

Skýrsla nr. 2018-023

19.09.2018



Mat á töpum í hitaveitukerfi

Athugun á nýtni hitaveitu á höfuðborgarsvæðinu

Arna Sigurðardóttir & Pétur Már Gíslason

Umsjón: Guðleifur Kristmundsson, Þróun

Skráningarblað skýrslna

Skýrsla nr. 2018-023	Útgáfudagur 19.9.2018	Útgáfustaður Reykjavík
Heiti skýrslu Mat á töpum í hitaveitukerfi		
Upplag pdf	Fjöldi síðna 24	Dreifing
Höfundur/ar Arna Sigurðardóttir & Pétur Már Gíslason		Verknúmer 10045711
Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur		Samvinnuaðilar Veitur
Útdráttur Töp í hitaveitukerfi höfuðborgarsvæðisins voru metin með því að skoða heildarframleiðslu á heitu vatni fyrir höfuðborgarsvæðið og bera hana annars vegar saman við sölutölur á heitu vatni og hins vegar við framrennsli í dælustöðvum hitaveitunnar. Á því 15 ára tímabili sem var skoðað var frekar gott samræmi milli þessara tveggja aðferða. Kom í ljós að töpin eru tímabilaskipt og á árunum 2003-2007 töpuðust í kringum 10-11% af vatni en síðan hefur eitthvað lagast í kerfinu því á árunum 2008-2012 töpuðust um 3-6% og á árunum 2013-2017 töpuðust ekki nema um 2%. Til þess að reyna að staðsetja töpin var vatninu í hitaveitunni skipt eftir uppruna, þ.e. eftir því hvort það komi úr borholum á vinnslusvæðum eða frá virkjanasvæðunum. Þá virtist sem töpin ættu frekar uppruna sinn frá borholuvatninu og um 85% af töpunum á árunum 2003-2017 voru töp á borholuvatni en borholuvatn er að meðaltali um 60% af hitaveitukerfinu. Borholuvatninu var síðan skipt enn frekar upp og það vatn sem kom frá borholunum á Laugarnessvæðinu var greint frá því sem kom frá borholum í Reykjum, Reykjahlíð og á Elliðaársvæðinu. Vatnið sem kemur frá Laugarnesinu er um 22% af borholuvatni í hitaveitukerfinu og um 39% af töpum borholuvatns á árunum 2003-2017 virðast koma frá því svæði. Kerfismynd hitaveitunnar („Langhundur“) var einnig skoðuð ítarlega ásamt klukkustundargildum rennslis í Kerfiráði og einstaka dælustöðvar stemmdar af þannig að athugað var hvort summa rennslis inn í stöðina stemmdi við summu rennslis út úr stöðinni.		
Efnisorð Hitaveita, töp, nýtni, vatnsvinnsla		Yfirlit

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
2	Aðferðarfræði	1
2.1	Framleiðsla	1
2.2	Sala	2
2.3	Framrennsli	2
3	Niðurstöður	2
3.1	Samanburður á framleiðslu og sölu	2
3.2	Samanburður á framleiðslu og framrennsli	3
3.3	Samanburður á framleiðslu og framrennsli eftir uppruna	4
3.3.1	Frekari skipting á uppruna vatnsins	10
4	Útreikningar	16
4.1	Vinnslutölur	16
4.2	Mat á Kringlumýraæð og Suðurlandsbrautaræð	17
5	Stemmir „Langhundur“?	18
6	Samantekt á niðurstöðum	22
7	Punktur um óvissu	23
8	Heimildir	24

Myndir

Mynd 1. Árleg vinnsla og sala hitaveitu 2003-2017	3
Mynd 2. Vinnsla og sala hitaveitu eftir tímabilum 2003-2017	3
Mynd 3. Árleg vinnsla og framrennsli hitaveitu 2003-2017	4
Mynd 4. Vinnsla og framrennsli hitaveitu eftir tímabilum 2003-2017	4
Mynd 5. Vinnsla og framrennsli virkjanavatns fyrir leiðréttingu 2003-2017	7
Mynd 6. Vinnsla og framrennsli borholuvatns fyrir leiðréttingu 2003-2017	7
Mynd 7. Vinnsla og framrennsli virkjanavatns 2003-2017 eftir leiðréttingu	8
Mynd 8. Vinnsla og framrennsli virkjanavatns eftir tímabilum 2003-2017 eftir leiðréttingu	8
Mynd 9. Vinnsla og framrennsli borholuvatns 2003-2017 eftir leiðréttingu	9
Mynd 10. Vinnsla og framrennsli borholuvatns eftir tímabilum 2003-2017 eftir leiðréttingu	9
Mynd 11. Uppruni vatns og tapa í hitaveitu 2003-2017	10
Mynd 12. Rennsli vatnsins úr Laugarnesborholum, tekið úr Langhundi	11
Mynd 13. Vinnsla og framrennsli á vatni frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám fyrir leiðréttingu ..	13

Mynd 14. Vinnsla og framrennsli vatns frá Laugarnesi fyrir leiðréttingu.....	13
Mynd 15. Vinnsla og framrennsli vatns frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám eftir leiðréttingu. ...	14
Mynd 16. Vinnsla og framrennsli vatns frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám eftir tímabilum eftir leiðréttingu.....	14
Mynd 17. Vinnsla og framrennsli vatns frá Laugarnesi eftir leiðréttingu.....	15
Mynd 18. Vinnsla og framrennsli vatns frá Laugarnesi eftir tímabilum eftir leiðréttingu.....	15
Mynd 19. Uppruni vatns og tapa borholuvatns árin 2003-2017.	16
Mynd 20. Árbæjarbrunnur í Langhundi. Rennslismælar eru merktir með gulu, heitt vatn er bleikt, bakvatn er blátt og framvatn er rautt.	18
Mynd 21. Rennsli í Árbæjarbrunni frá júlí 2017 til maí 2018.	19
Mynd 22. Mismunur stöðvarennslis (aðrennsli + bakrennsli) og framrennslis í Árbæjarstöð frá júlí 2017 til maí 2018.....	19
Mynd 23. Rennsli í Suðuræð frá júlí 2017 til maí 2018.	21
Mynd 24. Mismunur rennslis í byrjun Suðuræðar og summu rennslis út úr æðinni (að frádregnu rennsli í æðina) frá júlí 2017 til maí 2018.....	21
Mynd 25. Rennsli í Reykjaæðum frá júlí 2017 til maí 2018.	22
Mynd 26. Mismunur rennslis í byrjun Reykjaæða og summu rennslis út úr æðunum (að frádregnu rennsli í æðirnar) frá júlí 2017 til maí 2018.	22

Kort

Kort 1: Uppruni heita vatnsins á Höfuðborgarsvæðinu.....	5
--	---

Töflur

Tafla 1. Meðalhitastig borholuvatns á árunum 2003-2017 (Ívarsson, 2003-2017)	2
Tafla 2. Framrennslismælingar á höfuðborgarsvæðinu og tegund vatnsins	5
Tafla 3. Skipting framrennslismæla borholuvatns eftir uppruna.	12
Tafla 4. Skoðun mæla í Langhundi?	20

1 Inngangur

Veturinn 2017-2018 var mjög kaldur og því mikil eftirspurn eftir heitu vatni. Þetta varð til þess að farið var að huga að nýtni heita vatnsins á höfuðborgarsvæðinu og hvort allt það vatn sem var framleitt skilaði sér til notenda. Þá kom í ljós að töp í hitaveitukerfi Höfuðborgarsvæðisins hafa aldrei verið metin kerfisbundið og því tilefni til að hefja þá rannsóknarvinnu. Verkefnið snýst um að skoða gögn 15 ár aftur í tímann og meta töp á ársvísu. Gögnin sem skoðuð voru eru vinnslutölur, framrennslistölur og sölutölur. Til þess að hafa samræmi í gögnunum voru vinnslutölurnar umreiknaðar yfir á 80°C þannig að afltölur fyrir hverja holu fyrir sig (eða frá hverri virkjun) voru notaðar til þess að reikna heildarrúmmál heits vatns við 80°C sem framleitt er á mánaðartímabili. Einnig voru klukkustundargildi úr Kerfiráði skoðuð til þess að leggja mat á áreiðanleika rennslismæla í kerfinu og stemma af ákveðnar dælustöðvar.

2 Aðferðarfræði

Töp í hitaveitu er hægt að meta með því að skoða hversu mikið vatn er framleitt og bera það saman við það magn af vatni sem er selt. Með framleiðslu er hvort tveggja átt við það vatn sem kemur upp úr lághitaborholunum á höfuðborgarsvæðinu og grunnvatnið sem er hitað upp á virkjanasvæðunum tveimur, Nesjavöllum og Hellisheiði, og kemur þaðan inn í hitaveituna. Ef framleiðslan er merkjanlega meiri en salan þá bendir það til þess að eitthvað vatn sé að tapast í kerfinu. Mögulega er hægt að skipta heildarkerfinu upp í minni kerfi og skoða þau hvert fyrir sig. Séu einhver töp til staðar má hugsa sér að reyna að staðsetja þau innan þessara minni kerfa.

Önnur nálgun er að bera framleiðslutölurnar saman við framrennsli í dælustöðvum. Dælustöðvar eru víða á höfuðborgarsvæðinu og taka við vatni úr borholum, frá virkjunum eða frá öðrum dælustöðvum og dæla því í dreifikerfi nærliggjandi hverfis. Vatnið á því eftir að fara í gegnum dreifikerfi hverfis áður en það kemst til notenda og því gerir þessi nálgun ekki ráð fyrir töpum á því svæði. Aftur á móti fást áreiðanlegri upplýsingar með þessum hætti þar sem mælingar eru gerðar stöðugt líkt og í framleiðslunni en ekki mánaðarlega eins og í sölnunni.

2.1 Framleiðsla

Á hverju ári er gefin út skýrsla um hitaveituna í Reykjavík: *Hitaveita í Reykjavík, Vatnsvinnslan og efnafræði vatnsins* (sjá kafla 8, heimildir). Þar eru meðal annars birt mánaðarmeðaltöl rennslis og afls sérhverrar borholu á höfuðborgarsvæðinu auk hitastigs þeirra. Einnig eru birtar sambærilegar tölur fyrir það vatn sem kemur frá virkjununum tveimur, Nesjavöllum og Hellisheiði. Vatnið kemur upp úr borholunum við mismunandi hitastig, allt frá 80°C upp í tæplega 130°C (Tafla 1), en vatn frá virkjunum kemur inn á kerfið nálægt 80°C. Allt vatn er síðan selt við sama hitastig eða um 80°C. Þar sem borholurennslíð er mælt við mismunandi hitastig þarf að reikna hversu mikið af 80°C heitu vatni fæst með uppblöndun á því áður en það er borið saman við sölutölur. Þetta er gert með því að nota afl vatnsvinnslunnar og reikna hversu mikið vatn við 80°C myndi gefa slíkt afl, með öðrum orðum, afltölur fyrir hverja holu fyrir sig (eða frá hverri virkjun) eru notaðar til þess að reikna heildarrúmmál heits vatns við 80°C sem framleitt er á mánaðartímabili (sjá útreikninga í kafla 4.1).

Tafla 1. Meðalhitastig borholuvatns á árunum 2003-2017 (Ívarsson, 2003-2017)

	Laugarnes	Ellíðaár	Reykir	Reykjahlíð
Meðalhitastig	127,3°C	87,6°C	82,8°C	91,6°C

2.2 Sala

Notkun á hitaveitu er yfirleitt áætluð út frá fyrri notkun greiðanda og því eru upplýsingar um sölu á heitu vatni áætlunartölur en ekki raungildi. Notkunin er þá áætluð sem einhvers konar meðalnotkun fyrri ára og er þá nokkuð jöfn yfir árið ólíkt framleiðslunni sem eykst á veturna og minnkar á sumrin. Lesið er af mælum notenda u.þ.b einu sinni á ári og þá er áætlunin leiðrétt. Nýlega var byrjað á því að biðja notendur um að lesa sjálfir af mælunum og þá hefur það stundum dregist þannig að lengra en ár verður milli aflestra. Þetta gerir það að verkum að erfitt er að bera saman vinnslu- og sölutölur mánuð fyrir mánuð. Hins vegar er hægt að fá grófa mynd af mögulegum töpum með því að skoða heil ár. Gögnin sem notuð voru fyrir þessa skoðun eru magn af seldu vatni (í rúmmetrum) skipt eftir póstnúmerum.

2.3 Framrennsli

Rennslismælar eru í öllum dælustöðvum höfuðborgarsvæðisins sem mæla það framrennsli sem fer til notenda heita vatnsins. Hægt er að nálgast heildarframrennsli á hverri stöð eftir mánuðum og hentar það vel til þess að bera saman við vinnslutölur. Einnig er möguleiki á að skipta framrennslinu eftir uppruna með því að skoða hvaða dælustöðvar meðhöndla vatn úr hvaða borholum eða frá hvaða virkjun.

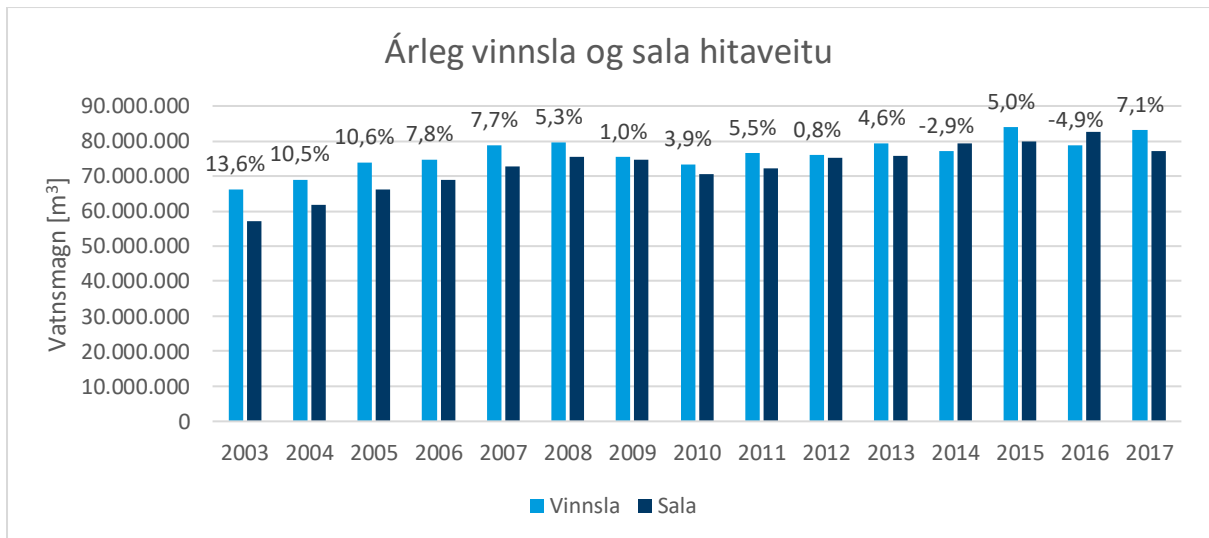
Til þess að fá betri mynd af málinu voru einnig skoðuð klukkustundargildi framrennslis og annars rennslis innan dælustöðvanna (aðrennsli, bakrennsli, millirennsli ofl.) eitt ár aftur í tímann. Þetta var gert til þess að stemma af stöðvarnar og meta hversu áreiðanlegir rennslismælarnir eru. Þá var stuðst við kerfismynd hitaveitunnar, s.k. „Langhund“ og Kerfiráðinn.

3 Niðurstöður

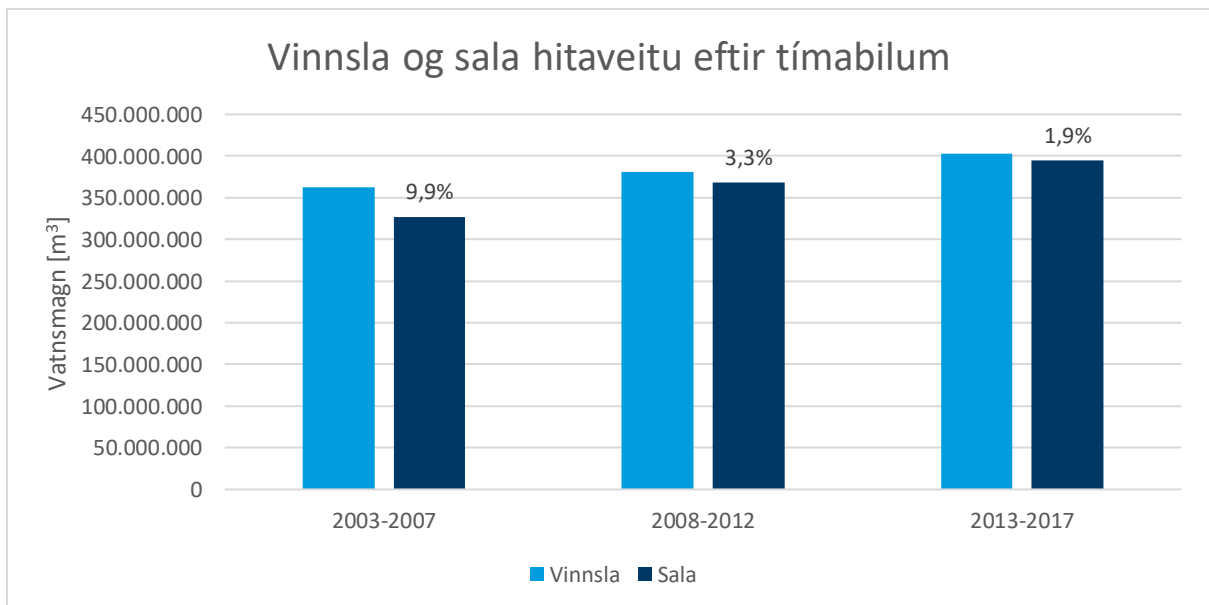
3.1 Samanburður á framleiðslu og sölu

Fyrsta nálgun var að skoða vinnslutölur úr borholum og frá virkjunum (sjá kafla 4.1) og bera saman við sölutölur. Það reyndist erfitt að bera saman vinnslu- og sölutölur mánuð fyrir mánuð því selt magn er ekki mælt mánaðarlega heldur er yfirleitt áætluð notkun fyrir árið og síðan er það leiðrétt eftir á. Oft koma þá ekki raunveruleg gögn inn í kerfið fyrr en seint og síðar meir, sér í lagi þegar notendur lesa sjálfir á mælana og e.t.v. ekki alltaf á réttum tíma. Þessi gögn voru því einungis borin saman á ársvísu.

Samanburður á þessum tölum bendir til að töp í hitaveitu séu tímabilaskipt. Fyrir árið 2008 (2003-2007) töpuðust u.þ.b 8-13% af heitu vatni árlega en það samsvarar rétt rúmlega 7 milljónum tonna af vatni (sjá Myndir 1 og 2). Eftir hrun virðast töpin hafa minnkað töluvert. Á árunum 2008-2012 voru meðaltöp á ári 3,3% eða um 2,5 milljónir tonna. Meðaltöp á árunum 2013-2017 voru 1,9% eða um 1,5 milljónir tonna af vatni. Árin 2014 og 2016 mældust töpin með þessum hætti neikvæð, það er salan var meiri en framleiðslan. Þetta stafar líklega af seinkun á sölutölum vegna áætlananna. Einnig er möguleiki á að þarna hafi notkunin verið yfiráætluð.



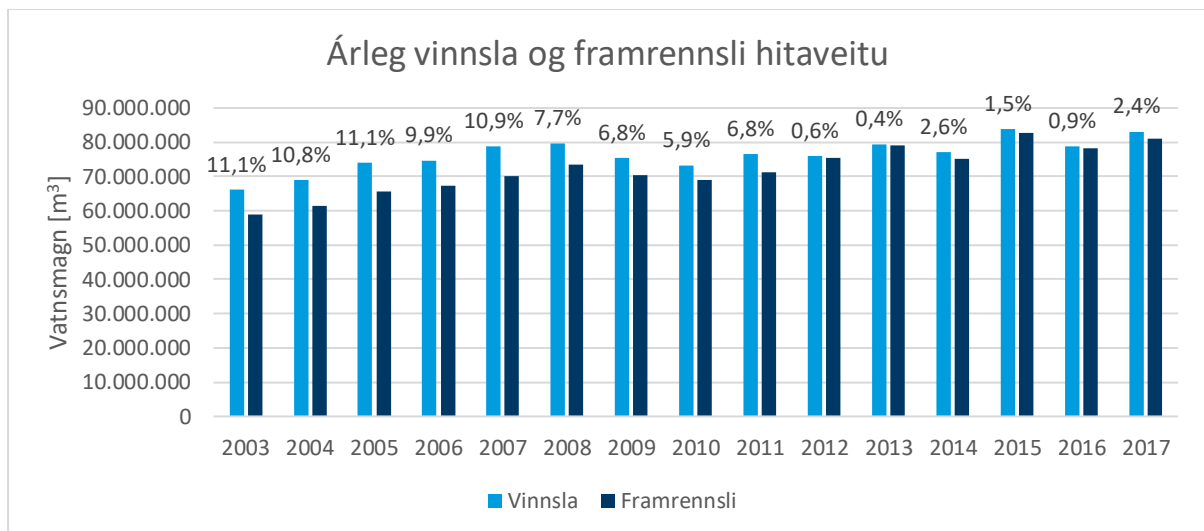
Mynd 1. Árleg vinnsla og sala hitaveitu 2003-2017



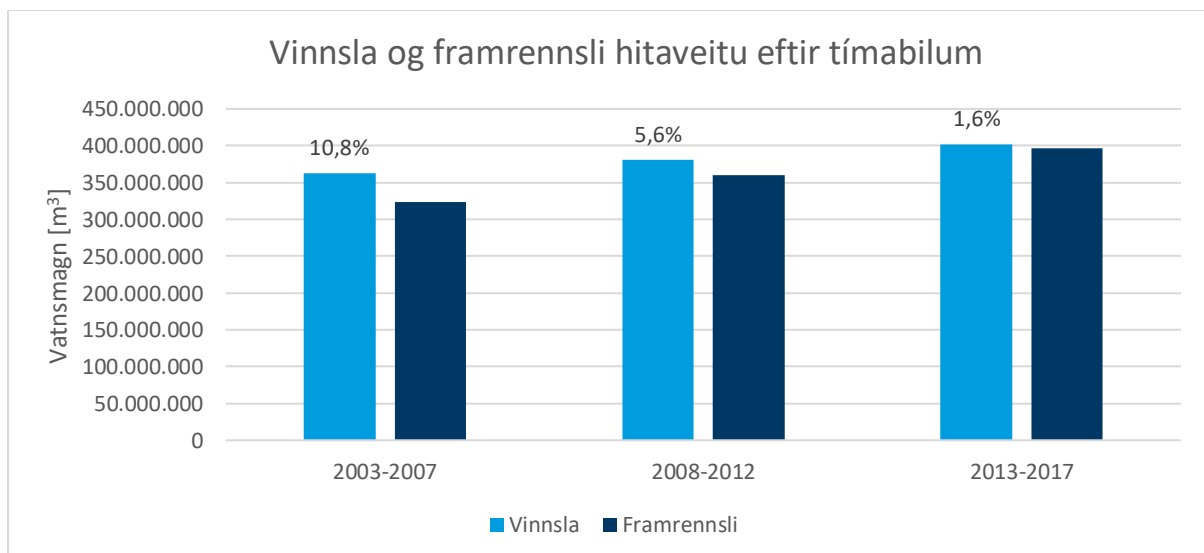
Mynd 2. Vinnsla og sala hitaveitu eftir tímabilum 2003-2017

3.2 Samanburður á framleiðslu og framrennsli

Önnur nálgun var að skoða framrennslistölur og bera saman við vinnsluna. Þetta sýndi svipaðar niðurstöður og áður, en þó ekki alveg eins. Töpin voru töluverð á árunum 2003-2007 eða um 10-11% sem samsvarar tæplega 8 milljónum tonna af vatni (sjá Myndir 3 og 4). Á árunum 2008-2012 minnkuðu töpin og voru að meðaltali 5,6%, sem samsvarar um 4 milljónum tonna af vatni. Enn minnkuðu töpin á árunum 2012-2017 og nema þá um 1,4% á ári að meðaltali, sem samsvarar rúmlega einni milljón tonna af vatni.



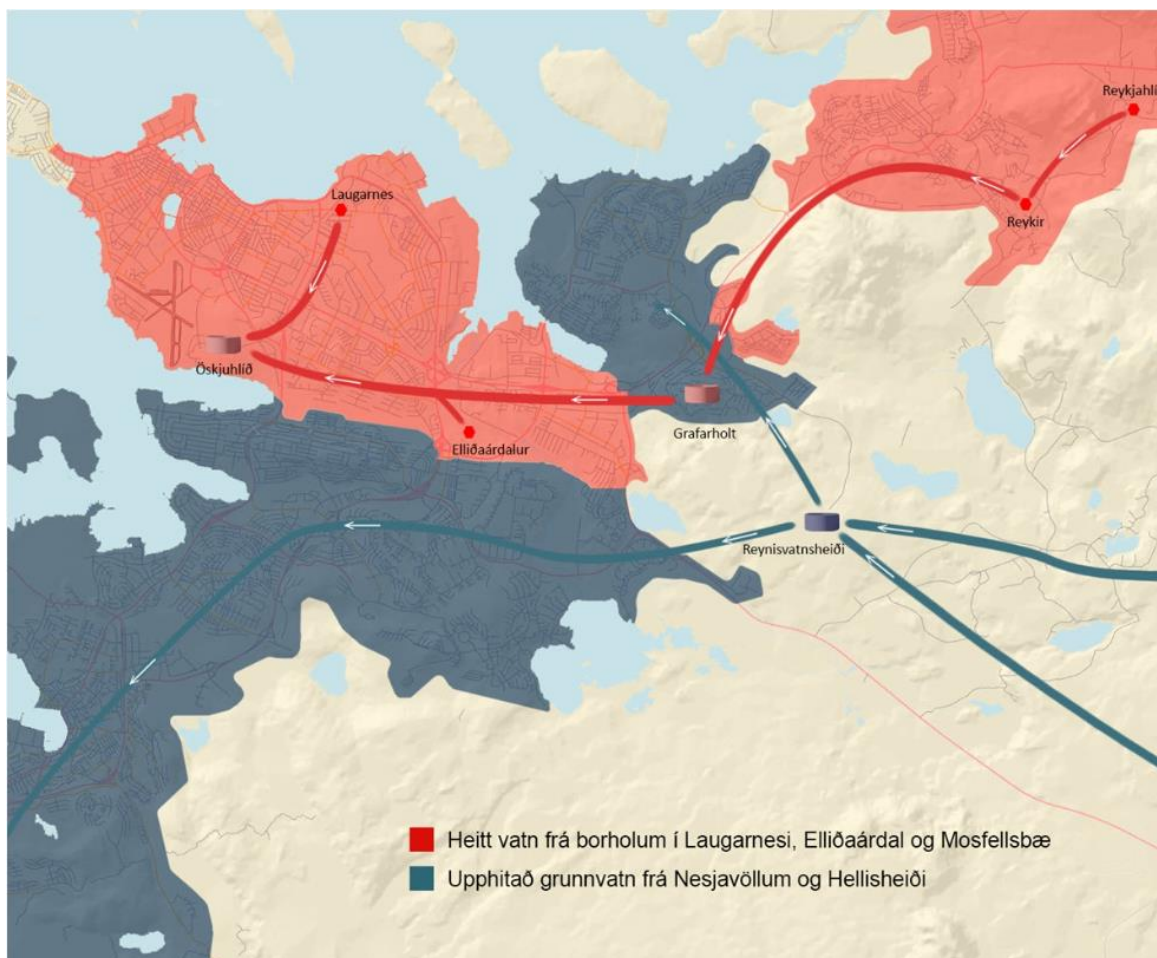
Mynd 3. Árleg vinnsla og framrennsli hitaveitu 2003-2017



Mynd 4. Vinnsla og framrennsli hitaveitu eftir tímabilum 2003-2017

3.3 Samanburður á framleiðslu og framrennsli eftir uppruna

Þar sem hvort tveggja notkunartölur og framrennslistölur benda til þess að mikil töp hafa orðið á heitu vatni á árunum 2003-2007 var næsta skref að reyna að staðsetja töpin. Framleiðslunni var því skipt eftir uppruna, þ.e. hvort um er að ræða vatn úr borholum eða frá virkjununum. Til samanburðar var sama aðferð notuð við framrennslið. Valið var að notast frekar við framrennslið en söluna þar sem það voru taldar áreiðanlegri upplýsingar. Auðvelt er að skipta framleiðslunni eftir uppruna en til þess að skipta framrennslinu þarf að skoða málið nánar. Grófa mynd af skiptingu framrennslisins má sjá á Korti 1.



Kort 1. Uppruni heita vatnsins á Höfuðborgarsvæðinu (Veitur, Uppruni heita vatnsins, 2018)

Skipting vatnsins er þó ekki einhlít. Sum hverfi hafa kerfi sem geta bæði tekið við virkjanavatni og borholuvatni og skipta stundum á milli, til dæmis vegna bilana eða viðhaldsaðgerða. Algengast er að Grafarvogur og Breiðholt skipti um vatn en einnig er hægt að skipta á hluta Kópavogs, hluta Garðabæjar og Álfтанess. Nokkrar mögulegar skiptingar á vatninu voru því skoðaðar og sú sem krafðist fæstra leiðréttinga notuð en leiðréttingar þarf að gera þegar framrennslið verður meira en vinnslan. Lista yfir framrennslismælingar og vatnstegund má sjá í Töflu 2.

Tafla 2. Framrennslismælingar á höfuðborgarsvæðinu og tegund vatnsins

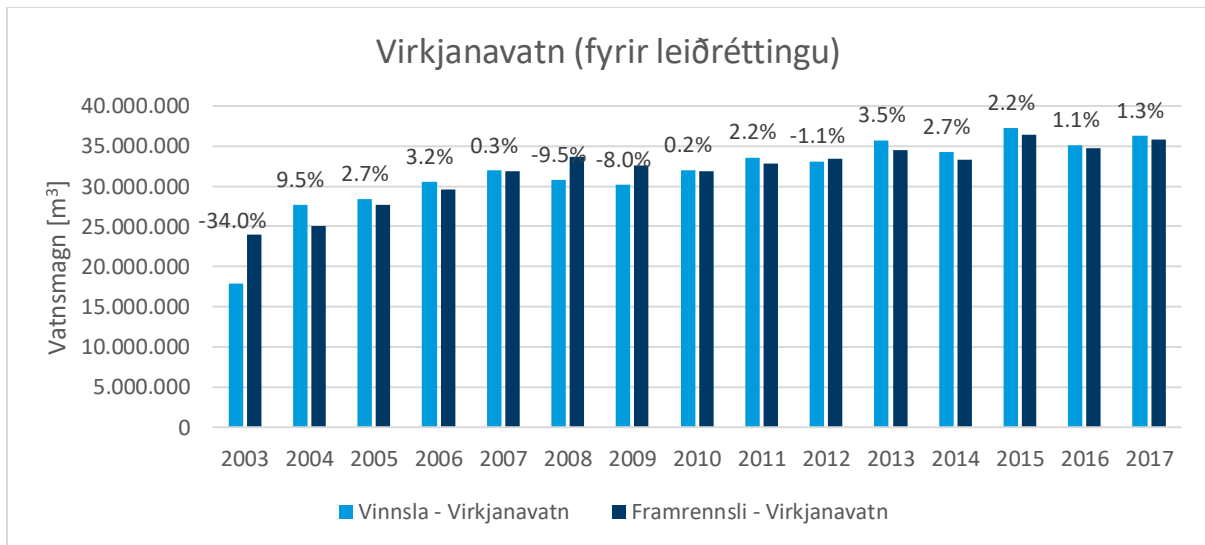
Heiti í Mælaborðinu	Uppruni vatns		Skipting í útreikningum	Staðsetning í Langhundi
Árbær (ARRS1)	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Árbæjar
Bolholt (BORS3)	Borholur		Borholuvatn	Bolholtsstöð
Víkurvegur (Borgarholt)	Virkjanir	Borholur	Virkjanavatn	Dælustöð Víkurveg
Breiðholt I og II	Virkjanir	Borholur	Borholuvatn	Dælustöð Breiðholts
Breiðholt III	Virkjanir	Borholur	Borholuvatn	Dælustöð Breiðholts
Dælustöð Vatnsenda	Virkjanir		Virkjanavatn	Vatnsendi
Efri byggð Kópavogs	Virkjanir		Virkjanavatn	Stekkjabakkabrunnur
Elliðavogsæð	Borholur		Borholuvatn	Suðurlandsbrautarbrunnur
Fossvogur	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Fossvogs

Gamli Bærinn	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Öskjuhlíð
Grafarholt	Virkjanir	Borholur	Virkjanavatn	Grafarholtsstöð
Hafnarfj. Garðabær, Kóp. o.fl.	Virkjanir		Virkjanavatn	Stýrihús í Fífuhammi & Kaplakrikabrunnur
Heimahverfi	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Grensás
Hlíðarhverfi	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Öskjuhlíð
Kjalarnes og Tungumelar	Borholur		Borholuvatn	Reykjahlíð 1
Leitahverfi	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Grensás
Logafold	Virkjanir	Borholur	Virkjanavatn	Dælustöð Logafold
Mosfellsbær	Borholur		Borholuvatn	Dælustöð Reykjum & Hamrahlíð
Mosfellsdalur	Borholur		Borholuvatn	Reykjahlíð 1
Neðri byggð Kópavogs	Virkjanir		Virkjanavatn	Skemmuvegsbrunnur
Kjalarnes	Borholur		Borholuvatn	- gamalt, nú Kjalarnes og Tungumelar
Norðlingaholt	Virkjanir		Virkjanavatn	Dælustöð Norðlingaholt
Rennsli í Selás úr Suðuræð	Virkjanir	Borholur	Virkjanavatn	Selásbrunnur
Rennsli í Seljahverfi úr Suðuræð	Virkjanir	Borholur	Virkjanavatn	Seljahverfisbrunnur
Rjúpnasalir	Virkjanir		Virkjanavatn	Rjúpnasalir
Sundlaugar	Borholur		Borholuvatn	Sundlaugarstöð
Rennsli frá Árbæjarbrunni	Borholur		Borholuvatn	Árbæjarbrunnur
Rennsli í Úlfarsfellshlíðar	Borholur		Borholuvatn	Brunnur norðan Úlfarsáar

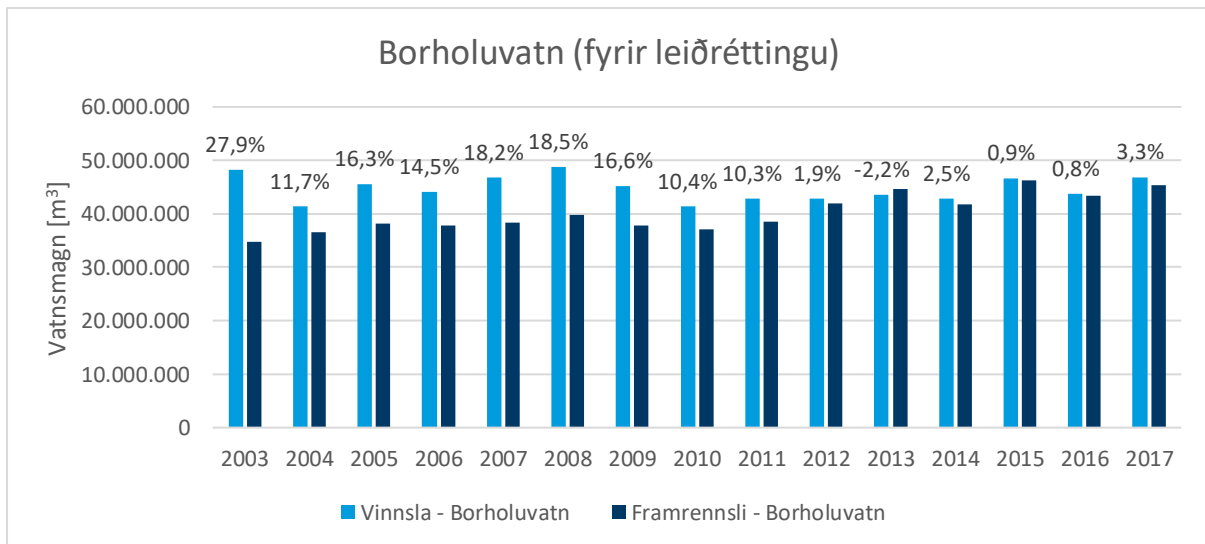
Árin 2003, 2008, 2009 og 2012 mældist framrennsli virkjanavatsins með þessum hætti meira en framleiðslan og því þörf á leiðréttingu á þeim árum (sjá Mynd 5). Til þess að halda heildarframrennslinu réttu er einfaldast að draga ákveðinn hluta frá framrennslinu sem skráð er sem virkjanavatn og leggja það við framrennsli borholuvatnsins.

Árið 2003 var leiðrétt þannig að töpin það ár yrðu jöfn meðaltöpum árin 2004-2007, þ.e. 3,9% og því þurfti að færa um 6,8 milljón tonn af vatni frá framrennsli virkjanavatsins yfir á framrennsli borholuvatnsins. Árin 2008, 2009 og 2012 voru leiðrétt þannig að töpin þau ár yrðu jöfn meðaltöpum árin 2010-2011 (tímabilið 2008-2012 að undanskildum þeim árum sem leiðréttu á) eða 1,2% og því þurfti að færa um 3,3 milljónir tonna af vatni fyrir árið 2008, 2,8 milljónir tonna fyrir árið 2009 og um 750 þúsund tonn fyrir árið 2012.

Árið 2013 var framrennsli borholuvatnsins meira en framleiðslan og árin 2014-2017 voru meðaltöp borholurennslisins 1,9% (sjá Mynd 6). Ekki var hægt að leiðrétt framrennslið þannig að töp borholurennslisins yrðu 1,9% þar sem þá hefði framrennsli virkjanavatsins orðið meira en framleiðsla þess. Þess vegna var framrennsli borholuvatnsins árið 2013 leiðrétt þannig að töpin væru jöfn og töp ársins á undan, 2012, eftir leiðréttingu þess, þ.e. 0,1% (sjá Mynd 9).

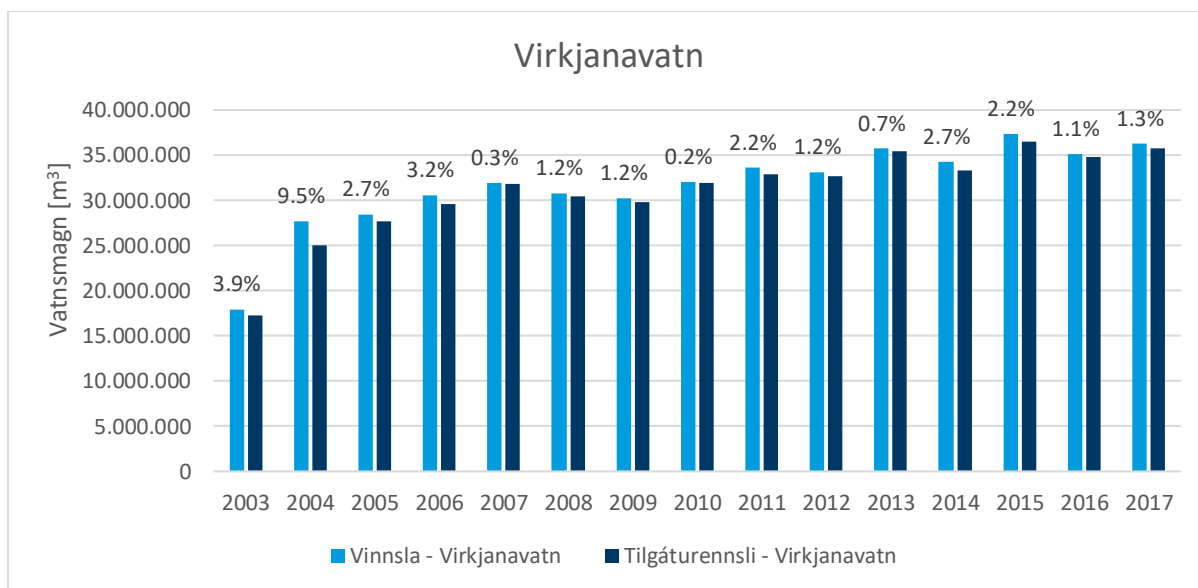


Mynd 5. Vinnsla og framrennsli virkjanavatns fyrir leiðréttingu 2003-2017.

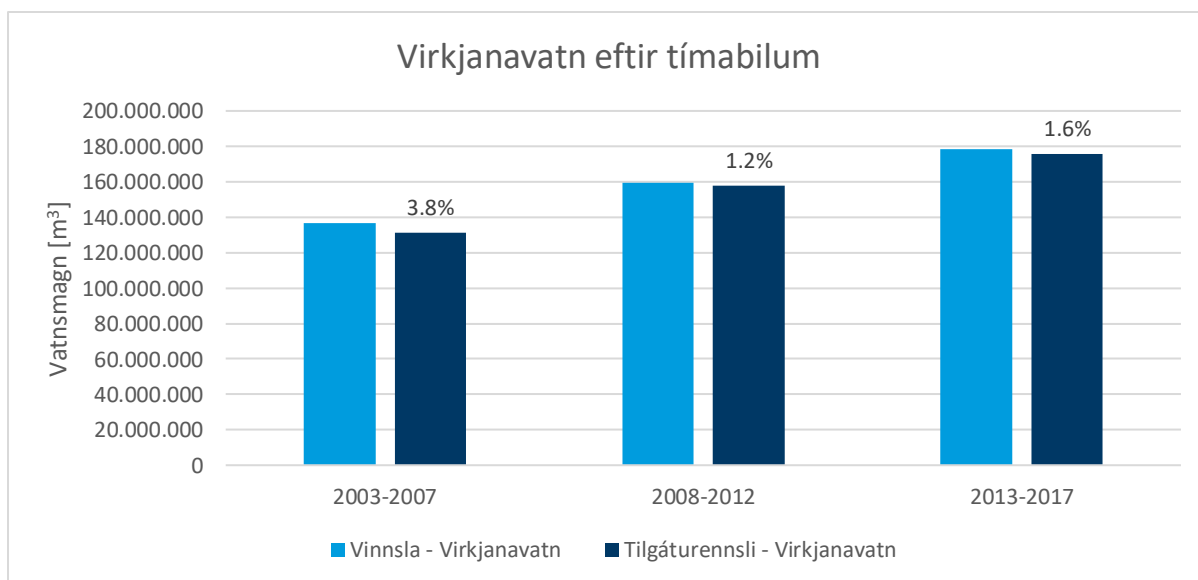


Mynd 6. Vinnsla og framrennsli borholuvatns fyrir leiðréttingu 2003-2017.

Samanburður á vinnslu og framrennsli eftir uppruna vatnsins og eftir leiðréttingu framrennslisins bendir til þess að virkjanavatnið sé líklega ekki orsök tapanna en heildartöp þess yfir allt tímabilið eru rétt rúmlega 2% sem samsvara um 660 þúsund rúmmetrum af vatni á ári (sjá Myndir 7 og 8). Töpin voru að auki frekar jöfn yfir tímabilið og tímabilaskiptingin sem sást á heildarrennslinu virðist ekki eiga við virkjanavatnið. Meðaltöpin á árunum 2003-2007 voru 3,8% sem samsvarar um einni milljón tonna af vatni á ári, meðaltöpin árin 2008-2012 voru 1,2% og árin 2013-2017 1,6% en það samsvarar um 400 og 600 þúsund tonnum af vatni á ári.

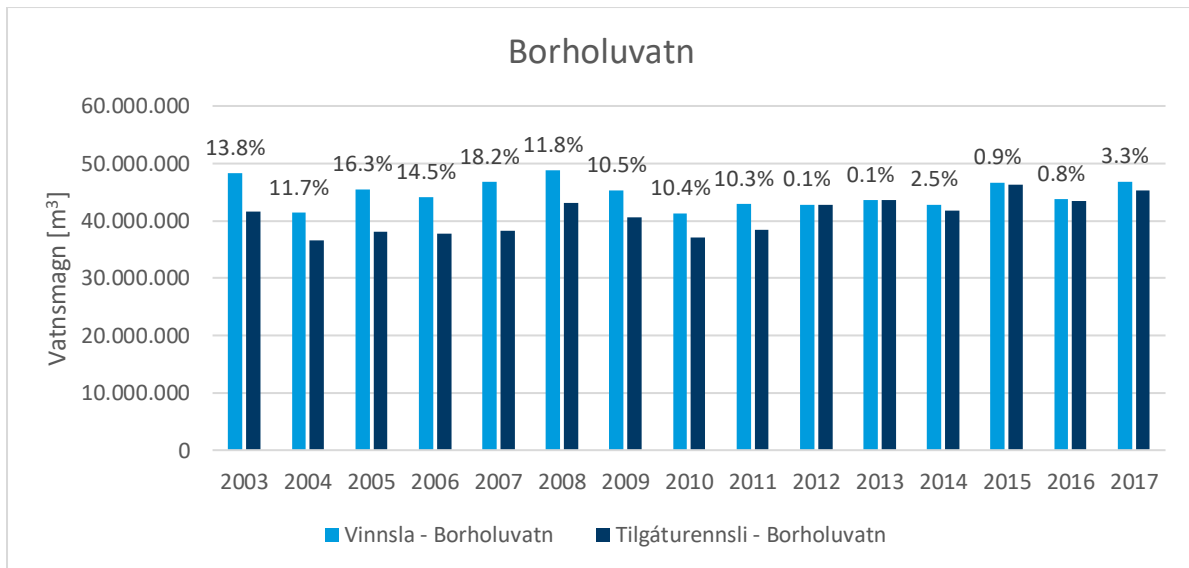


Mynd 7. Vinnsla og framrennsli virkjanavats 2003-2017 eftir leiðréttingu

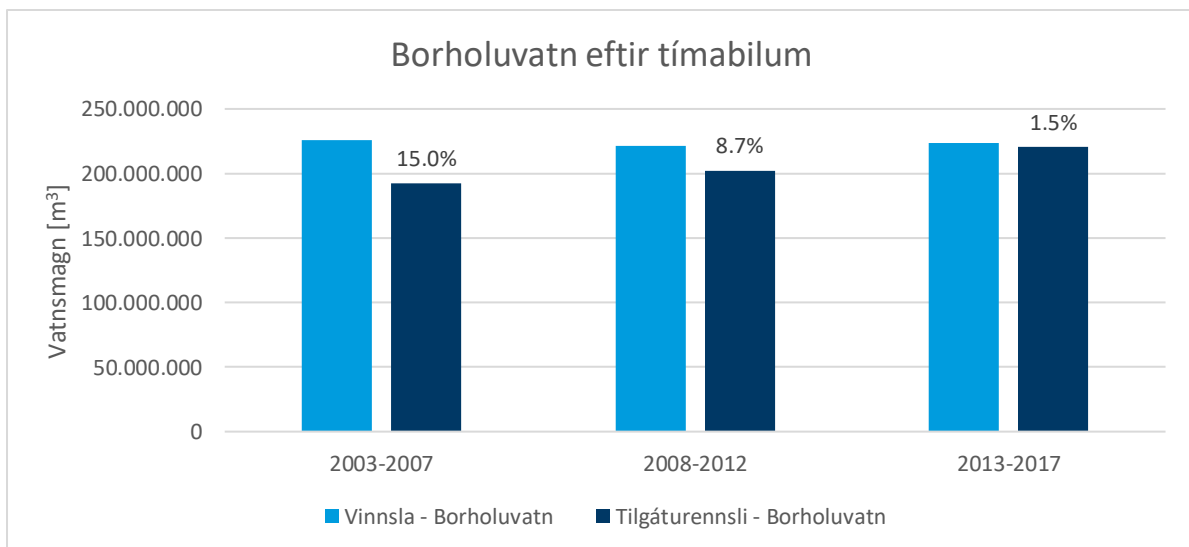


Mynd 8. Vinnsla og framrennsli virkjanavats eftir tímabilum 2003-2017 eftir leiðréttingu.

Á borholuvatninu má hins vegar sjá sömu tímabilaskiptingu og áður í töpunum (sjá Myndir 9 og 10). Árin 2003-2007 voru meðaltöpin 15% sem samsvarar tæplega 7 milljón tonnum af vatni á ári. Árin 2008-2012 hafa töpin minnkað og meðaltöpin eru 8,7% eða um 4 milljónir tonna af vatni á ári og á árunum 2013-2017 eru töpin komin niður í 1,5% eða tæp 700 þúsund tonn á ári.



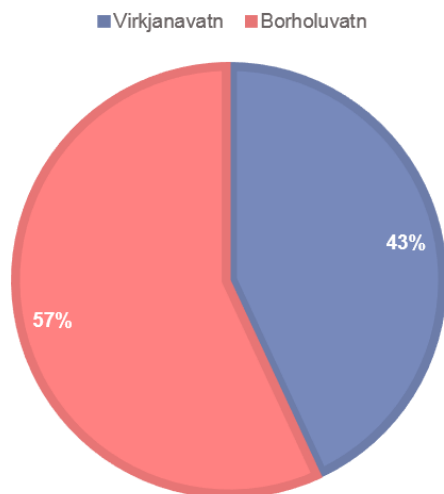
Mynd 9. Vinnsla og framrennsli borholuvatns 2003-2017 eftir leiðréttingu.



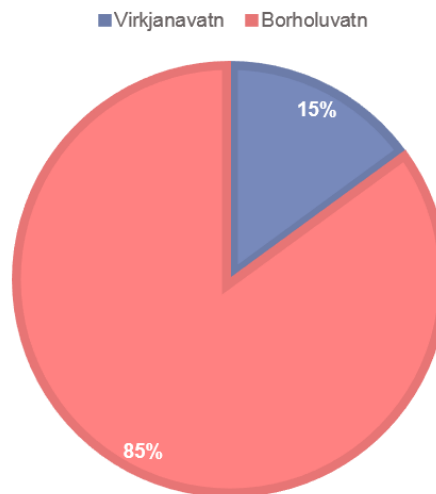
Mynd 10. Vinnsla og framrennsli borholuvatns eftir tímabilum 2003-2017 eftir leiðréttingu.

Að meðaltali yfir tímabilið sem skoðað er hér (2003-2017) er það vatn sem kemur upp úr borholum á lághitasvæðum höfuðborgarsvæðisins um 57% af heildarframrennsli hitaveitunnar og það vatn sem kemur frá virkjunum um 43%. Niðurstöðurnar hér að framan benda hins vegar til þess að um 85% af heildarrúmmálstöpum hitaveitunnar séu töp á borholuvatni en einungis um 15% töp á virkjanavatni (sjá Mynd 11).

HEILDARRENNSLI HITAVEITU



UPPRUNI TAPA Í HITAVEITU



Mynd 11. Uppruni vatns og tapa í hitaveitu 2003-2017.

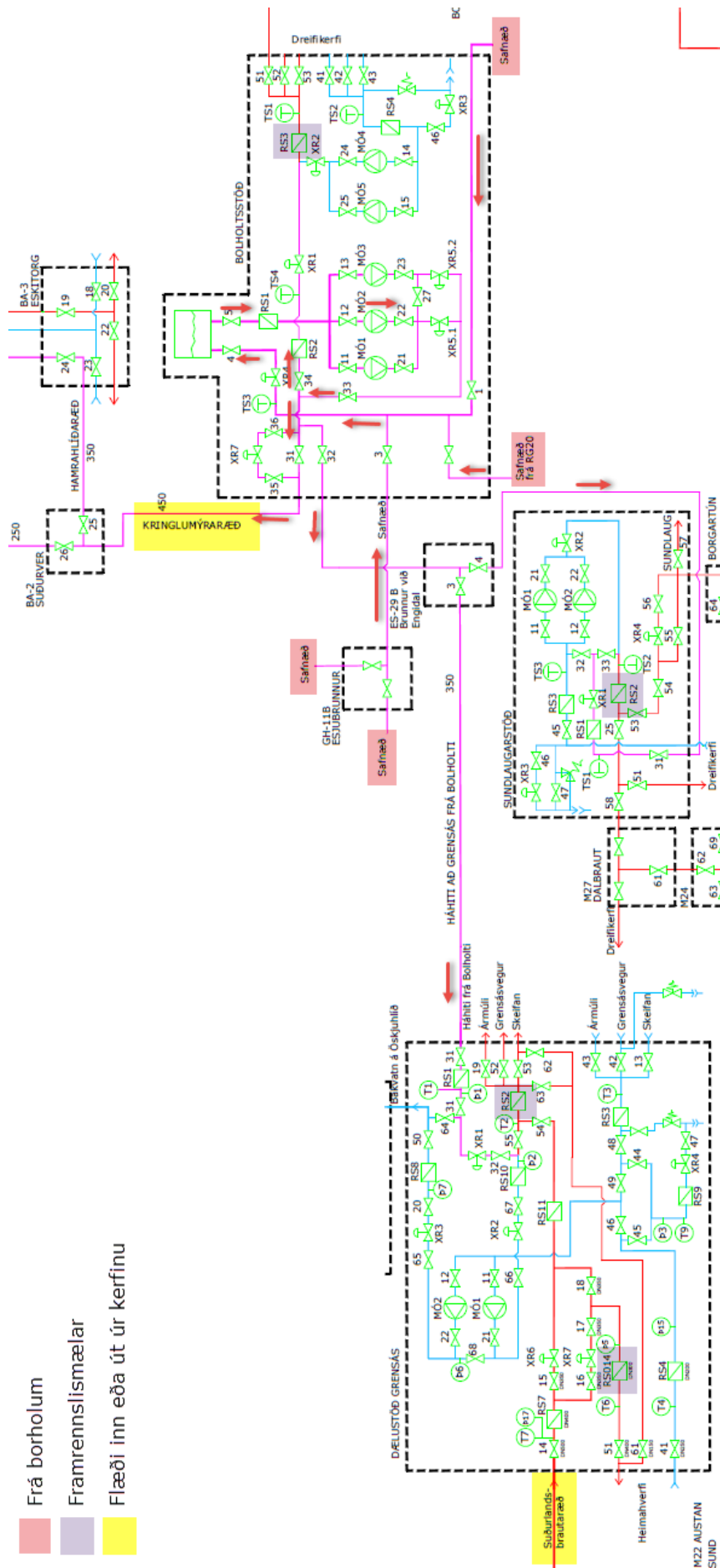
3.3.1 Frekari skipting á uppruna vatnsins

Þar sem uppruni tapanna virðist frekar vera frá borholuvatninu var það skoðað nánar til þess að athuga hvort hægt sé að greina upprunann enn frekar. Auðveldast virtist að einangra vatnið sem kemur frá borholunum á Laugarnesinu frá restinni (Reykir, Reykjahlíð og Elliðaár).

Vatnið kemur upp úr borholunum á Laugarnessvæðinu og safnast saman í dælustöð Bolholts, fer þaðan í framrennsli Bolholts, til Sundlaugarstöðvar, til dælustöðvar Grensás og í Kringlumýraæð (sjá Mynd 12).

Frá Sundlaugarstöð fer vatnið í framrennsli Sundlaugar (Laugardalslaugar) og frá dælustöð Grensás fer vatnið annars vegar í framrennsli Heimahverfis og hins vegar í framrennsli Leitahverfis. Inn í dælustöð Grensás kemur einnig vatn frá Suðurlandsbrautaræð.

Suðurlandsbrautaræð kemur frá Reykjaæðunum sem bera vatn frá borholunum í Mosfellsbæ og Kringlumýraæð ber vatn úr Bolholti inn á Reykjaæðarnar. Það er því mikilvægt að taka þessar æðar með í reikninginn þegar finna á út hvert vatnið úr borholunum á Laugarnessvæðinu fer.



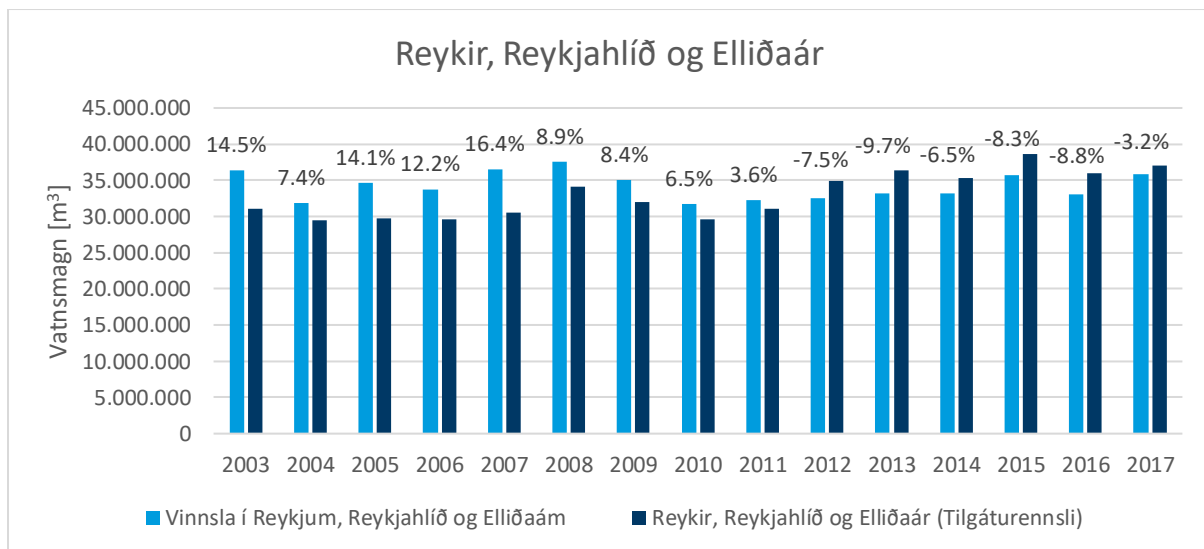
Mynd 12. Rennslí vatnsins úr Laugarnesborholum, tekið úr Langhundi.

Hægt er að nálgast mánaðarmeðaltöl rennslismælinga á þessum æðum 10 ár aftur í tímann (frá 2008) og því hægt að leggja rennsli Kringlumýraæðar við framrennsli þeirra mæla sem eru á svæðinu og draga rennsli Suðurlandsbrautaræðar frá því. Skiptingu á framrennslismælum borholuvatns eftir uppruna má sjá í Töflu 3. Til þess að halda áfram að skoða sama tímabil og áður þarf að meta rennslið í Kringlumýra- og Suðurlandsbrautaræðum árin 2003-2007 og má sjá þá útreikninga í kafla 4.2.

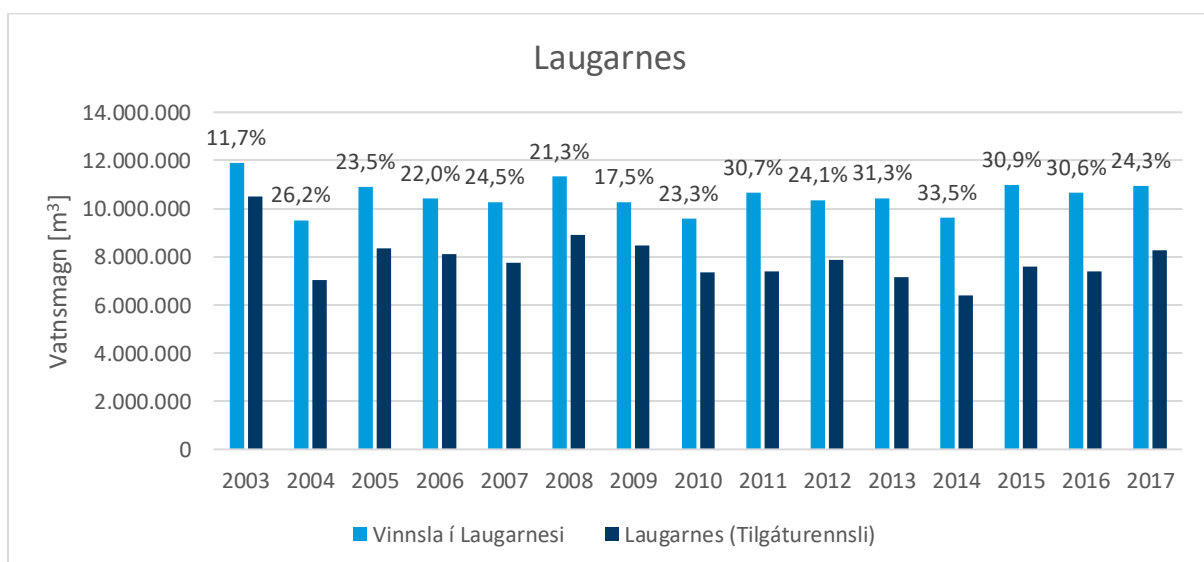
Tafla 3. Skipting framrennslismæla borholuvatns eftir uppruna.

Heiti í Mælaborðinu	Skipting í útreikningum	Staðsetning í Langhundi
Árbær (ARRS1)	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Árbæjar
Bolholt (BORS3)	Laugarnes	Bolholtsstöð
Breiðholt I og II	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Breiðholts
Breiðholt III	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Breiðholts
Elliðavogsæð	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Suðurlandsbrautarbrunnur
Fossvogur	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Fossvogs
Gamli Bærinn	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Öskjuhlíð
Heimahverfi	Laugarnes	Dælustöð Grensás
Hlíðarhverfi	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Öskjuhlíð
Kjalarnes og Tungumelar	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Reykjahlíð 1
Leitahverfi	Laugarnes	Dælustöð Grensás
Mosfelssbær	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Dælustöð Reykjum & Hamrahlíð
Mosfellsdalur	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Reykjahlíð 1
Kjalarnes	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	-
Sundlaugar	Laugarnes	Sundlaugarstöð
Rennsli frá Árbæjarbrunni	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Árbæjarbrunnur
Rennsli í Úlfarsfellshlíðar	Reykir, Reykjahlíð, Elliðaár	Brunnur norðan Úlfarsáar

Þegar vatninu hefur verið skipt eins og lýst var hér að framan koma fram neikvæð töp á Reykja-, Reykjahlíðar- og Elliðaárvatni á árunum 2012-2017, þ.e. framrennslið er meira en framleiðslan (sjá Mynd 13). Þetta þarf því að leiðrétta með því að flytja hluta framrennslisins sem áætlað var að kæmi frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám yfir á framrennsli Laugarness. Vinnslu og framrennsli á Laugarnessvæðinu fyrir leiðréttingu má sjá á Mynd 14. Leiðréttingin var framkvæmd þannig að töp á Reykja-, Reykjahlíðar- og Elliðaárvatni á árunum 2012-2017 yrðu þau sömu (hlutfallsleg töp) og töp á þessum árum í heildarrennsli borholuvatns, sbr. Mynd 9. Árin 2014, 2016 og 2017 hafði þessi leiðrétting það í för með sér að neikvæð töp komu fram á Laugarnesvatni. Þessi ár voru því töp Reykja-, Reykjahlíðar- og Elliðaárvatnsins stillt þannig að þau væru jöfn (hlutfallslega) og töp á þessum árum í heildarrennsli hitaveitu, sbr. Mynd 3.

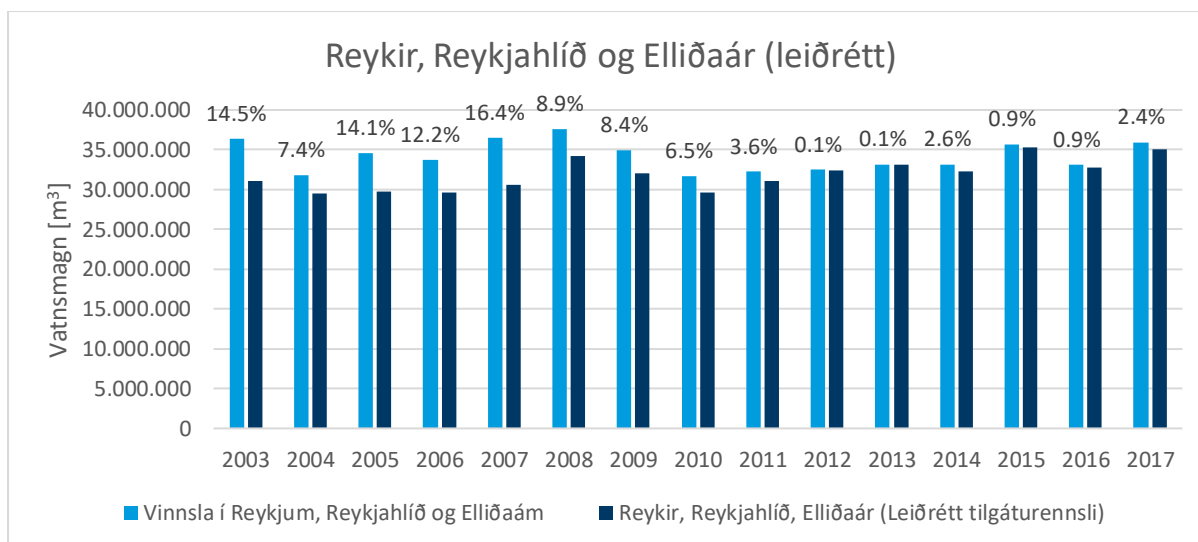


Mynd 13. Vinnsla og framrennsli á vatni frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám fyrir leiðréttingu.

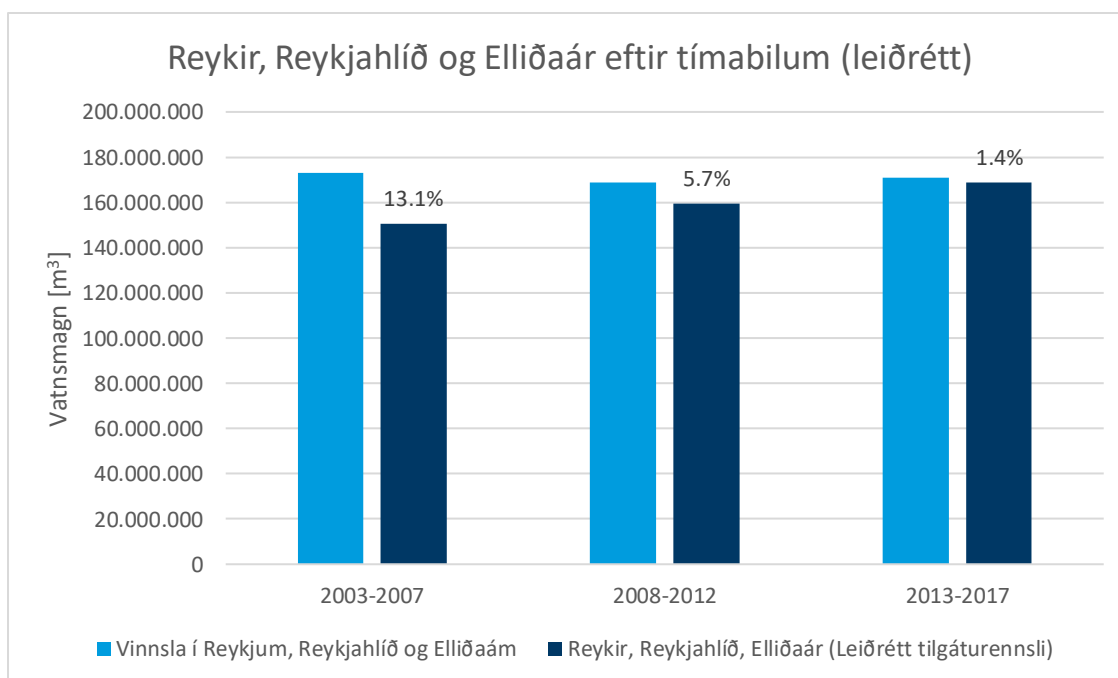


Mynd 14. Vinnsla og framrennsli vatns frá Laugarnesi fyrir leiðréttingu.

Eftir leiðréttingu á Reykja-, Reykjahlíðar- og Elliðaárvatninu kemur fram svipað mynstur og áður, töpin eru mikil til að byrja með en fara síðan minnkandi (sjá Myndir 15 og 16). Á árunum 2003-2007 voru meðaltöpin um 13% sem samsvara 4,5 milljón tonnum af vatni á ári. Árin 2008-2012 voru meðaltöpin tæp 6% en það samsvarar um 2 milljónum tonna af vatni á ári og 2013-2017 voru meðaltöpin 1,4% sem samsvarar um 500 þúsund tonnum af vatni á ári.

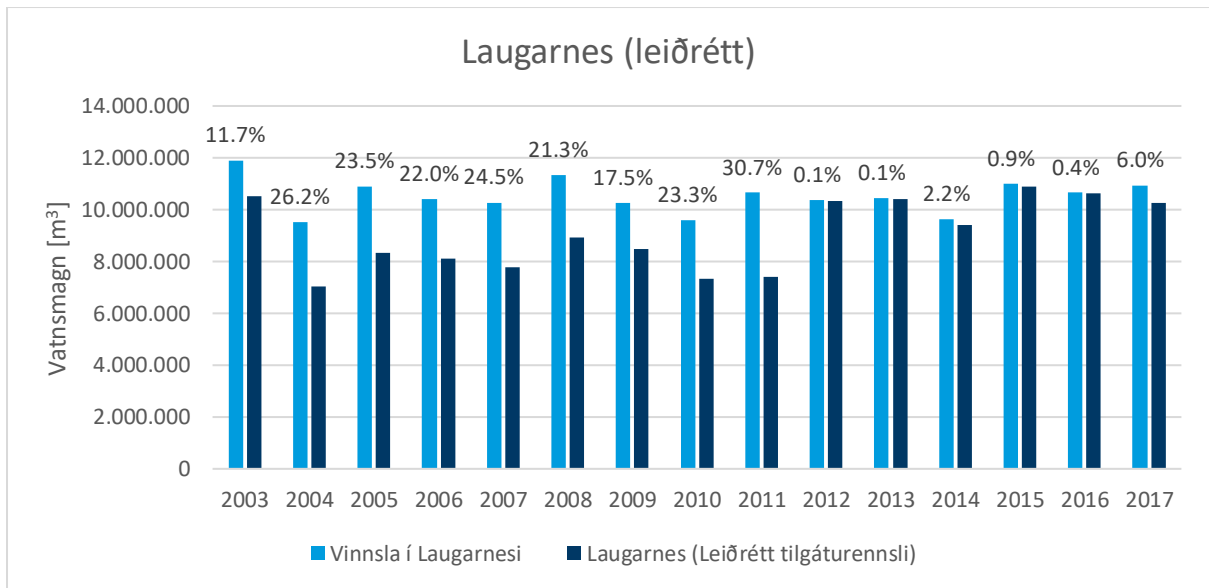


Mynd 15. Vinnsla og framrennsli vatns frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám eftir leiðréttingu.

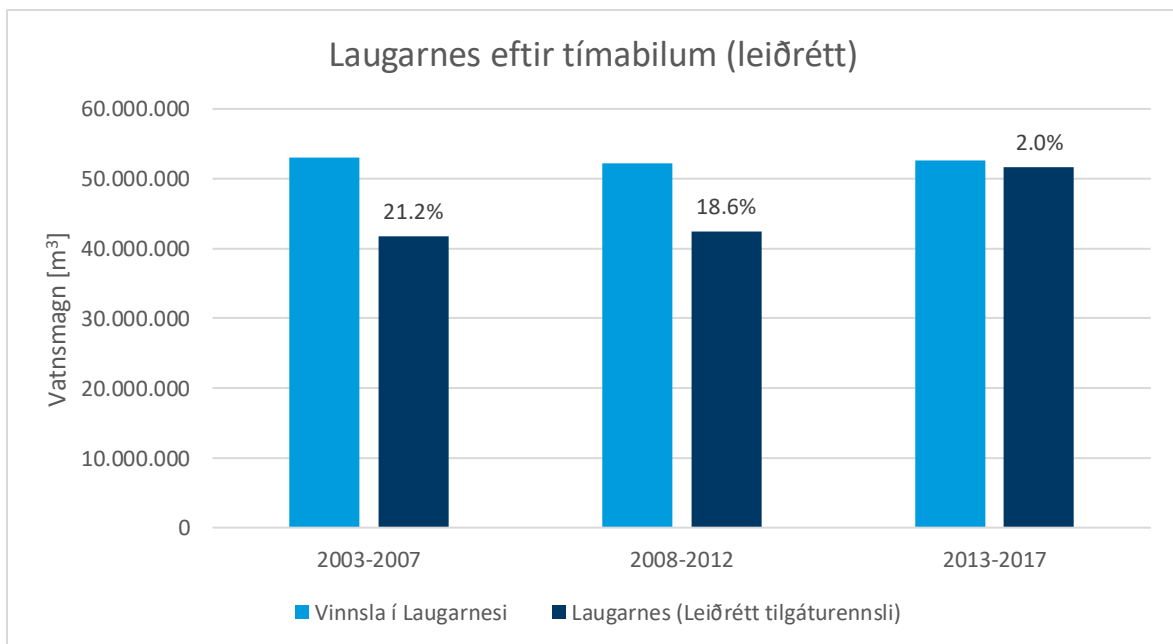


Mynd 16. Vinnsla og framrennsli vatns frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám eftir tímabilum eftir leiðréttingu.

Eftir leiðréttingu á Laugarnesvatninu má einnig sjá að framan af eru töpin mikil en minnka síðan (sjá Myndir 17 og 18). Á árunum 2003-2007 voru meðaltöpin um 21% sem samsvarar rúmlega 2 milljónum tonna af vatni á ári. Árin 2008-2012 voru meðaltöpin tæp 19% sem samsvarar tæplega 2 milljónum tonna af vatni á ári. Það er því lítill munur á töpum milli þessara tímabila. Árin 2013-2017 voru meðaltöpin einungis 2% sem samsvarar um 200 þúsund tonnum af vatni á ári.



Mynd 17. Vinnsla og framrennsli vatns frá Laugarnesi eftir leiðréttingu.

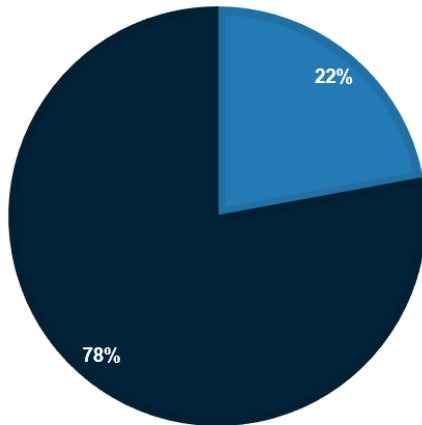


Mynd 18. Vinnsla og framrennsli vatns frá Laugarnesi eftir tímabilum eftir leiðréttingu.

Vatn sem kemur inn í hitaveitukerfið frá Laugarnesinu er um 22% af því vatni sem kemur inn í hitaveituna frá borholum, restin kemur frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám. Um 39% af því borholuvatni sem tapast hefur á árunum 2003-2017 kemur upphaflega frá borholum á Laugarnesinu (sjá Mynd 19).

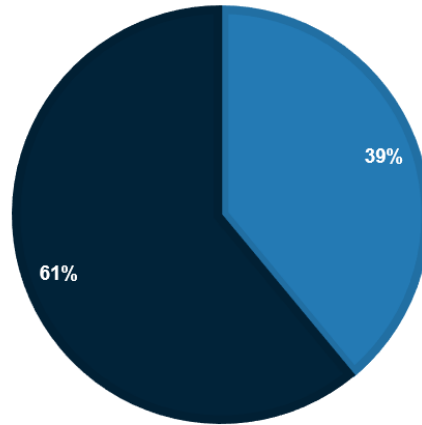
HEILDARRENNSLI BORHOLUVATNS

■ Laugarnes ■ Reykir, Reykjahlíð og Elliðaár



UPPRUNI TAPA Í BORHOLUVATNI

■ Laugarnes ■ Reykir, Reykjahlíð og Elliðaár



Mynd 19. Uppruni vatns og tapa borholuvatns árin 2003-2017.

4 Útreikningar

Eftirfarandi útreikningar voru framkvæmdir við gerð skýrslunnar.

4.1 Vinnslutölur

Afl er orka (Q) á tímaeiningu (Δt), og því er afl úr heitu vatni sú orka sem fæst úr vatninu við það að kæla það um ákveðna hitastigsbreytingu (ΔT) á tímaeiningu. Þessa varmaorku má reikna með því að nota massa vatnsins (m_{H_2O}), varmarýmd þess (Cp_{H_2O}) og hitastigsbreytinguna. Í stað massans er einnig hægt að nota rúmmál þess (V_{H_2O}) og eðlismassa (ρ_{H_2O}). Yfirleitt er gert ráð fyrir því að vatni sé skilað út úr hitaveitukerfinu við 40°C og því er seinna hitastigið 40°C en það fyrra er raunverulegur hiti vatnsins þegar það kemur upp úr borholunum sem getur verið breytilegur eftir svæði (Tafla 1).

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m_{H_2O} \cdot Cp_{H_2O} \cdot \Delta T}{\Delta t} = \frac{\rho_{H_2O} \cdot V_{H_2O} \cdot Cp_{H_2O} \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Þessir útreikningar eru framkvæmdir þegar skýrslan *Hitaveita í Reykjavík, Vatnsvinnslan og efnafræði vatnsins* er gerð og þaðan koma afltölurnar sem notaðar eru við gerð þessa verkefnis.

Aflið í vatninu má síðan nota til þess að reikna rúmmál þess við annað hitastig, t.d. eftir blöndun við kalt vatn. Þá er fyrra hitastigið 80°C því við viljum vita rúmmál 80°C heits vatns en það seinna er ennþá 40°C

$$V = \frac{P \cdot \Delta t}{\rho_{H_2O} \cdot Cp_{H_2O} \cdot \Delta T}$$

Dæmi um útreikninga, Laugarnes janúar 2017:

$$V = \frac{74,62 \text{ MW} \cdot \frac{1000 \text{ kW}}{\text{MW}} \cdot \frac{\text{kJ/s}}{\text{kW}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{\text{klst}} \cdot \frac{24 \text{ klst}}{\text{dag}} \cdot 31 \text{ dag}}{\frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (80^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})} = 1\,195\,295 \text{ m}^3$$

4.2 Mat á Kringlumýraæð og Suðurlandsbrautaræð

Upplýsingar um Kringlumýraæð og Suðurlandsbrautaræð var bara hægt að fá 10 ár aftur í tímann en ekki 15 ár eins og hin gögnin (sjá kafla 3.3.1). Til þess að halda samræmi í gögnunum var ákveðið að meta rennsli þessara æða á árunum 2003-2007. Byrjum á að skoða Kringlumýraæðina og skilgreina nauðsynlegar stærðir fyrir útreikningana. Fyrir þau ár sem við höfum upplýsingar um rennsli æðarinnar, 2008-2017, er hægt að skilgreina,

$$V_{Kr-i} = \text{Heildarflæði Kringlumýraæðar árið } i$$

og fyrir öll ár, 2003-2017, er hægt að skilgreina eftirfarandi útfrá skiptingu vatnsins án þess að taka tillit til æðanna tveggja,

$$V_{LV-i} = \text{Heildarvinnsla á Laugarnesi árið } i$$

$$V_{LF-i} = \text{Heildarframrennsli á Laugarnesi árið } i$$

$$V_{RV-i} = \text{Heildarvinnsla í Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám árið } i$$

$$V_{RF-i} = \text{Heildarframrennsli frá Reykjum, Reykjahlíð og Elliðaám árið } i$$

Hlutföll Kringlumýraæðar af þessum stærðum fyrir hvert ár i á árunum 2008-2017 er þá hægt að skilgreina sem,

$$x_{Kr-LV-i} = \frac{V_{Kr-i}}{V_{LV-i}}$$

$$x_{Kr-LF-i} = \frac{V_{Kr-i}}{V_{LF-i}}$$

$$x_{Kr-RV-i} = \frac{V_{Kr-i}}{V_{RV-i}}$$

$$x_{Kr-RF-i} = \frac{V_{Kr-i}}{V_{RF-i}}$$

og meðalgildi þessara stærða yfir þekkta tímabilið (2008-2017) eru þá,

$$x_{Kr-LV} = \frac{1}{10} \sum_{i=2008}^{2017} x_{Kr-LV-i}$$

$$x_{Kr-LF} = \frac{1}{10} \sum_{i=2008}^{2017} x_{Kr-LF-i}$$

$$x_{Kr-RV} = \frac{1}{10} \sum_{i=2008}^{2017} x_{Kr-RV-i}$$

$$x_{Kr-RF} = \frac{1}{10} \sum_{i=2008}^{2017} x_{Kr-RF-i}$$

Heildarflæði í Kringlumýraræð árið i á tímabilinu 2003-2007 er þá

$$\hat{V}_{Kr-i} = \frac{1}{4} (x_{Kr-LV} \cdot V_{LV-i} + x_{Kr-LF} \cdot V_{LF-i} + x_{Kr-RV} \cdot V_{RV-i} + x_{Kr-RF} \cdot V_{RF-i})$$

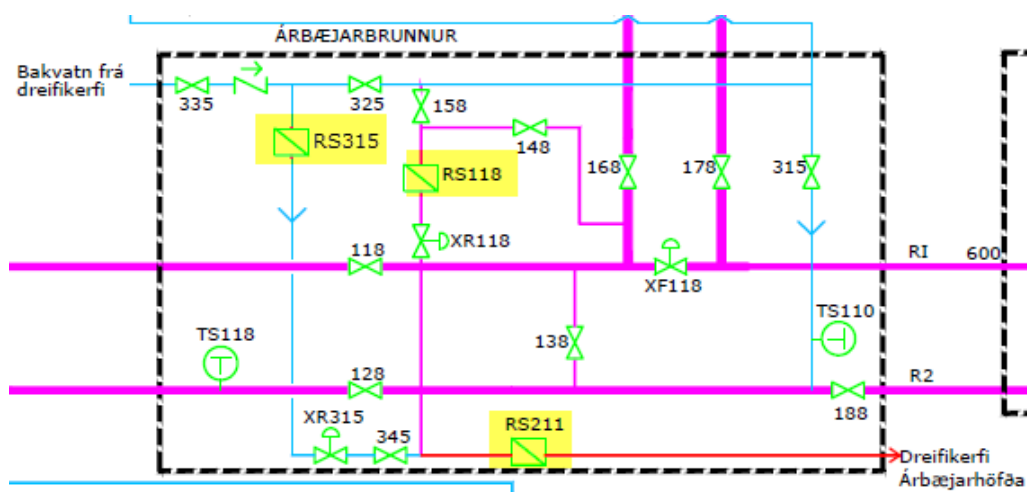
Flæði Suðurlandsbrautaræðar er metið á sama hátt.

5 Stemmir „Langhundur“?

Hægt er að nálgast klukkustundargildi frá öllum rennslis- og hitamælum í dælustöðvum Höfuðborgarsvæðisins í Kerfiráði eitt ár aftur í tímann. Ákveðið var að skoða hvort hægt sé að staðsetja einhver núverandi töp með því að skoða einstaka dælustöðvar eða æðar og „stemma þær af“, þ.e. sjá hvort rennsli í þeim stemmi varðandi massavarðveislu. Sem dæmi má skoða stofnæð sem skiptist í nokkrar minni æðar; ef summa flæðisins í minni æðunum er jöfn stofnæðinni stemmir kerfið og enginn leki er til staðar, ef það stemmir ekki er ástæða til þess að skoða það kerfi nánar.

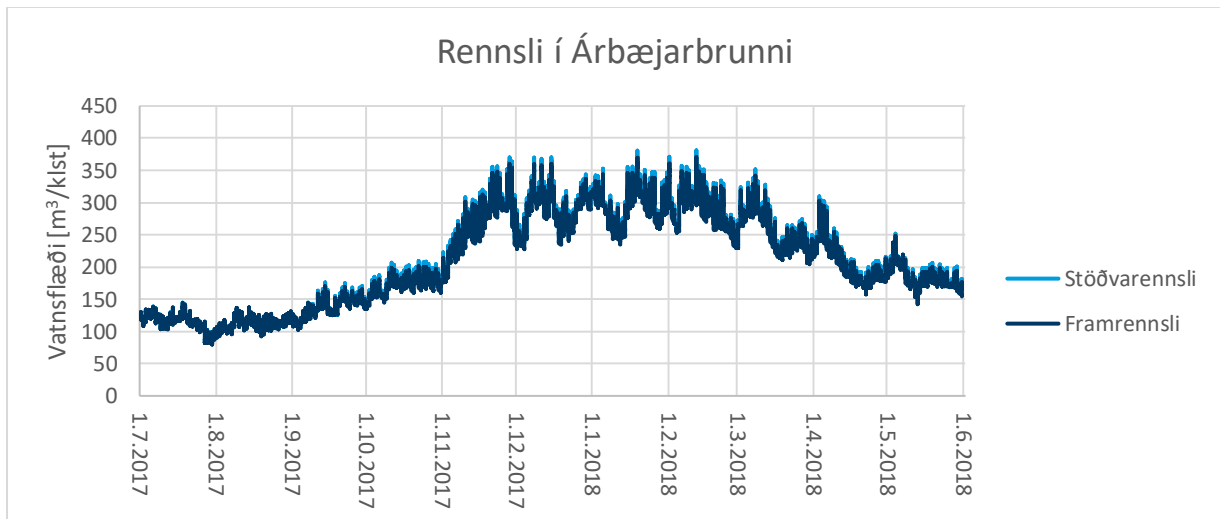
Einhver óvissa er á rennslisgildunum sem birt eru í Kerfiráðinum og því er einnig gott að stemma minni kerfi af til þess að leggja mat á skekkjuna í mælunum. Þessi minni kerfi eru til dæmis uppblöndun við bakvatn eða retúr; ef summa flæðisins í aðrennslinu og bakrennslinu er ekki jöfn framrennslinu getur það verið vegna tapa en þar sem þessir mælar eru oft nálægt hvorum öðrum og blöndunin fer fram í húsum þar sem auðvelt er að koma auga á töp er ástæðan líklega skekkja í mælum.

Tökum sem dæmi Árbæjarbrunn en Mynd 20 sýnir kerfismynd af stöðinni eins og hún kemur fram í Langhundi. Þar blandast heitt borholuvatn við bakvatn áður en það fer í framrennsli til Árbæjarhöfða. Á myndinni eru rennslismælar merktir með gulu, heitt vatn er bleikt, bakvatn er blátt og framvatn er rautt. Mælir RS211 ætti þá að sýna summu þess sem mælir RS118 og RS315 sýna.

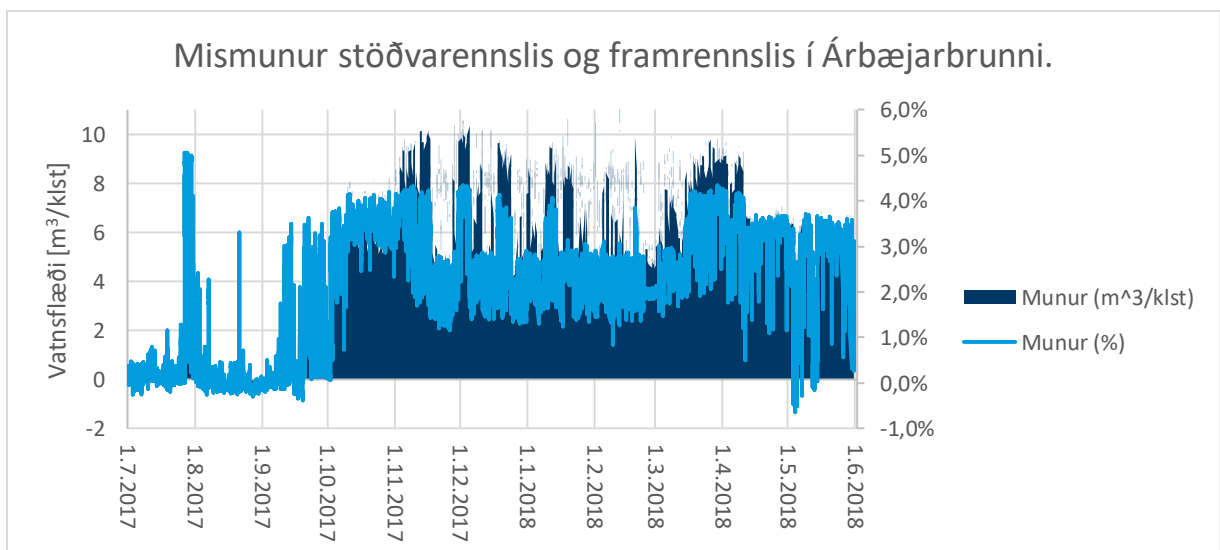


Mynd 20. Árbæjarbrunnur í Langhundi. Rennslismælar eru merktir með gulu, heitt vatn er bleikt, bakvatn er blátt og framvatn er rautt.

Á Mynd 21 má sjá rennsli í Árbæjarbrunni frá júlí 2017 til maí 2018. Stöðvarennslis, summa aðrennslis (mælir RS118 á Mynd 19) og bakrennslis (mælir RS315 á mynd 19), er teiknað í ljósbláu og framrennslis (mælir RS211 á Mynd 19) er dökkblátt. Ferlarnir tveir falla nokkuð vel saman og á Mynd 22 má sjá mismun ferlanna tveggja, bæði í rúmmetrum á klukkustund og hlutfalslegan mun í prósentum.



Mynd 21. Rennsli í Árbæjarbrunni frá júlí 2017 til maí 2018.



Mynd 22. Mismunur stöðvarennslis (aðrennslis + bakrennslis) og framrennslis í Árbæjarstöð frá júlí 2017 til maí 2018.

Samskonar skoðun var gerð í þeim stöðvum þar sem nægar upplýsingar voru fyrir hendi og niðurstöður þeirrar skoðunar má sjá í Töflu 4. Staðsetningu mælanna sem verið er að skoða má sjá í fyrsta dálkinum og fjöldi mæla sem verið er að stemma eykst þegar farið er niður eftir töflunni. Að meðaltali munar um 3% á rennsli öðru megin jafnaðarmerkisins og því rennsli sem er hinu megin við það. Í sumum tilvikum er flæði bakvatnsins mjög lítið (að meðaltali minna en 10 m³/klst)

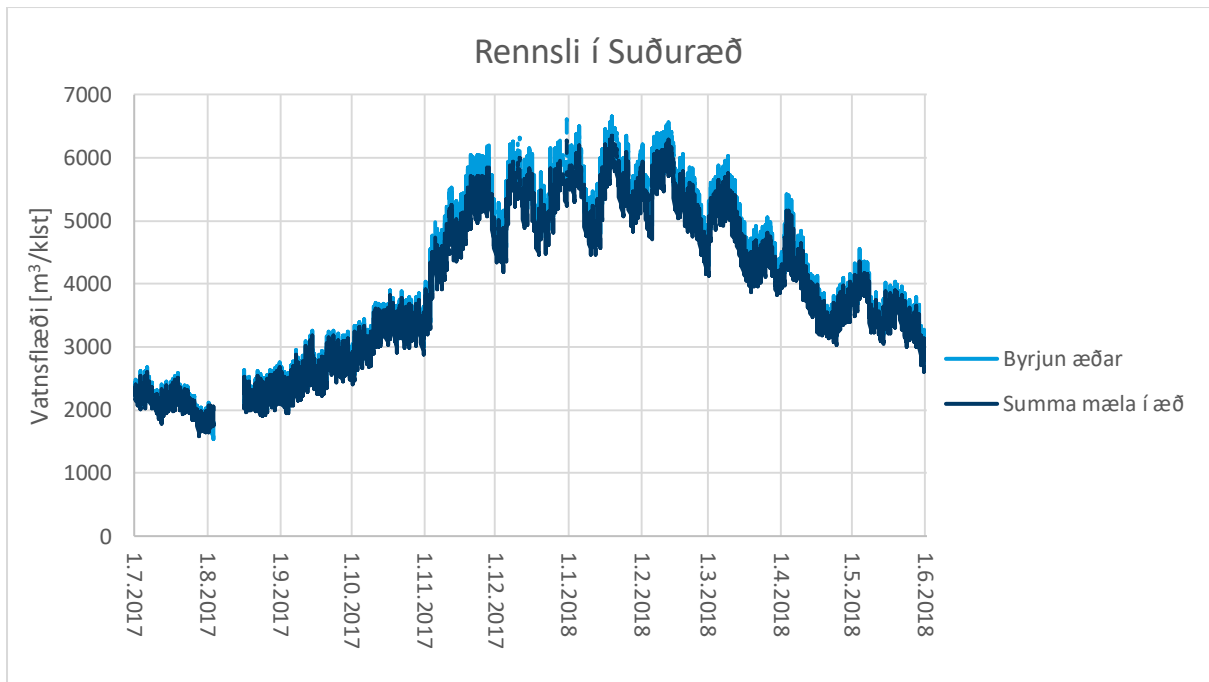
og því möguleiki á aukinni óvissu þar vegna þess að rennslismælarnir eru ekki að vinna á því sviði sem þeir eru hannaðir fyrir. Í Bolholti má sjá að meðalmunurinn er hærri en á öðrum stöðum og því gæti verið um einhver töp að ræða en það þyrfti að skoða nánar til þess að fá það staðfest. Mikill munur er einnig á æðinni sem skiptist í fernt í Grafarholti og gæti verið um töp að ræða þar en þar eru fjórir mælar sem leggja til summuna og því gæti munurinn einnig skrifast á mælióvissu.

Tafla 4. Skoðun mæla í Langhundi?

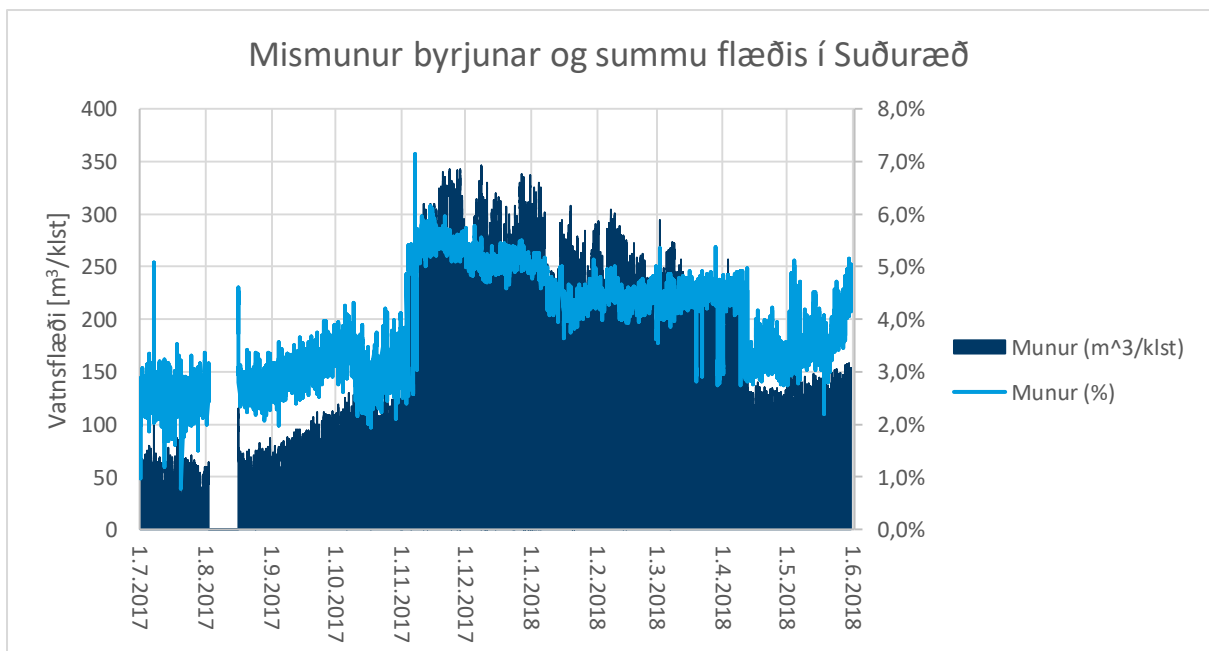
<i>Staðsetning í Langhundi</i>	<i>Mælar sem verið er að stemma</i>	<i>Lýsing</i>	<i>Meðalmunur (m³/klst)</i>	<i>Meðalmunur (%)</i>
<i>Selásbrunnur</i>	60RS5+RS03=RS01	Uppblöndun við retúr*	7	5.5%
<i>Dælustöð Norðlingaholt</i>	RS211+RS315=RS212	uppblöndun við retúr*	4	6.0%
<i>Árbæjarbrunnur</i>	RS118+RS315=RS211	Uppblöndun við retúr	5	2.1%
<i>Bolholti</i>	RS2+RS4=RS3	Uppblöndun við retúr	27	7.8%
<i>Dælustöð Grensás</i>	RS7=RS13+RS14	Æð skiptist í tvennt	9	1.4%
<i>Ellidáarbrunnur - Dælustöð Grensás</i>	RS05=RS06+RS07	Æð skiptist í tvennt	7	0.8%
<i>Dælustöð Víkurveg</i>	RS117+RS317+RS328=RS001	Uppblöndun við retúr*	7	1.8%
<i>Grafarholtsstöð</i>	RS117+RS315=RS211+RS213	Uppblöndun við retúr* & æð skiptist í tvennt	2	1.0%
<i>Vatnsendi</i>	RS111+RS316=RS212+RS213	Uppblöndun við retúr* & æð skiptist í tvennt	5	3.7%
<i>Dælustöð Grensás</i>	RS13+RS12+RS01=RS02	Uppblöndun við retúr & æðar sameinast	13	1.3%
<i>Reykjahlíð 1</i>	RS1=RS3+RS04+RS225+RS215	Æð skiptist í fernt	23	1.2%
<i>Geymahús Grafarholti - Grafarholtsstöð - Dælustöð Logafold - Dælustöð Víkurveg</i>	RS06=RS118+RS220+RS1+RS117	Æð skiptist í fernt	53	6.8%

* Flæði bakvatns lítið (< 10 m³/klst).

Suðuræðin og Reykjaæðarnar tvær voru einnig skoðaðar hver fyrir sig og stemmdar af þannig að rennsli inn í æðarnar var borið saman við summu alls rennslis út úr æðunum að frádregnu því rennsli sem kemur inn í þær. Suðuræðin var metin þannig að byrjun hennar var mæld með mæli RS111 á Reynisvatnsheiði og rennslið í honum var borið saman við summu rennslis í 16 mælum á leiðinni sem mæla flæði út úr æðinni að frádregnum 2 mælum sem mæla flæði inn í Suðuræðina. Rennslið í byrjun æðarinnar og summurennslíð má sjá á Mynd 23. Meðalmunur á byrjun æðarinnar og summu rennslis út (og inn) úr æðinni er 4,4% og er rennslið í byrjun æðarinnar alltaf meira en summurennslíð (sjá mynd 24).



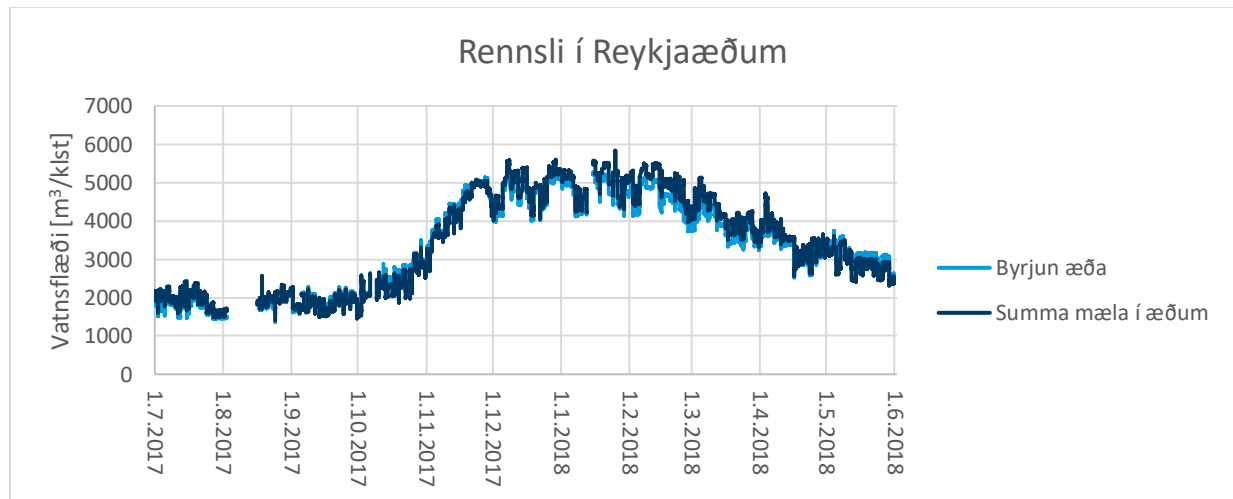
Mynd 23. Rennsli í Suðuræð frá júlí 2017 til maí 2018.



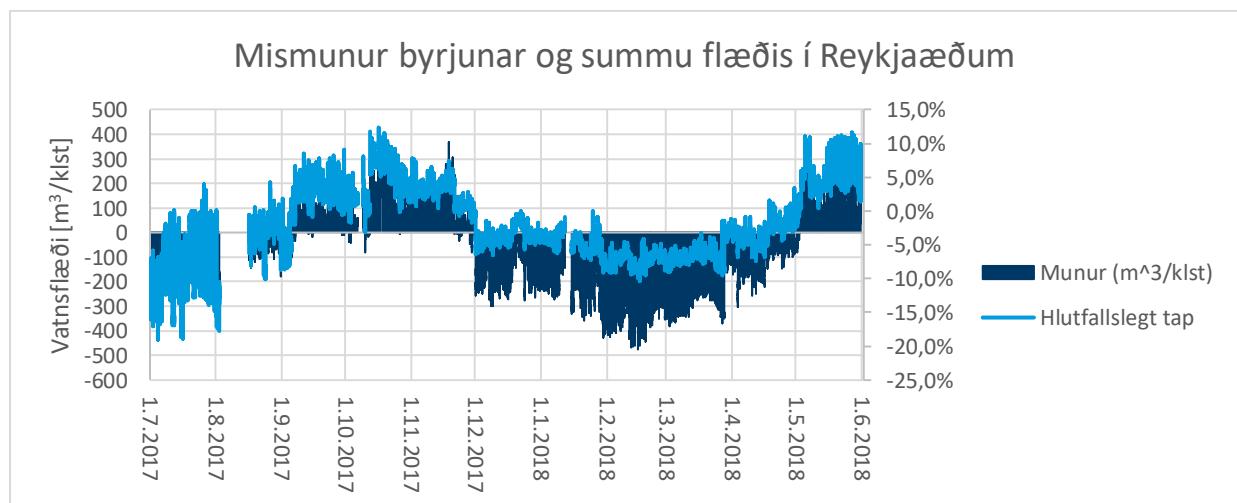
Mynd 24. Mismunur rennslis í byrjun Suðuræðar og summu rennslis út úr æðinni (að frádregnu rennsli í æðina) frá júlí 2017 til maí 2018.

Reykjaæðarnar voru metnar þannig að byrjun þeirra var mæld með summu Skammadalsæðar (frá Reykjahlíð) og borholurennslis á Reykjum. Rennsli þeirra var síðan borið saman við summu rennslis í 18 mælum á leiðinni sem mæla flæði út úr æðunum að frádregnum 4 mælum sem mæla flæði inn í Reykjaæðarnar. Hér þarf einnig að taka tillit til vatnsgeyma í Grafarholtstöð en þar eru 4 hæðarmælar og með þeim er hægt að reikna rúmmálsbreytingu tankanna sem geta þá annað

hvort lagt til aukið flæði í æðunum (ef vatnsborðið lækkar) eða dregist frá því þegar vatnsborðið hækkar. Rennslið í byrjun æðanna og summurennislið má sjá á Mynd 25. Meðalmunur á byrjun æðanna og summu rennsli út (og inn) úr æðunum er -2,0% og þegar tölugildi af mismuninum er tekið er meðalmunurinn 5,0% en hér er rennsli í byrjun ekki alltaf meira en summa rennsli í æðinni (sjá mynd 26).



Mynd 25. Rennsli í Reykjaæðum frá júlí 2017 til maí 2018.



Mynd 26. Mismunur rennsli í byrjun Reykjaæða og summu rennsli út úr æðunum (að frádregnu rennsli í æðarnar) frá júlí 2017 til maí 2018.

6 Samantekt á niðurstöðum

Töp í hitaveitu voru metin á tvo vegu, annars vegar voru vinnslutölur bornar saman við sölutölur og hins vegar við framrennslistölur. Báðar aðferðirnar sýndu að töp í hitaveitu höfuðborgar-svæðisins eru tímabilaskipt. Á fyrsta hluta tímabilsins sem skoðað var voru töpin mjög mikil eða í kringum 10-11% sem samsvarar um 7-8 milljón tonnum af 80°C heitu vatni árlega. Töpin minnka svo smám saman og á síðasta hluta tímabilsins (2013-2017), sýndu báðar aðferðirnar að töpin voru komin niður í tæp 2% eða um 1-2 milljón tonn af 80°C heitu vatni á ári. Þó það sé töluvert

minna en á fyrsta tímabilinu er þetta samt sem áður mikið magn af vatni og í krónum talið má reikna að ein milljón tonna af heitu vatni kostar um 130 milljónir króna, gefið að rúmmetrinn af heitu vatni kosti 130 kr. (Veitur, Verðskrá hitaveitu, 2018)

Næst voru vinnslu- og framrennslistölurnar notaðar til þess að staðsetja þessi miklu töp sem orðið höfðu á árunum 2003-2007. Byrjað var á því að skipta vatninu eftir því hvort það kom upp úr borholum eða frá virkjunum. Niðurstaðan var sú að töluvert meira af borholuvatni tapast ár hvert en af virkjanavatni og um 85% af þeim töpum sem urðu á hitaveituvatni á öllu tímabilinu (2003-2017) voru töp á borholuvatni. Einungis um 15% voru töp á virkjanavatni en virkjanavatnið er u.þ.b. 40% af hitaveituvatni á höfuðborgarsvæðinu á móti 60% borholuvats. Töp virkjanavatsins voru þar að auki jöfn yfir allt tímabilið og sýndu ekki sömu tímabilaskiptingu og töp heildarkerfisins sem voru mikil í upphafi tímabilsins en minnkuðu þegar á leið. Töp borholuvatsins fylgdu hins vegar þessu mynstri heildarkerfisins.

Þar sem svo virtist sem töpin mætti frekar rekja til borholuvatsins var það skoðað nánar. Borholuvatninu var skipt upp og Laugarnesið greint frá restinni (Reykir, Reykjahlíð og Elliðaár). Töpin á báðum svæðum sýndu sömu hegðun og í heildarkerfinu og niðurstaðan var sú að um 40% af töpum borholuvatsins áttu uppruna sinn frá Laugarnesinu en framrennsli frá því svæði er um 22% af heildarframrennsli borholuvats í hitaveitunni.

Margar ástæður geta verið fyrir þessum töpum. Mögulegt er að margir smáir lekar hafi verið í kerfinu og að þeir hafi smám saman verið lagaðir. Annar möguleiki er að eitthvað vatn hafi verið tengt framhjá mæli og skili sér þar af leiðandi ekki með öðru framrennsli eða sölu. Enn önnur ástæða getur verið að þetta sé vatn sem hefur runnið út úr kerfinu þegar ný hverfi eru í uppbyggingu en þá er hita haldið á lögnunum með því að tengja þær við hitaveituna án þess að mæla magnið. Þá er möguleiki að þetta sé ekki raunverulegt tap heldur bara skekkja í mælum sem hafa verið endurnýjaðir smám saman á þessu tímabili sem skoðað var. Einnig eru núna komnar betri stýrivélar en í upphafi tímabilsins sem skrá gildin úr mælunum í Kerfiráðinn og því minna af götum í gögnunum sem þarf að brúa. Nú er nýtni bakvatsins einnig betri en hún var fyrir nokkrum árum og þar sem reikniðferðin gerir alltaf ráð fyrir sama hitastigi bakvatsins (40°C) er möguleiki á að skekkja myndist þegar raunverulegt hitastig bakvatsins lækkar með tímanum.

Mögulegt er að halda áfram með verkefnið og skoða betur hvaðan töpin sem eru í hitaveitukerfinu í dag koma. Það er þá hægt að nota massajafnvægi vatsins líkt og gert var í kafla 5 og skoða betur þær stöðvar sem ekki voru teknar fyrir hér. Fyrir frekari skoðun á töpunum er hægt að nota orkujafnvægi vatsins og taka þá tillit til hitastigs þess á hverjum tímapunkti en það er mælt víðsvegar í kerfinu þ.m.t. við hvert framrennsli. Það er þá einnig hægt að nota raunverulegt rennsli vatsins upp úr borholunum og hitastig þess í stað þess að umreikna það yfir á 80°C eins og var gert hér. Við báðar þessar aðferðir er þó mikilvægt að taka tillit til bakvatsins en það er notað aftur og aftur til þess að kæla (og drýgja) hitaveituvatnið.

7 Punktur um óvissu

Þegar vinnslutölurnar eru reiknaðar er meiri óvissa á borholuvatninu þar sem það er við mismunandi hitastig. Virkjanavatninu er hins vegar haldið nokkuð stöðugu nálægt 80°C og þarf því ekki að umreikna magn þess. Sér í lagi er meiri óvissa á þeim stöðum þar sem hitastigið er hærra eins og á Laugarnesinu þar sem vatnið er heitast. Ef aðferðin sem notuð er við útreikningana er ekki rétt eða endurspeglar raunveruleikann ekki nógu vel getur vel verið að ástæða þess að töpin mælast meiri í borholuvatninu, nánar tiltekið á Laugarnesinu, sé sú að þessir útreikningar búa þau

til með því að ýkja magn vinnslunnar. Þetta myndi hins vegar ekki skýra það hvers vegna töpin minnka með árunum.

Í útreikningunum er ekki gert ráð fyrir rúmmálsbreytingu við hitun eða kælingu. Einnig er gert ráð fyrir því að eðlismassi vatns sé 1000 kg/m^3 og að varmarýmd þess sé $4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ en það er hvort tveggja breytilegt eftir hitastigi. Að auki eru 40°C notað sem viðmið fyrir það hitastig vatnsins sem kerfið skilað frá sér en það getur verið mjög breytilegt. Þetta ætti samt ekki að hafa mikil áhrif á breytileika tapanna yfir allt athugunartímabilið þar sem sama viðmið er alltaf notað.

Þegar vatninu er skipt eftir uppruna er „leiðrétt“ fyrir þau skipti þar sem framrennslið verður meira en framleiðslan. Þetta getur valdið einhverri skekkju þar sem vatninu er þá ekki skipt eins öll árin. Það að leiðrétta þurfi framrennsli vatnsins á þennan hátt bendir þar að auki til þess að vatninu hafi ekki verið skipt rétt upp til að byrja með og því er skipting hitaveitunnar hér einungis gróft mat á raunverulegri skiptingu vatnsins eftir uppruna þess.

8 Heimildir

Ívarsson, G. (2003-2017). *Hitaveita í Reykjavík, Vatnsvinnslan og efnafræði vatnsins*. Reykjavík: Orkuveita Reykjavíkur.

Veitur. (2018). *Uppruni heita vatnsins*. Sótt frá Veitur.is: <https://www.veitur.is/uppruni-heita-vatnsins>

Veitur. (2018). *Verðskrá hitaveitu*. Sótt frá Veitur.is: <https://www.veitur.is/verdskrar/hitaveita>