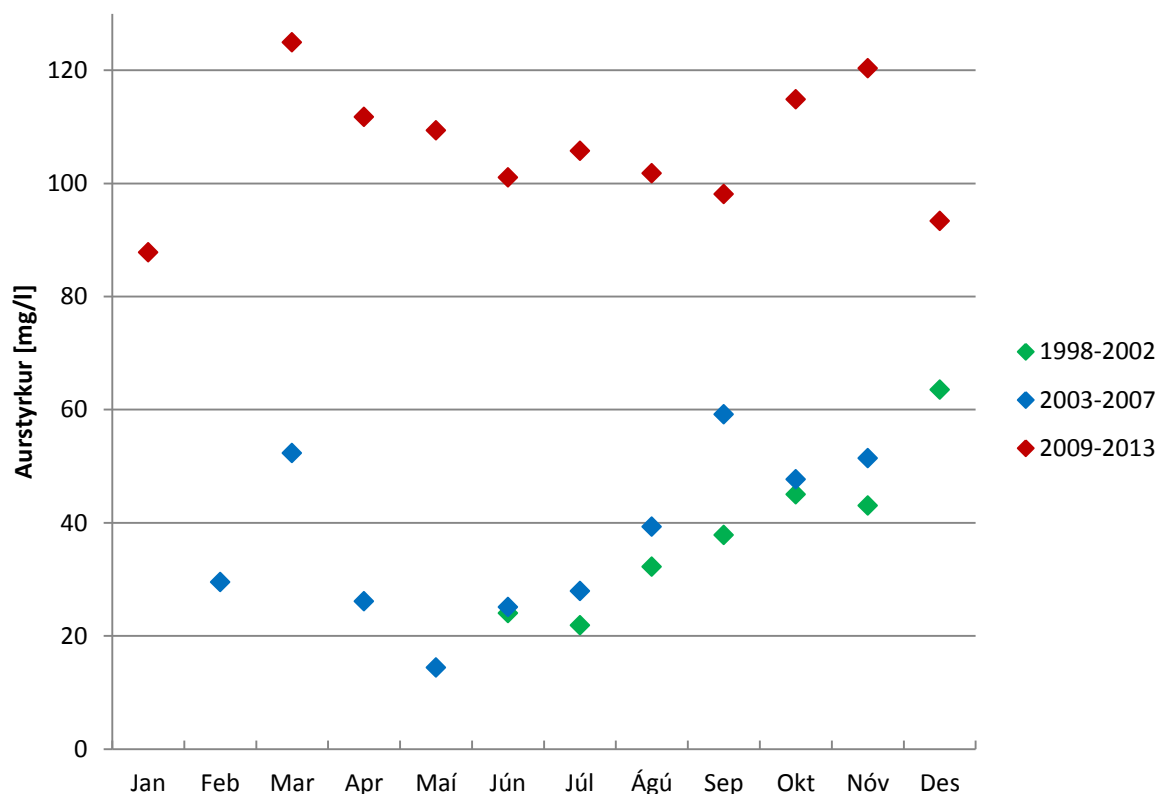


Mynd 2. Nýtt mat á hlutfalli gegnsæis og rýnis sem fall af rýni. Sambandið er byggt á öllum bláum punktum, en ekki er notast við rauða punktinn þar sem hann skeykir sambandið og ekki eru næg rök fyrir notkun hans.

AURSTYRKUR OG RÝNI

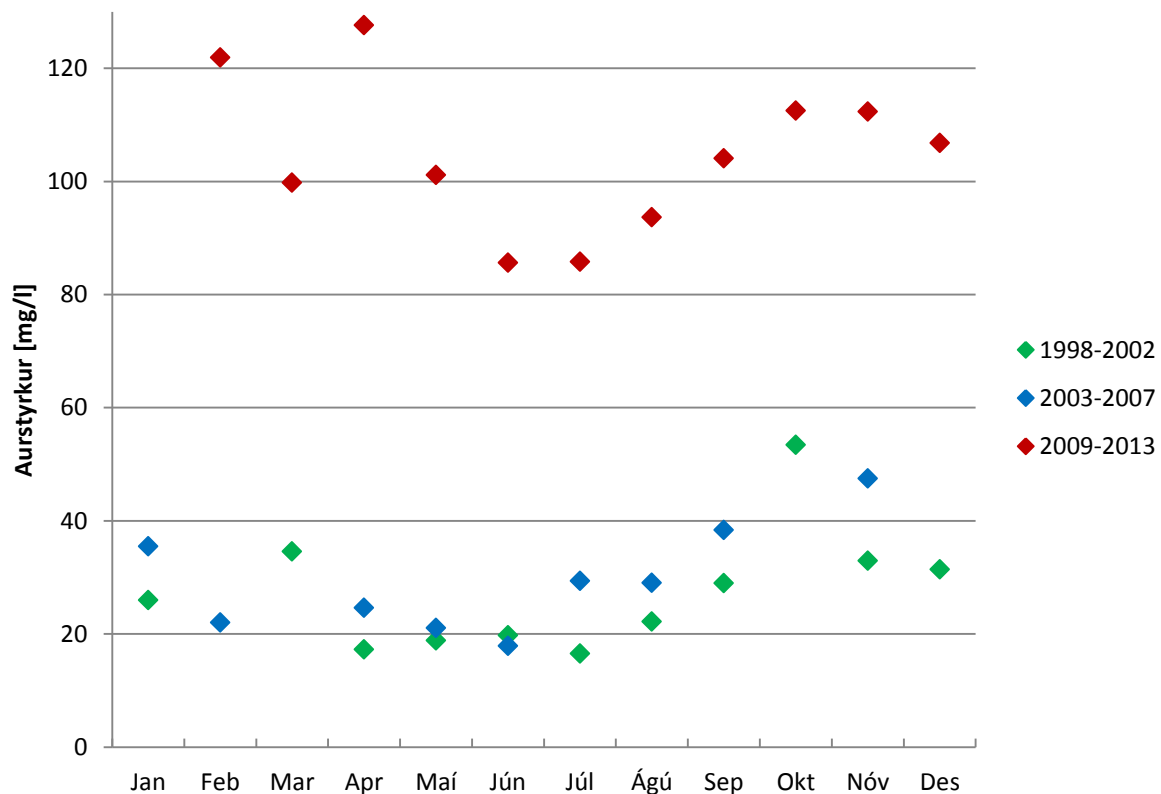
Frá árinu 1998 hafa reglulega verið gerðar aurburðarmælingar við Lagarfell og Lagarfoss á vegum Landsvirkjunar, framkvæmdar af Vatnamælingum Orkustofnunar og Veðurstofu Íslands. Árið 2003 hófust samhliða mælingar á rýni við Lagarfell og eru því til 5 ár af aurstyrks- og rýnismælingum áður en rekstur Kárahnjúkavirkjunar var kominn í framtíðarhorf. Þar sem útreiknað gegnsæi byggir á rýni er aðeins hægt að meta gegnsæi frá 2003 til og með 2013. Eldri gögn, sem innihalda eingöngu aurstyrk, gefa vísbendingu um hversu dæmigert viðmiðunartímabilið (2003-2007) fyrir virkjun er, en þann samanburð má sjá á myndum 3-4.

Aurstyrkurinn er almennt hærri tímabilið 2003-2007, en munurinn er ekki mikill, nema í september við Lagarfell, en þá er aurstyrkurinn töluvert hærri á tímabilinu 2003-2007 heldur en 1998-2002. Hægt er að skýra þann mun með því hversu mikil áhrif ein mæling getur haft, þegar notast er við fáar mælingar í meðaltali. Áberandi er að mælingar við Lagarfoss (mynd 4) leiða af sér skýrara árstíðasamband heldur en mælingarnar við Lagarfell. Þetta stafar af því að fleiri mælingar hafa verið gerðar við Lagarfoss, sem veldur því að einstaka mælingar ná ekki að bjaga meðaltalið á sama hátt og við Lagarfell. Þetta á þó aðallega við um sumartímenn, en á báðum mælistöðum hafa verið teknar fáar mælingar yfir vetrartímenn, og útlagar gætu því haft áhrif á meðaltöl þeirra mánaða.



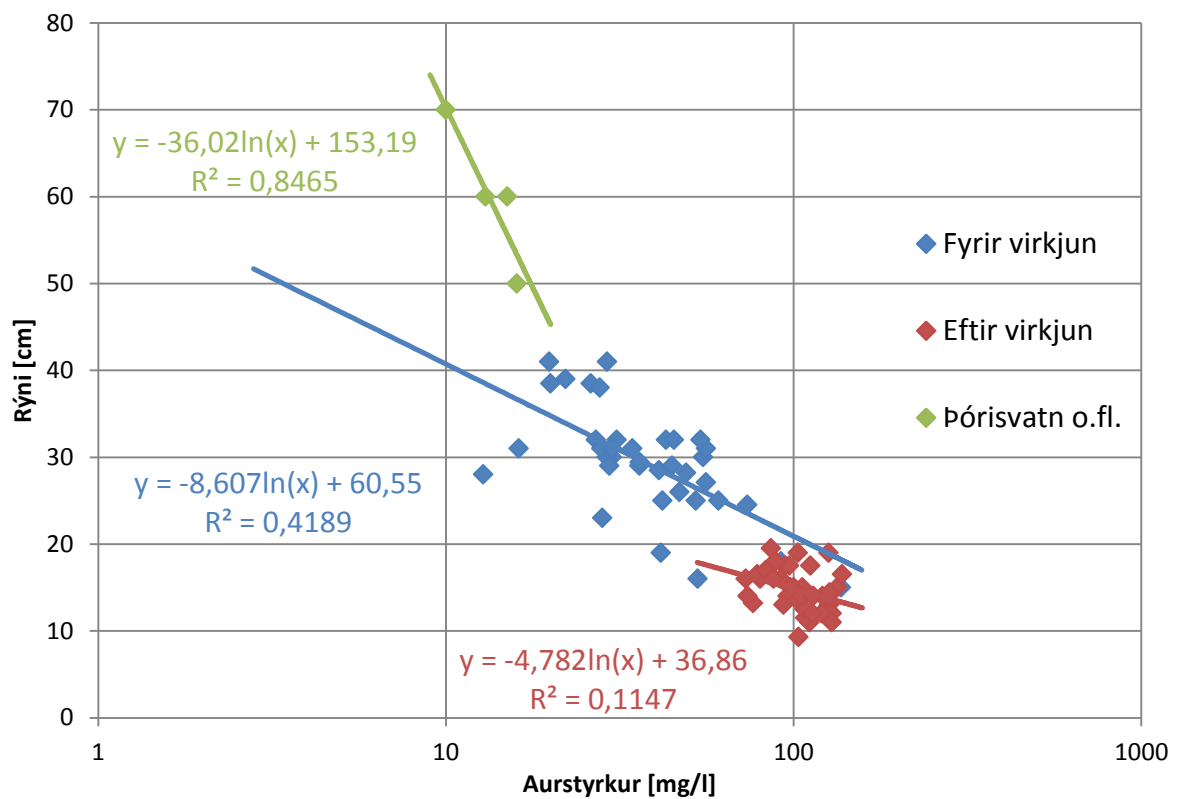
Mynd 3. Mánaðarmeðaltal aurstyrks í Lagarfljóti við Lagarfell, skipt í þrjú tímabil. Tímabilin fyrir virkjun skiptast út frá því hvenær reglulegar mælingar á rýni voru teknar upp samhliða aurburðarmælingum.

Á myndunum kemur enn fremur fram mikilvægur munur á aurstyrk fyrir og eftir virkjun. Auk þess að vera hærri kemur greinilega fram að hann er jafnhærri allt árið en hann var fyrir virkjun, eins og rætt var í fyrri skýrslu [1].



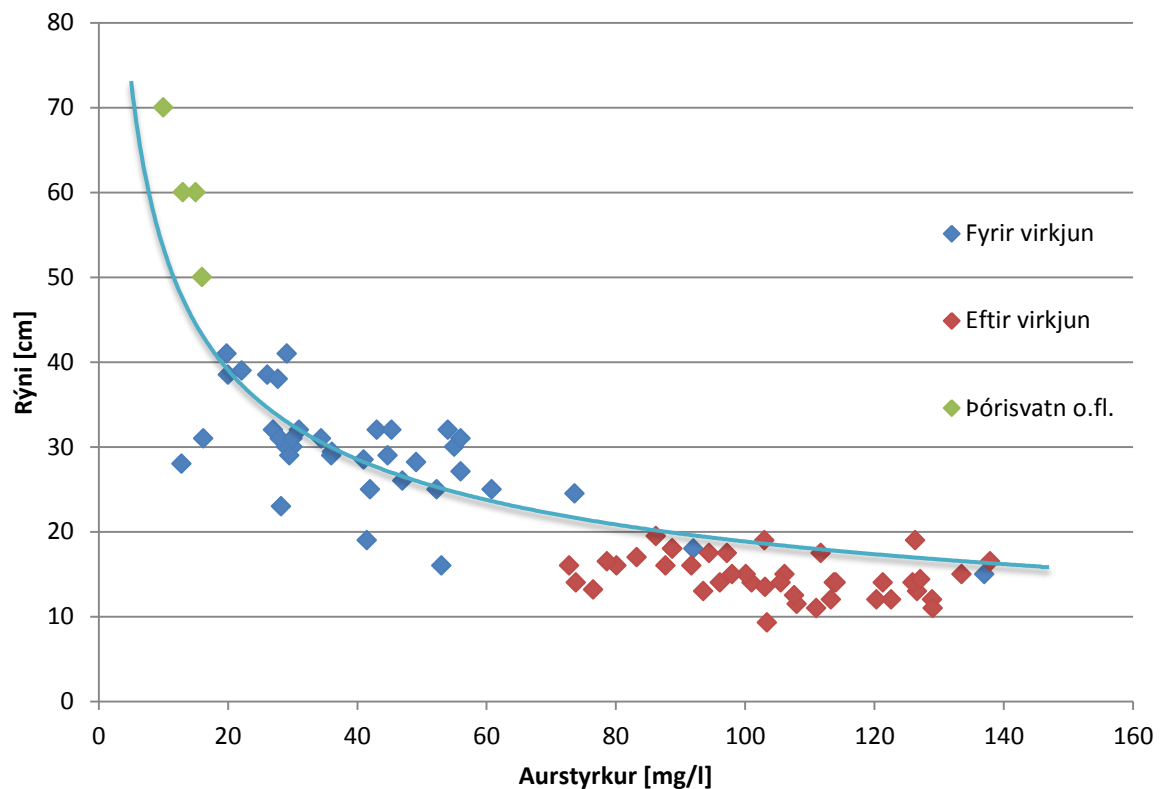
Mynd 4. Mánaðarmeðaltal aurstyrks í Lagarfljóti við Lagarfoss, skipt í þrjú tímabil. Tímabilin fyrir virkjun skiptast út frá því hvenær reglulegar mælingar á rýni voru teknar upp samhliða aurburðarmælingum.

Tengsl aurstyrks og rýnis eru mismunandi fyrir ólík kerfi, líkt og sjá má á mynd 5, sem er endurskoðun á samsvarandi samanburði í fyrri skýrslu, sem byggði á færri mælingum en nú eru til. Aurinn fyrir virkjun er allur úr Jökulsá í Fljótsdal, en eftir virkjun er hann blanda af aur úr henni og Jökulsá á Dal, eftir að grófasti aurinn hefur fallið út í Hálslóni. Í Jökulsá í Fljótsdal er hlutfall ummyndaðra korna hærri en í Jökulsá á Dal, en í Köldukvísl, sem var eina uppspretta gruggs í Þórisvatni þegar mælingar fóru fram þar, er hlutfall ferskra steinda hæst [1]. Áberandi er að rýnið eftir virkjun fellur ekki vel að beinni línu, en það má að einhverju leyti rekja til að breidd gagnanna er ekki nóg til þess að fá fram skýrt línulegt samband. Annað sem hefur áhrif er að hlutfallsleg óvissa í mælingum á rýni er orðin töluverð þegar rýnið er orðið jafn lágt og raun ber vitni.



Mynd 5. Tengsl aurstyrks og rýnis í Lagarfljóti fyrir og eftir virkjun, samanborið við þórisvatn. Lógarítmískur skali.

Rýnið hefur minnkað að tiltölu við aurstyrk eftir virkjun, og til að skoða það betur voru allar mælingar sem byggt var á á mynd 5 settar upp á línulegan skala (mynd 6). Samband rýnis og aurstyrks, byggt á mælingum fyrir virkjun og úr Þórisvatni, er táknað með blárri línu á grafinu. Rýnið eftir virkjun fellur ekki vel á þennan skala, heldur er að meðaltali um 5 cm lægra en það „ætti að mælast“ ef blandan úr Háslóni hefði ekki áhrif. Þennan mun má e.t.v. rekja til ólíkrar kornastærðardreifingar, en hlutfallslegur styrkur leirs (<0,002 mm) er meiri eftir virkjun.



Mynd 6. Rýni sem fall af aurstyrk. Samband rýnis og aurstyrks byggir á mælingum fyrir virkjun (blátt) og úr Þórisvatni (grænt). Mælt rýni eftir virkjun er lægra en ætti að fást samkvæmt sambandinu. Línulegur skali.

NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður mælinga á aurstyrk og rýni ásamt útreikningum á gegnsæi eru sýndar á myndum 7-8, en mælt var við Lagarfell.

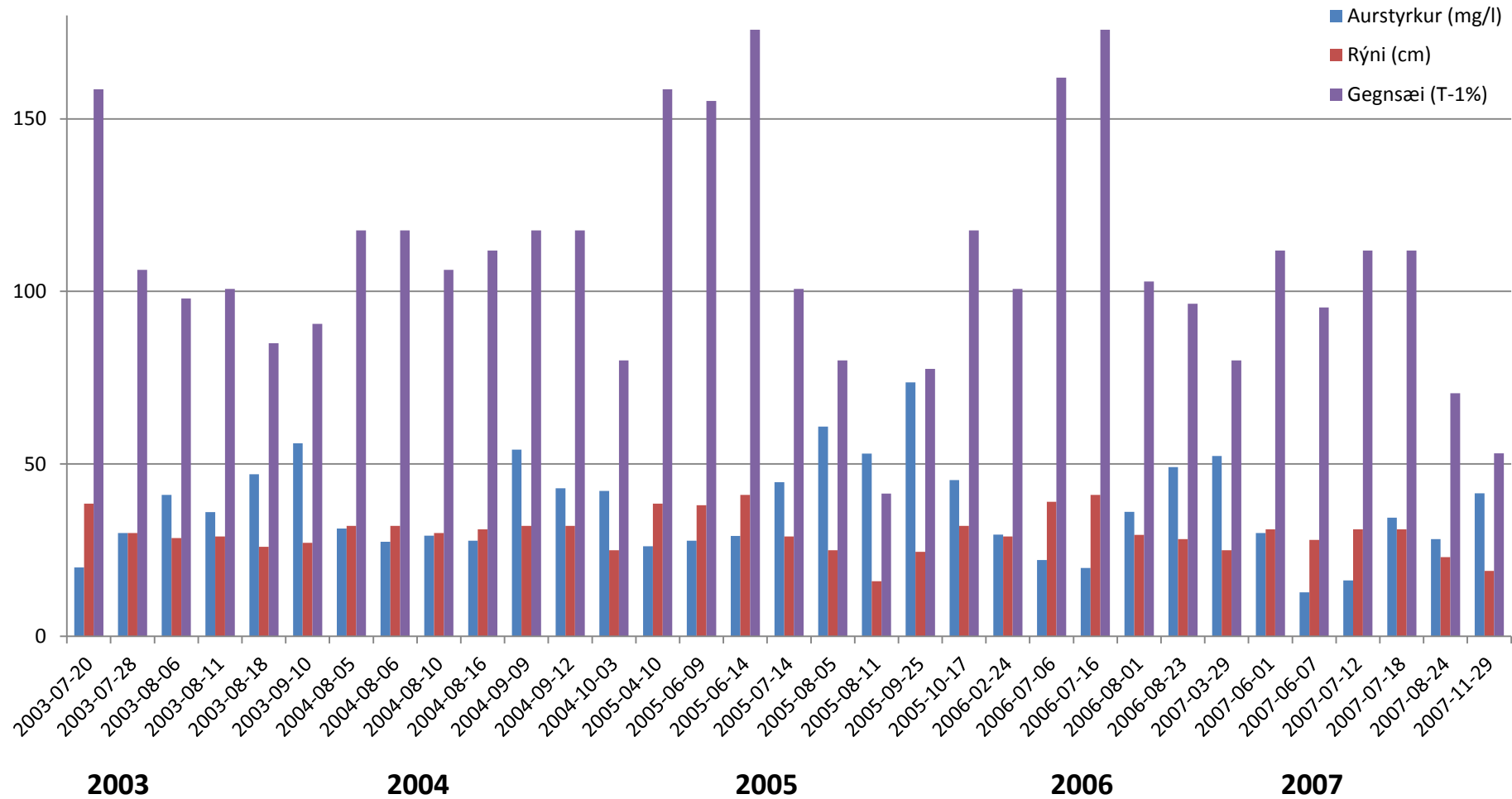
Fyrir virkjun (mynd 6) var aurstyrkur yfir sumarið 30-50 mg/l, en heldur lægri á vorin (20-30 mg/l). Meðalaurstyrkur skv. mælingum er 37 mg/l. Gegnsæi ($T_{1\%}$) reiknaðist tíðast 100-120 cm, en getur í einstaka tilfellum farið upp fyrir 150 cm.

Eftir virkjun er aurstyrkur tíðast um 100 mg/l yfir sumarið. Meðalaurstyrkur skv. mælingum er 105 mg/l. Gegnsæið reiknast almennt á bilinu 40-50 cm og fer varla upp fyrir það, sem er um 10 cm minna en í fyrra mati.

HEIMILDIR

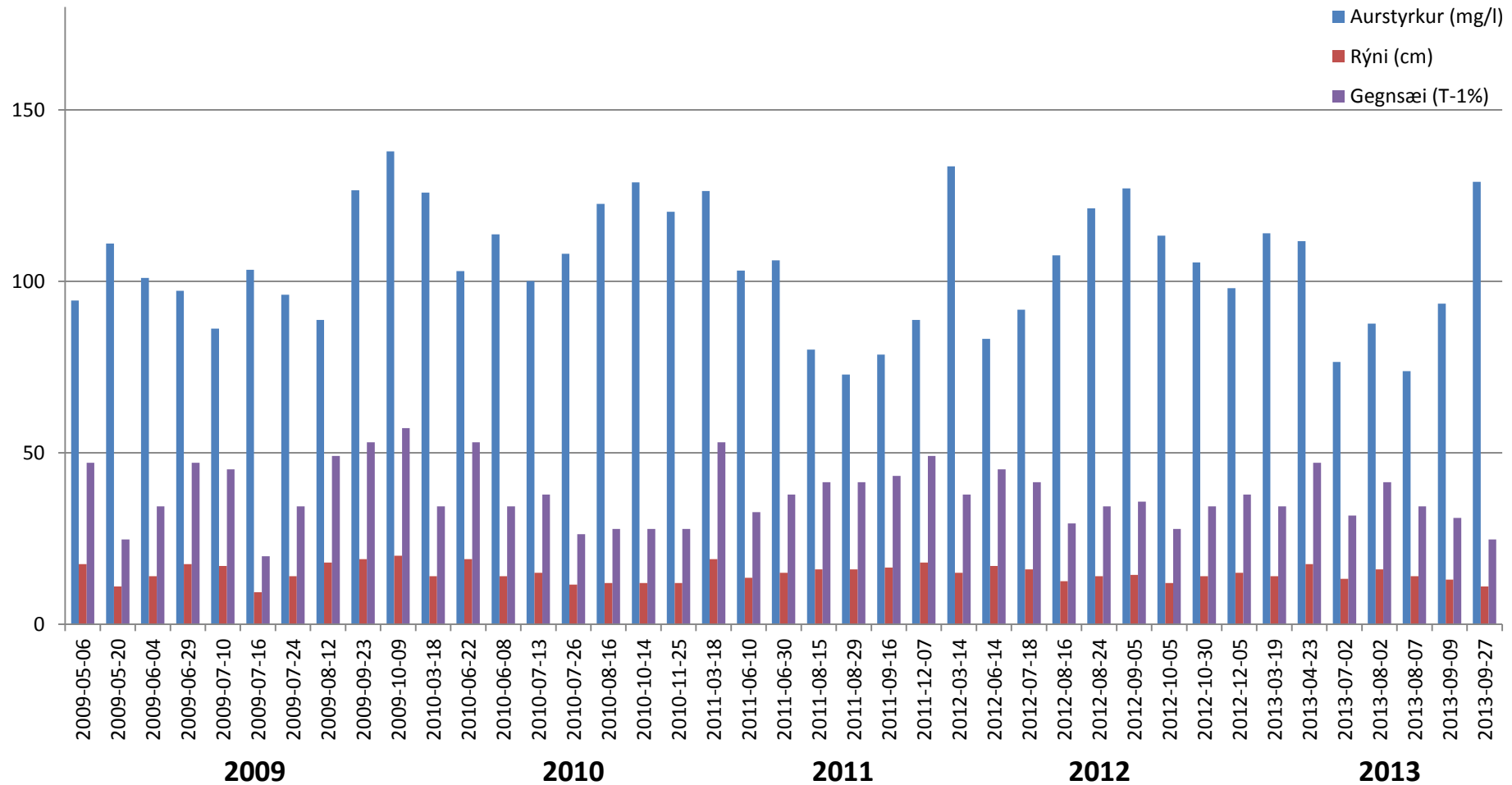
- [1] Hákon Aðalsteinsson 2010. *Grugg og gegnsæi í Lagarfljóti fyrir og eftir gangsetningu Kárahnjúkavirkjunar*. Landsvirkjun. LV-2010-123.
- [2] Landsvirkjun 2001. *Kárahnjúkavirkjun. Áhrif á lit Lagarfljóts. Niðurstöður tilrauna*. Landsvirkjun, VST, Orkustofnun Vatnamælingar. LV-2001/012.
- [3] Aurburðargagnasafn Veðurstofu Íslands.
- [4] Hákon Aðalsteinsson 1976. *Lögurinn. Svifaur, gegnsæi og lífríki*. Orkustofnun. OS-ROD-7609.

2003-2007



Mynd 7: Aur (mg/l) og rýni (cm) mælt í Lagarfljóti fyrir virkjun 2003-2007 ásamt gegnsæi ($T_{1\%}$) sem reiknað er skv. $y = 0,068x + 1,50$ (mynd 2).

2009-2013



Mynd 8: Aur (mg/l) og rýni (cm) mælt í Lagarfljóti eftir virkjun 2009-2013 ásamt gegnsæi ($T_{1\%}$) sem reiknað er skv. $y = 0,068x + 1,50$ (mynd 2).



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

