

LV-2015-058



Landsvirkjun



Norðausturland

Endurskoðun rennislíkans

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2015-058

Dags: Maí 2015

Fjöldi síðna: 98

Upplag: 3

Dreifing:

- Birt á vef LV
 Opin
 Takmörkuð til

Titill: Norðausturland - Endurskoðun rennslislíkans

Höfundar/fyrirtæki: Ágúst Guðmundsson / Vatnaskil, Eric M. Myer / Vatnaskil og Sveinn Óli Pálmarsson / Vatnaskil

Verkefnisstjóri: Egill Júlíusson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur: Að beiðni Landsvirkjunar hafa Vatnaskil fram-kvæmt endurskoðun á grunnvatns- og rennslislíkani af Norðausturlandi þar sem nýjustu mælingar eru nýttar til kvörðunar líkansins. Í þessari skýrslu er gert grein fyrir grunnvatns- og rennslislíkani, helstu breytingum frá síðustu endurkvörðun auk helstu gagna og mælinga sem líkanið byggir á. Jafnframt er greint frá þeim gögnum sem lögð eru til staðfestingar spágetu líkansins og hvernig samanburður mældra og reiknaðra viðmiðunarstærða kemur út. Uppfærsla yfirborðslíkans auk endurkvörðunar grunnvatnslíkans hafa leitt til betri samanburðar reikninga við mælingar. Endurskoðunin hefur þar með aukið nákvæmni og áreiðanleika líkansins sem um leið styrkir og eykur spágetu þess verulega.

Lykilorð: Norðausturland, Skjálfandafljót, Svartá, Laxá í Aðaldal, Mývatn, Jökulsá á Fjöllum, Kreppa, Dyngjujökull, Brúarjökull, Bjarnarflag, Krafla, Gjástykki, Þeistareykir, yfirborðsrennslislíkan, grunnvatnslíkan, veðurlíkan.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

LV-2015-058



Norðausturland

Endurskoðun rennislíkans



Norðausturland

Endurskoðun rennislíkans

Unnið fyrir Landsvirkjun

Skýrsla nr. 15.05

Apríl 2015

Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúla 28

108 Reykjavík

s. 568-1766

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is

Skýrsla nr: 15.05	Útgefið: Apríl 2015	Fjöldi síðna: 98	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
Heiti skýrslu: Norðausturland. Endurskoðun rennislíkans.			
Höfundar: Ágúst Guðmundsson, Eric M. Myer og Sveinn Óli Pálmarsson.			
Verkefnisstjóri: Sveinn Óli Pálmarsson			
Útdráttur: Landsvirkjun hefur staðið að hæðar- og hitamælingum grunnvatns síðastliðin ár vegna virkjana-áforma á Norðausturlandi við Námafjall, Kröflu, Gjástykki og Þeistareyki. Að beiðni Landsvirkjunar hafa Vatnaskil framkvæmt endurskoðun á grunnvatns- og rennislíkani af Norðausturlandi þar sem nýjustu mælingar eru nýttar til kvörðunar líkansins. Í þessari skýrslu er gert grein fyrir grunnvatns- og rennislíkani, helstu breytingum frá síðustu endurkvörðun auk helstu gagna og mælinga sem líkanið byggir á. Jafnframt er greint frá þeim gögnum sem lögð eru til staðfestingar spágetu líkansins og hvernig samanburður mældra og reiknaðra viðmiðunarstærða kemur út. Vegna núverandi endurskoðunar var yfirborðslíkan tekið til gagn Gerrar endurskoðunar þar sem betur er gert grein fyrir landhæð, úrkomu, hitastigi og gróðurþekju. Breytingar á yfirborðslíkani hafa leitt til hvað mestra breytinga á grunnvatnslíkani við kvörðun þess að breyttu yfirborðslíkani. Í grunnvatnslíkani eru helstu breytingar uppfært reikninet og breytingar á lykileiginleikum með hliðsjón af nýjum jarðfræðilegum upplýsingum. Uppfærsla yfirborðslíkans auk endurkvörðunar grunnvatnslíkans hafa leitt til betri samanburðar reikninga við mælingar. Endurskoðunin hefur þar með aukið nákvæmni og áreiðanleika líkansins sem um leið styrkir og eykur spágetu þess verulega. Uppfærsla og lenging WRF veðurraðar er væntanleg á næstunni. Í framhaldi verður því hægt að framlengja keyrslutímabil líkansins fram til nútíma, auk þess að gögn sem ekki var hægt að nýta að fullu leyti nú við kvörðun líkansins munu gagnast betur. Nýting iTOUGH2-PEST við aðlögun líkansins býður upp á ítarlega næmnigreiningu til ákvörðunar á óvissu innan líkansvæðisins sem má nýta t.a.m. sem innlegg í vöktun svæðisins og við skipulag á nýtingu auðlindarinnar.			
Verkkaupi: Landsvirkjun		Tengiliður verkkaupa: Egill Júlíusson	
Samstarfsaðilar:			
Lykilorð: Norðausturland, Skjálfandafljót, Svartá, Laxá í Aðaldal, Mývatn, Jökulsá á Fjöllum, Kreppa, Dyngjujökull, Brúarjökull, Bjarnarflag, Krafla, Gjástykki, Þeistareykir, yfirborðsrennislíkan, grunnvatnslíkan, veðurlíkan.			

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	4
Myndaskrá	5
Töfluskrá	7
1. Inngangur	8
2. Mælingar og gögn	8
2.1. Grunnvatnshæð	8
2.2. Ferskvatnsvinnsla	9
2.3. Ár og lindir	9
2.4. Veðurfarsmælingar	9
2.5. Afkomumælingar á jökli	9
2.6. Jarðfræðigögn	10
2.7. Landfræðilegir upplýsingargrunnar	10
3. Líkangerð	10
3.1. Yfirborðslíkan	10
3.1.1. Uppsetning yfirborðslíkans	10
3.1.2. Niðurstöður endurkvörðunar	11
3.2. Grunnvatnslíkan	11
3.2.1. Niðurstöður endurkvörðunar	12
4. Samanburður við mælingar	13
4.1. Veðurfar	13
4.2. Afkoma á jökli	13
4.3. Grunnvatnshæð	13
4.4. Rennli í ám og lindum	13
5. Niðurstaða endurskoðunar	14
Heimildir	15
Töflur	17
Myndir	20

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitsmynd yfir líkansvæði og staðsetningu mælistaða sem nýttir eru við kvörðun líkansins.....	21
Mynd 2. Yfirlitsmynd yfir borholur í nágrennis Mývatns og við Kröflu.....	22
Mynd 3. Yfirlitsmynd yfir borholur á Þeistareykjum og í Gjástykki.	23
Mynd 4. Yfirlit yfir staðsetningu rennislismælistaða.....	24
Mynd 5. Yfirlit yfir staðsetningu linda og lindasvæða.	25
Mynd 6. Yfirlit yfir staðsetningu afkomumælinga á jökli.....	26
Mynd 7. Skematísk mynd yfir verkferli líkanreikninga.	27
Mynd 8. Landhæð sett fram á hlutsvæðisgrunni.	28
Mynd 9. Gróðurþekja skv. CORINE landflokkininni sýnd á hlutsvæðisgrunni. Gróðurþekja nýtt til ákvörðunar á uppgufunarstuðlum.....	29
Mynd 10. Meðalúrkomudreifing skv. niðurstöðum WRF veðurlíkans innan líkansvæðisins.....	30
Mynd 11. Meðaltal ómiðlaðrar vatnssúlu innan líkanssvæðisins skv. útreikningu orkuskiptalíkans.....	31
Mynd 12. Meðalársirennisli innan líkansvæðis á hlutsvæðisgrunni.	32
Mynd 13. Bergleiðni.	33
Mynd 14. Misleitni.....	34
Mynd 15. Reiknuð grunnvatnshæð á líkansvæðinu.	35
Mynd 16. Reiknað grunnvatnsrennisli á líkansvæðinu.....	36
Mynd 17. Reiknuð grunnvatnshæð og straumar í nágrennis Mývatns.	37
Mynd 18. Reiknuð grunnvatnshæð og -straumar á Þeistareykjum og í Gjástykki.	38
Mynd 19. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Ásbyrgi.	39
Mynd 20. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Biskupshálsi.....	39
Mynd 21. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Bjarnarflagi.....	40
Mynd 22. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Brúarjökli B10.....	40
Mynd 23. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Brúaröræfum.	41
Mynd 24. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Gæsafjöllum.....	41
Mynd 25. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Grímstöðum á Fjöllum.....	42
Mynd 26. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Hólasandi.	42
Mynd 27. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mánárþakka.	43
Mynd 28. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Möðrudal.	43
Mynd 29. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mýri í Bárðardal.....	44
Mynd 30. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mývatnsheiði.....	44
Mynd 31. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mývatni.....	45
Mynd 32. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Rauðanúp.....	45
Mynd 33. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Reykjahlíð.....	46
Mynd 34. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Sandbúðum.....	46

Mynd 35. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Sóleyjarflatarmelum.....	47
Mynd 36. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Svartárkoti.....	47
Mynd 37. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Þeistareykjum.....	48
Mynd 38. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs við Upptyppinga.....	48
Mynd 39. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu á Mánárbakka.	49
Mynd 40. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu í Reykjahlíð.....	49
Mynd 41. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu á Mýri í Bárðardal.....	50
Mynd 42. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu á Grímsstöðum á Fjöllum.....	50
Mynd 43. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu í Möðrudal.	51
Mynd 44. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 1994-1996.....	52
Mynd 45. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 1996-1998.....	53
Mynd 46. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 1998-2000.....	54
Mynd 47. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2000-2002.....	55
Mynd 48. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2002-2004.....	56
Mynd 49. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2004-2006.....	57
Mynd 50. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2006-2008.....	58
Mynd 51. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2008-2010.....	59
Mynd 52. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 1994 -1996.....	60
Mynd 53. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 1996 -1998.....	61
Mynd 54. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 1998 -2000.....	62
Mynd 55. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2000 -2002.....	63
Mynd 56. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2002 - 2004.....	64
Mynd 57. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2004 - 2006.....	65
Mynd 58. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2006 - 2008.....	66
Mynd 59. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2008 - 2010.....	67
Mynd 60. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 1994 - 1996.	68
Mynd 61. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 1996 - 1998.	69
Mynd 62. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 1998- 2000.	70

Mynd 63. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2001-2002.	71
Mynd 64. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2002-2004.	72
Mynd 65. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2004-2006.	73
Mynd 66. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2006-2008.	74
Mynd 67. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2008-2010.	75
Mynd 68. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mývatns (1, 2 og 3).	76
Mynd 69. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mývatns (AB02, EGILS og HEL).	77
Mynd 70. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mývatns (HVG, KL og KV).	78
Mynd 71. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mývatns (LN, LUD01 og LUD02).	79
Mynd 72. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mývatns (LUD03, LUD04 og LUD05).	80
Mynd 73. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mývatns (LUD06, LUD08 og LUD10).	81
Mynd 74. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (AE02, AE03 og AE04).	82
Mynd 75. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (AE05, AE06 og AE08).	83
Mynd 76. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (KH01, KH02 og KH03).	84
Mynd 77. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (ASELIN og SABLIN).	85
Mynd 78. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð á Þeistareykjum (ÞR02, ÞR03 og ÞR04).	86
Mynd 79. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð á Þeistareykjum (ÞR07, ÞR08 og ÞR09).	87
Mynd 80. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð á Þeistareykjum (ÞR10 og ÞR11).	88
Mynd 81. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í Gjástykki (GR01 og GR02).	89
Mynd 82. Mælt og reiknað rennsli í VHM-105 Mývatn.	90
Mynd 83. Mælt og reiknað rennsli í VHM-32 Laxá í Aðaldal.	91
Mynd 84. Mælt og reiknað rennsli í VHM-102 Jökulsá á Fjöllum við Grímstaði.	92
Mynd 85. Mælt og reiknað rennsli í VHM-162 Jökulsá á Fjöllum við Upptýppinga.	93
Mynd 86. Mælt og reiknað rennsli í VHM-233 Kreppa við Lónshnjúk.	94
Mynd 87. Mælt og reiknað rennsli í VHM-50 Goðafoss í Skjálfafljóti.	95
Mynd 88. Mælt og reiknað rennsli í VHM-238 Aldeyjarfoss í Skjálfafljóti.	96
Mynd 89. Mælt og reiknað rennsli í VHM-116 í Svartá Bárðardal.	97
Mynd 90. Mælt og reiknað rennsli í lindum.	98

Töfluskrá

Tafla 1. Staðsetning grunnvatnshæðarmælinga.	18
Tafla 2. Ferskvatnsvinnsla í Kröflu.	19

1. Inngangur

Grunnvatns- og rennislíkan af Norðausturlandi var fyrst þróað hjá Vatnaskilum árin 1993-1995 fyrir Landsvirkjun og hefur það í tvígang verið endurskoðað, árið 1999 og árin 2007-2008 (Verkfræðistofan Vatnaskil, 1993a, 1993b, 1995, 1999, 2007 og 2008). Líkanið nær yfir vatnasvið Skjálfandaflijóts í vestri til vatnasviðs Jökulsár á Fjöllum í austri allt frá strönd og upp til jökla. Líkanið var á sínum tíma sett upp vegna athugana Landsvirkjunar á mögulegum vatnsaflskostum á svæðinu. Mesta áherslan var í upphafi á syðri hluta svæðisins þ.e. sunnan Mývatns en við síðustu endurskoðanir hafa svæði sem horft er til jarðhitanýtingar fengið meira vægi í endurkvörðun líkansins. Landsvirkjun hefur staðið að hæðar- og hitamælingum grunnvatns síðastliðin ár vegna virkjanaáforma á Norðausturlandi við Námafjall, Kröflu, Gjástykki og Þeistareyki. Landsvirkjun hefur afhent Vatnaskilum skýrslu um rannsóknirnar á Norðausturlandi árin 2006-2013 (Landsvirkjun, 2014) og óskað í framhaldi eftir endurskoðun grunnvatns- og rennislíkansins þar sem nýjustu mælingar eru nýttar til kvörðunar líkansins.

Fram til þessa hefur hita- og úrkomudreifing innan líkansins byggt á mælingum í Reykjahlíð þar sem sólarhringsúrkomu og -hita úr Reykjahlíð er miðlað yfir líkanið út frá meðalúrkomu á hverjum stað og ætluðum hitastigli. Líkansvæðið er mjög víðfeðmt og því má vænta töluverðs veðurfarsbreytileika bæði í tíma og rúmi innan líkansvæðisins. Af þessum sökum er nú fallið frá framangreindri miðlun veðurmælinga yfir líkansvæðið og í staðinn nýttar niðurstöður úr WRF veðurlíkani Reiknistofu í veðurfræði á 3 km reiknineti, þar sem betur er gert grein fyrir veðurfarsbreytileika en áður. Upptaka veðurlíkansins er meginþáttur endurkvörðunarinnar nú auk viðbótarmælinga sem tekið er tillit til.

Í þessari skýrslu er gert grein fyrir grunnvatns- og rennislíkani af Norðausturlandi, helstu breytingum frá síðustu endurkvörðun auk helstu gagna og mælinga sem líkanið byggir á. Jafnframt er greint frá þeim gögnum sem lögð eru til staðfestingar spágetu líkansins og hvernig samanburður mældra og reiknaðra viðmiðunarstærða kemur út.

2. Mælingar og gögn

Við gerð líkansins er stuðst við mælingar á grunnvatnshæð, vatnshæð í stöðuvötnum, rennsli í ám, lindarrennsli, ferksvatnsvinnslu, afkomumælingar á jöklum og mælingar á hitastigi og úrkomu. Mælingarnar eru notaðar bæði við útreikninga reiknilíkans en einnig til samanburðar við niðurstöður þess. Kafar 2.1 til 2.5 gera nánari grein fyrir hluta þessara mælinga, en umfjöllun að öðru leyti er í 3. kafla undir lýsingu yfirborðs- og grunnvatnslíkananna. Yfirlit yfir staðsetningu mælinga sem liggja til grundvallar við kvörðun líkansins er sýnt á mynd 1.

Önnur gögn sem koma til stuðnings við uppsetningu líkansins eru jarðfræðigreiningar og landfræðilegir upplýsingagrunnar. Gert er grein fyrir þessum gögnum í köflum 2.6 og 2.7.

2.1. Grunnvatnshæð

Staðsetning grunnvatnshæðarmælinga sem nýttar voru við líkangerðina eru sýndar á myndum 1-3, þar sem sérstaklega eru merktar staðsetningar við Mývatn og Kröflu á mynd 2 og á Þeistareykjum og í Gjástykki á mynd 3. Grunnvatnshæð er mæld í borholum og einnig í opnum gjám í nágrenni Mývatns. Grunnvatnshæðarmælingar voru fengnar hjá Landsvirkjun, og alls voru mælingar úr 36 borholum og 4 gjám notaðar til kvörðunar líkansins. Yfirlit mælinga er gefið í töflu 1.

2.2. Ferskvatnsvinnsla

Ferskvatnsvinnsla í Kröflu á vegum Landsvirkjunar var bætt inn í grunnvatnslíkanið við núverandi endurskoðun. Vatn er annars vegar tekið upp úr Sandabotnalindum og hins vegar dælt upp úr borholum AE08 og AE09 í Sandabotnaskarði. Vatnið úr Sandabotnalindum hefur verið notað við rekstur Kröflustöðvar og vatn úr borholum í Sandabotnaskarði hefur verið notað í borvatnsveitu og við IDDP verkefnið. Vinnslugögn voru fengin hjá Landsvirkjun fyrir tímabilið 1976-2014, og eru gögnin sýnd í töflu 2. Ársmeðalvinnslan er annað hvort mæld (árin 2008 og 2012-2014) eða áætluð (1976-2007 og 2009-2011).

2.3. Ár og lindir

Rennismælingar í helstu ám á líkansvæðinu hafa staðið yfir í lengri tíma á vegum Veðurstofu Íslands. Átta mælistaðir eru nýttir við endurkvörðun líkansins. Nokkrir staðir eru til viðbótar þeim sem nýttir eru nú þar sem mælingar á þeim stöðum falla ekki innan þess tímabils sem reikningarnir ná nú yfir eða mælingum hefur verið hætt. Með lengingu veðurraðar má reikna með því að þessar eldri mælingar verði nýtanlegar við kvörðun líkansins. Mælistaðirnir átta sem nýttir eru við endurkvörðunina eru VHM-238 Aldeyjafoss í Skjálfandafljóti, VHM-116 Svartá í Bárðardal, VHM-50 Goðafoss í Skjálfandafljóti, VHM-32 Laxá í Aðaldal, VHM-105 Mývatn, VHM-162 Jökulsá á Fjöllum við Upptýppinga, VHM-233 Kreppa við Lónshnjúk og VHM-102 Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði. Mælistaðirnir eru sýndir á mynd 4. Veðurstofa Íslands afhenti allar mælingar árrennslis frá framangreindum stöðum (Veðurstofa Íslands, 2014).

Mælingar og mat á rennslis stakra linda hafa verið framkvæmdar á nokkuð víðfeðmu svæði sérstaklega í Kelduhverfi og upp eftir Jökulsárgljúfrum. Á mynd 5 eru sýndir þeir mælistaðir sem nýttir eru til kvörðunar líkansins að þessu sinni. Í skýrslu síðustu endurskoðunar líkansins (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2008) er að finna töflur yfir metið og mælt lindarrennslis á svæðinu ásamt staðsetningu allra meginlinda. Á sömu mynd er einnig sýnd staðsetning nokkurra vatna sem nýtt eru til viðmiðunar í kvörðun líkansins þar sem gert er ráð fyrir að vötnin séu í beinu sambandi við grunnvatn og yfirborð þeirra svari til grunnvatnshæðar á svæðinu.

2.4. Veðurfarsmælingar

Eins og segir hér að ofan hefur reiknilíkanið fram til þessa byggt á mælingum á úrkomu og hitastigi í Reykjahlíð. Nokkrar mannaðar veðurstöðvar til viðbótar eru á svæðinu þar sem bæði er mælt hitastig og úrkoma. Veðurstöðvarnar Mánárþakki, Mýri í Bárðardal, Grímsstaðir á Fjöllum og Möðrudalur hafa ekki verið nýttar að fullu leyti fram til þessa. Töluverð fjölgun hefur orðið á sjálfvirkum veðurstöðvum á svæðinu á undanförunum árum. Eru þar sérstaklega veðurstöðvar í eigu Vegagerðarinnar en einnig veðurstöðvar á vegum Veðurstofu Íslands og Landsvirkjunar. Sjálfvirku stöðvarnar gefa mælingar á hitastigi til samanburðar við niðurstöður veðurlíkans. Veðurstofa Íslands afhenti gögn um úrkomu og hitastigi í öllum mælistöðvum. Á mynd 1 er staðsetning veðurstöðva sýnd.

2.5. Afkomumælingar á jökli

Afkomumælingar á Vatnajökli hafa verið framkvæmdar með reglubundnum hætti síðan 1992. Afkomumælinga á Dyngjujökli og Brúarjökli var aflað hjá Raunvísindastofnun Háskóla Íslands og úr skýrslum stofnunarinnar og Landsvirkjunar (Helgi Björnsson ofl., 1993, 1995a, 1995b, 1997) og (Finnur Pálsson ofl., 2001, 2002, 2004a, 2004b, 2004c, 2006, 2008). Afkomumælingarnar eru nýttar til staðfestingar á veðurlíkani þar sem söfnun, leysing og árssveifla eru borin saman við niðurstöður veðurlíkans. Afkomumælingar á Brúarjökli hafa gengið nokkuð vel yfir tímabilið sem er til skoðunar að

Þessu sinni en mælingar á Dyngjujökli eru ekki jafn reglulegar þar sem framhlaup í jöklinum gerði mælingar nær ómögulegar frá 1998 til 2004. Á mynd 6 er yfirlit yfir staðsetningu afkomumælinga á Dyngju- og Brúarjökli.

2.6. Jarðfræðigögn

Stórt skref í uppbyggingu grunnvatnslíkansins var tekið í síðustu endurskoðun (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2008) þegar stuðst var við nýjan jarðfræðigrunn, bæði hvað varðar bergskrokka og sprungur, sem unninn var af ÍSOR (Kristján Sæmundsson og Þórólfur H. Hafstað, 2007). Jarðfræðigrunnurinn var notaður við áætlun á lekt jarðlaga og sprungulekt á líkansvæðinu.

Við núverandi endurskoðun grunnvatnslíkansins var tekið tillit til jarðfræðigagna sem safnað hefur verið frá síðustu endurskoðun árið 2008. Til að ákvarða nánar lekt efstu jarðlaga var stuðst við jarðfræðikort Kristjáns Sæmundssonar o.fl. (2012), sem nær yfir norður helming líkansvæðisins. Með kortinu fékkst einnig greining á sprungum á svæðinu og þannig mat á misleitni. Á þeistareykjum var stuðst við sprungukort Maryam Khodayar og Sveinbjörns Björnssonar (2013), sem gefur ítarlega greiningu á sprungukerfi á svæðisins. Niðurstöður úr dæluþrófunum í holum LUD-09 og LUD-10 (innri skýrsla Landsvirkjunar “Dæluþrófanir LUD-09 og LUD-10”) var notuð til viðmiðunar í endurvörðun grunnvatnslíkansins. Við mat á lekt dýpri jarðlaga (> 100 m dýpi) á þeistareykjum var stuðst við greinargerð Þórólfs H. Hafstað og Magnúsar Á. Sigurgeirssonar (2014) um lektarmælingar í nýboruðum holum á þeistareykjasvæðinu.

2.7. Landfræðilegir upplýsingargrunnar

Við líkangerðina var notast við 20x20 m TK-50 hæðarlínugrunn Loftmynda ehf. Einnig afhenti Landsvirkjun 5 m hæðarlínugrunn sem nær yfir þeistareykja- og Mývatnssvæðið.

CORINE yfirborðsflokkunin var notuð til að meta yfirborðsgerð í líkaninu (Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2009).

3. Líkangerð

Hér á eftir verður gerð grein fyrir þeim reiknilíkönum sem líkja eftir yfirborðs- og grunnvatnsrennsli á líkansvæðinu. Í fyrsta lagi er notað yfirborðslíkan til að líkja eftir ferli úrkomu til vatnsfalla og grunnvatns. Í öðru lagi er notað grunnvatnslíkan sem tekur við írennsli frá yfirborðslíkani og reiknar grunnvatnsstreymi. Reiknilíkönin sem notuð eru, eru sömu gerðar og líkön sem beitt hefur verið til mats á rennsli í Hólmsá í Skaftártungu (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2012), aðrennsli Kárahnjúka-virkjunar á Austurlandi (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2013a) og aðrennsli Blönduvirkjunar (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2013b). Á mynd 7 er verkferli líkanreikninganna sýnt.

3.1. Yfirborðslíkan

3.1.1. Uppsetning yfirborðslíkans

Yfirborðslíkanið byggir aðallega á hæðarlíkani, gögnum um yfirborðsgerð og ráðandi veðurfarsaðstæðum, sér í lagi meðalúrkomudreifingu. Beitt var fullkomnu orkuskiptalíkani milli yfirborðs og lofthjúps og voru inntaksgögn fengin úr WRF veðurlíkani Reiknistofu í Veðurfræði. Einnig var beitt lagskiptum snjó- og íslíkönnum. WRF veðurlíkanið hefur verið í stöðugri þróun á síðustu árum. Við líkanreikningana voru notaðar nýjustu langtímaniðurstöður veðurlíkansins á 3 km reiknineti sem ná

yfir tímabilið 1. september 1994 til 1. október 2011. Vegna þessa tímabils var ekki hægt að styðjast við elstu né nýjustu mælingar á svæðinu til beins samanburðar. Gögn utan þessa tímabils voru engu að síður nýtt þ.a. horft var til meðalgilda. Von er á uppfærslu WRF veðurlíkansins á fínna reiknineti með reikingum yfir lengra tímabil.

Yfirborðsvatnasvið yfirborðslíkansins voru endurskoðuð í samræmi við nýrri og nákvæmari hæðarlíkon en fyrra líkan byggði á, sjá mynd 1. Yfirborðsvatnasviðum var svo skipt upp í minni hlutsvæði með áherslu á megináhugasvæði líkansins í kringum jarðhitasvæðin á Þeistareykjum og í Mývatnssveit. Hverju hlutsvæði voru svo gefnir ákveðnir eiginleikar út frá landhæð, yfirborðsgerð og jarðfræði, sjá myndir 8 og 9. Yfirborðsgerð og jarðfræði eru nýtt til þess að ákvarða uppgufunarstuðla fyrir hvert hlutsvæði líkt og sýnt er á mynd 9. Uppgufunarstuðlarnir eru hærri þar sem gróðurþekja yfirborðs er þéttari og eru nýttir til þess að ákvarða hversu stór hluti úrkomunar fer til uppgufunar út frá hitastigi og geymslu vatns í yfirborðslögum hverju sinni.

Yfirborðsrennslisútreikningar voru framkvæmdir í tveimur fösum, í fyrri fasa var ákvörðuð vatnssúla sem myndast vegna rigningar eða bráðnunar snævar í hverju tímaskrefi fyrir öll hlutsvæði og í seinni fasa var vatnssúlunni sem mynduð var í fyrri tímaskrefi miðlað áfram til yfirborðsrennslis, millirennslis eða írennslis til grunnvatns. Írennslíð var svo notað sem inntak í grunnvatnslíkansreikningana. Á mynd 7 er verkferli líkanreikninganna sýnt.

3.1.2. Niðurstöður endurkvörðunar

Á mynd 10 er meðalúrkoma WRF útreikninga sýnd á hlutsvæðisgrunni, myndin sýnir hvernig úrkomudreifing fylgir almennt landhæð með hæstu gildi utan jökuls á Tjörnnesskaganum, í Víknafjöllum og við Öskju. Mest úrkoma á jökli er á austanverðum Brúarjökli.

Á mynd 11 er meðaltal ómiðlaðrar vatnssúlu sýnt á hlutsvæðisgrunni. Myndin sýnir hvernig vatnssúlan fylgir úrkomudreifingu að megninu til með hæstu gildi við jökulrendur Dyngju- og Brúarjökuls þar sem leysingar eru mestar.

Mynd 12 sýnir loks meðalársírennslis á hlutsvæðisgrunni. Þar sést hvernig írennslíð fylgir meðalúrkomudreifingu líkt og ómiðlaða vatnssúlan. Mest er írennslis við jökulrendur Dyngju- og Brúarjökuls en írennslíð undir jöklinum sjálfum er einungis brot af því sem er við jökulröndina eða um 2 – 5% af ómiðlaðri vatnssúlu hverju sinni.

3.2. Grunnvatnslíkan

Við núverandi endurskoðun var grunnvatnslíkan úr síðustu endurskoðun (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2008) uppfært og endurkvarðað með nýjustu gögnum sem lýst var hér að framan. Um er að ræða eins lags grunnvatnslíkan sem tekur við írennslis frá yfirborðslíkani og reiknar grunnvatnsstreymi í efsta hluta grunnvatnskerfis (átætlað um 100 m niður fyrir grunnvatnsborð).

Fyrst var reikninet grunnvatnslíkans uppfært. Reikninetið var endurskoðað í heild sinni og þétt almennt yfir allt líkansvæði, auk þess voru gerðar minniháttar lagfæringar eftir þörfum. Reikninetið var þétt mest í kringum jarðhitasvæðin (í kringum borholur sem framkvæmdar hafa verið grunnvatnshæðarmælingar í) til þess að auka nákvæmni grunnvatnslíkansins á þessum svæðum. Reiknipunktum var bætt inn í líkanið til skilgreiningar á nýjum borholum (LUD10, ÞR09, ÞR10 og ÞR11) sem notaðar voru við endurkvörðun líkansins. Reiknipunktum var bætt við á norðurjaðri líkansins til þess að skilgreina strandlínu í Öxarfirði nákvæmar og þar með auka nákvæmni næst jaðri líkansins. Lindapunktur sem notaðir eru í líkaninu við útreikning á grunnvatnsrennslis til yfirborðs (í lindum, ám og stöðuvötnum)

voru endurskoðaðir og uppfærðir eftir þörfum. Lindapunktur var bætt við til að skilgreina ár nákvæmar og landhæð nýrra lindapunkta var skilgreind miðað við nýjan landhæðargrunn.

Nokkuð stórt skref í þróun líkansins var tekið í núverandi endurskoðun, þar sem yfirborðslíkanið var tekið til gagngerrar endurskoðunar og betur gert grein fyrir landhæð, úrkomu, hitastigi og gróðurþekju. Breytingar á yfirborðslíkani hafa leitt til breytinga á grunnvatnslíkani við kvörðun þess að breyttu yfirborðslíkani. Vegna almennrar aukningar í úrkomu og þar með reiknuðu írennsli til grunnvatns, ásamt breyttri dreifingu á írennsli, var endurstilling grunnvatnslíkansins nauðsynleg.

Einn af veigamestu þáttum grunnvatnslíkansins er jarðfræði svæðisins. Margar sprungur liggja á svæðinu og hafa þær sterk áhrif á grunnvatnsrennslið. Reynt er að túlka þessi áhrif eftir fremsta megni í reiknilíkaninu út frá ætlaðri misleitni berggrunnins, þ.e. hversu mikið jarðlögin leiða vatn í sprungustefnu samanborði við þvert á sprungur. Lektargildi voru hækkuð almennt á líkansvæðinu, en svæðisbundnar breytingar á lykileiginleikum (kennistærðum) voru einnig nauðsynlegar. Með hliðsjón af jarðfræðilegum upplýsingum voru lykileiginleikar í reiknilíkani endurskoðaðir við aðlögun að nýjum mælingum, sér í lagi lekt og misleitni.

Til stuðnings hefðbundnari aðferða við kvörðun reiknilíkana var nýrri aðferð beitt í fyrsta skipti við kvörðun grunnvatnslíkansins. Beitt var bestunarforritinu iTOUGH2-PEST (Stefan Finsterle, 2011), samtvinnað við grunnvatnsforrit Vatnaskila, AQUA3d, með þeim hætti að iTOUGH2-PEST tók niðurstöður útreikninga AQUA3d og bar saman við mælingar á grunnvatnshæð og rennsli í ám. Í framhaldi breytti iTOUGH2-PEST gildum einstakra fyrirframskilgreindra inntaksbreyta og framkvæmdi aftur útreikninga með grunnvatnslíkani. Þetta var framkvæmt í fjölda ítrana til að nálgast niðurstöður með sem bestum samanburði við mælingar.

3.2.1. Niðurstöður endurkvörðunar

Mynd 13 sýnir skilgreinda bergleiðni (sem margfeldi lektar og þykktar) í líkaninu. Hæstu leiðnigildin eru þar sem grunnvatnsborð liggur nær yfirborðinu og rennur um nútímahraun, t.d. í hraunum í næsta nágrenni Mývatns. Lægstu leiðnigildin eru þar sem grunnvatnsborð liggur dýpra og rennur í gegnum þéttari bergmyndanir, t.d. á Kröflusvæðinu þar sem bergið hefur ummyndast vegna jarðhita. Á mynd 14 eru sýnd misleitnisgildi úr grunnvatnslíkaninu. Meginprungusveimar á líkansvæðinu teygja sig í NA-SV átt, og sprungurnar fylgja sömu stefnu. Eins og mynd 14 sýnir er leiðnin í sprungustefnuna allt að tuttugu sinnum hærri heldur en þvert á hana. Þar sem hlutfall lektargildanna er hátt eru sprungur mjög opnar og megin vatnsleiðnin eftir þeim. Gildi bergleiðni og misleitni sem skilgreind eru í líkaninu endurspeglar enn vel kort Kristjáns Sæmundssonar og Þórólfs H. Hafstað (2007) sem líkanið var byggt á í síðustu endurskoðun.

Mynd 15 sýnir reiknaða grunnvatnshæð á líkansvæðinu og mynd 16 sýnir samskonar kort með reiknaðri grunnvatnsstefnu. Eins og myndirnar gefa til kynna er aðalstefna grunnvatnsrennslis frá norðri til suðurs á líkansvæðinu. Á myndum 17 og 18 eru sýndar grunnvatnshæðarlínur og grunnvatnsstraumar í nágrenni Mývatns og við Þeistareyki og Gjástykki. Greinilegt er að bæði bergleiðnin og sprungukerfin hafa mikil áhrif á grunnvatnsstrauma á svæðinu. Mesta grunnvatnsrennsli (stærstu örvar á myndum 16-18) fylgir hæstu gildum bergleiðni (mynd 13) og sprungusveimum (mynd 14).

4. Samanburður við mælingar

4.1. Veðurfar

Samband mælds og reiknaðs hitastigs er sýnt á myndum 19 - 38. Almennt er samband milli reikninga og mælinga nokkuð gott. Mestan munur á mældu og reiknuðu hitastigi má sjá á mynd 22 á Brúarjökli B10 þar sem reiknað hitastig yfir 5°C getur verið allt að 10°C heitara en mælingar gefa til kynna. Gerð var ákveðin leiðrétting á hitastigi neðst á jökli vegna þessa þar sem leysing neðst á jökli var töluvert meiri en mælingar gáfu til kynna. Nánar er greint frá þessu í kaflanum um afkomu á jökli.

Samanburður mældrar og reiknaðrar úrkomu á ársgrunni er sýndur á myndum 39 – 43. Eins og myndirnar sýna er töluvert meiri úrkoma sem reikningarnir skila en mælingar gefa til kynna. Minnstur er munur á mælingum næst ströndinni en eykst jafnt og þétt eftir því sem innar og ofar í landi dregur. Einnig sést að mestur er munurinn á mældri og reiknaðri úrkomu fyrir árið 1995 sem er að öllum líkindum vegna þess að veðurlíkan hefur ekki náð fyllilega að jafna sig eftir að hafa verið sett af stað. Almennt er áætlað að við úrkomumælingar geti vantað um 20% heildar úrkomu, vanmat mælinga getur einnig verið töluvert meira en 20% ofar í landi þar sem áhrif vinds og annarra þátta hafa áhrif á mælingarnar. Dreifing úrkomu í WRF líkani er í ágætu samræmi við dreifingu úrkomu skv. meðalúrkomukort Veðurstofu Íslands fyrir tímabilið 1971 til 2001. Áætluð úrkoma úr WRF er í flestum veðurstöðvum nokkuð lægri en kort Veðurstofunnar sem byggir á niðurstöðum veðurreikninga úr orografísku líkani á 1 km reiknineti. Samburður WRF úrkomu við mælda úrkomu sýnir að úrkoma úr WRF er töluvert hærri en mælingarnar gefa til kynna en almennt er talið að mælingar á úrkomu vanmeti magn úrkomu um að jafnaði 20%.

4.2. Afkoma á jökli

Samanburður mældrar og reiknaðrar afkomu á jökli er sýndur á myndum 44 til 67. Á hverri mynd er sýnd afkoma tveggja ára hlið við hlið. Efri myndirnar sýna samanburð afkomumælinga að vori og hausti við reiknaða afkomu. Neðri myndirnar sýna svo ársafkomuna þ.e. samanlagða vor- og haustafkomu. Yfir heildina er samanburður mældrar og reiknaðrar afkomu á jökli góður, mestur er munur neðst á jökli frá 800 upp í 1300 m y.s. Einnig geta ár verið mjög misjöfn, þannig geta reikningar og mælingar fallið saman eitt árið en það næsta verið mun verri samanburður. Af samanburði reikninga við afkomumælingar sést að úrkoman í veðurlíkaninu er í heildina nokkuð vel ákvörðuð. Í næstu uppfærslum WRF er von á enn betri úrkomudreifingu á þéttara reiknineti sem ætti að auka spágetu líkansins enn frekar en núverandi uppfærsla hefur gert.

4.3. Grunnvatnshæð

Samanburður reiknaðrar og mældrar grunnvatnshæðar í mæliholum og gjám er sýndur á myndum 68 - 81. Í flestum tilfellum ber reikningum vel saman við mælingar, bæði með tilliti til meðalgrunnvatnshæðar og sveiflu í grunnvatnshæð. Í sumum borholum falla mælingar ekki innan reiknítímabilsins, mælingarnar voru engu að síður nýttar til að ná gróflega réttri reiknaðri grunnvatnshæð. Almennt hafa breytingar sem gerðar voru á líkaninu leitt til mikillar bætingar frá síðasta uppfærslu frá 2008.

4.4. Rennli í ám og lindum

Samanburður á rennsli í ám er sýndur á myndum 82 til 89. Líkaninu ber almennt vel saman við mælingar, og reiknað vatnsmagn er að jafnaði gott miðað við mælt rennsli. Mikil bæting er frá síðustu

uppfærslu frá 2008. Engu að síður væri hægt að bæta kvörðunina enn frekar með fínstillingu í kjölfar þeirra umfangsmiklu breytinga sem gerðar voru á yfirborðslíkaninu.

Mynd 90 sýnir samanburð á mældu og reiknuðu rennsli í lindum. Reiknað lindarennslí fellur nokkuð vel að mælingum ef tekið er tillit til þess að eingöngu hluti gagnanna eru raunverulegar mælingar en restin oft byggð á áætluðu rennsli oft út frá sjónmati.

5. Niðurstaða endurskoðunar

Við núverandi endurskoðun var líkanið uppfært m.t.t. nýjustu gagna sem komið hafa til sögunnar frá síðustu endurskoðun árið 2008. Yfirborðslíkan var tekið til gagngerrar endurskoðunar þar sem betur var gert grein fyrir landhæð, úrkomu, hitastigi og gróðurþekju. Helstu breytingar á grunnvatnslíkani koma til vegna aðlögunar grunnvatnslíkans að breyttu yfirborðslíkani. Um er að ræða breytt írennsli, uppfært reikninet og breytingar á inntaksbreytum með hliðsjón af nýjum jarðfræðilegum upplýsingum.

Uppfærsla yfirborðslíkans og endurkvörðun grunnvatnslíkans hafa leitt til betri samanburðar reikninga við mælingar. Nákvæmni og áreiðanleiki líkansins hefur aukist frá fyrri endurskoðun sem leiðir til bættrar spágetu líkansins. Von er á uppfærslu WRF veðuráðar á næstunni. Í kjölfarið verður unnt að framlengja keyrslutímabil líkansins fram til nútímans auk þess að nýta má eldri gögn sem ekki féllu innan reiknitímabilsins nú.

Nýting iTOUGH2-PEST býður upp á ítarlega næmnigreiningu á ákvörðun lykilstærða innan líkansvæðisins og mat á óvissu í ákvörðun þeirra. Næmnigreininguna má m.a. nýta sem innlegg í vöktun svæðisins og við skipulag á nýtingu auðlindarinnar.

Heimildir

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson, Gunnar Páll Eydal og Hannes H. Haraldsson, 2001. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 1999-2000. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-01-2001.

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson og Hannes H. Haraldsson, 2002. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 2000-2001. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-02-2002.

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson og Hannes H. Haraldsson, 2004a. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 2001-2002. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-21-2004.

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson, Eyjólfur Magnússon og Hannes H. Haraldsson, 2004b. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 2002-2003. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-22-2004.

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson, Eyjólfur Magnússon og Hannes H. Haraldsson, 2004c. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 2003-2004. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-23-2004.

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson, Hannes H. Haraldsson og Eyjólfur Magnússon, 2006. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 2004-2005. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-06-2006.

Finnur Pálsson, Helgi Björnsson og Hannes H. Haraldsson, 2008. Vatnajökull: Mass balance, meltwater drainage and surface velocity of the glacial year 2005-2006. Science Institute University of Iceland and National Power Company. RH-xx-2008.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson, 1993. Afkoma og hreyfing á vestanverðum Vatnajökli jökulárið 1991-1992. Raunvísindastofnun Háskólans september 1993. RH-93-14.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson, 1995a. Afkoma, hreyfing og afrennsli á vestan- og norðanverðum Vatnajökli jökulárin 1992-1993 og 1993-1994. Raunvísindastofnun Háskólans febrúar 1995. RH-95-2.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Magnús T. Guðmundsson, 1995b. Afkoma, hreyfing og afrennsli á vestan- og norðanverðum Vatnajökli jökulárið 1994-1995. Raunvísindastofnun Háskólans desember 1995. RH-95-23.

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og Hannes H. Haraldsson, 1997. Afkoma, hreyfing og afrennsli á vestan- og norðanverðum Vatnajökli jökulárið 1995-1996. Raunvísindastofnun Háskólans desember 1997. RH-95-24.

Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2009. CORINE-landflokkunin á Íslandi. Landmælingar Íslands, LMÍ-2009/01.

Kristján Sæmundsson og Þórólfur H. Hafstað, 2007. Norðausturgosbelti. Grunnvatn, bergskrokkar og misleitni. Framlag til grunnvatnslíkans af gosbeltinu norðan við Kröflu. Unnið fyrir Landsvirkjun. Mars 2007. ÍSOR-2007/009.

Kristján Sæmundsson, Magnús Á Sigurgeirsson og Karl Grönvold, 2012. Þeistareykir. Jarðfræðirannsóknir 2011. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. September 2012. ÍSOR-2012/024.

Landsvirkjun, 2014. Grunnvatns- og hitamælingar Landsvirkjunar á Norðausturlandi árin 2006-2013. LV-2014-057.

Maryam Khodayar og Sveinbjörn Björnsson, 2013. Preliminary Fracture Analysis of Þeistareykir Geothermal Field and Surroundings, Northern Rift Zone and Tjörnes Fracture Zone. Prepared by ÍSOR for Landsvirkjun. December 2013. LV-2013-116.

Stefan Finsterle, 2011. iTOUGH2 Universal Optimization Using the PEST Protocol – User's Guide. August 2011. Report no. LBNL-3698E (revised).

Veðurstofa Íslands, 2014. Gagnabanki Veðurstofu Íslands, afgreiðsla nr. 2014-11-11 /01

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1993a. Austurlandsvirkjun. Rennislíkan I. Unnið fyrir Landsvirkjun. Febrúar 1993. Skýrsla nr. 93.01.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1993b. Austurlandsvirkjun. Rennislíkan II. Unnið fyrir Landsvirkjun. Október 1993. Skýrsla nr. 93.05.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1995. Austurlandsvirkjun. Rennislíkan II. Jökulsá á Brú. Unnið fyrir Landsvirkjun. Október 1995. Skýrsla nr. 95.18.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1999. Grunnvatnslíkan af vatnasviði Mývatns. Unnið fyrir Landsvirkjun. Desember 1999. Skýrsla nr. 99.10.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2007. Norðausturland Framvinduskýrsla um gerð grunnvatnslíkans í gosbeltinu norðan við Kröflu. Unnið fyrir Landsvirkjun. Júlí 2007. Skýrsla nr. 07.18.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2008. Norðausturland Lókaskýrsla um gerð grunnvatnslíkans í gosbeltinu norðan við Kröflu. Unnið fyrir Landsvirkjun og Þeistareykir ehf. Júní 2008. Skýrsla nr. 08.03.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2012. Hólmsá í Skaftártungu. Rennislíkan. Unnið fyrir Landsvirkjun og Orkusölu. Júní 2012. Skýrsla nr. 12.08

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2013a. Kárahnjúkavirkjun. Endurskoðun rennislíkans fyrir Jökulsá á Brú, Jökulsá í Fljótisdal og Kelduá. Unnið fyrir Landsvirkjun. September 2013. Skýrsla nr. 13.09

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2013b. Blanda og Vestari-Jökulsá. Endurskoðun rennislíkans. Unnið fyrir Landsvirkjun. September 2013. Skýrsla nr. 13.11

Pórólfur H. Hafstað, Magnús Á. Sigurgeirsson, 2015. Þeistareykjavirkjun. Holur boraðar 2014 og mælingar í þeim. Unnið fyrir Landsvirkjun. ÍSOR-15009.

Töflur

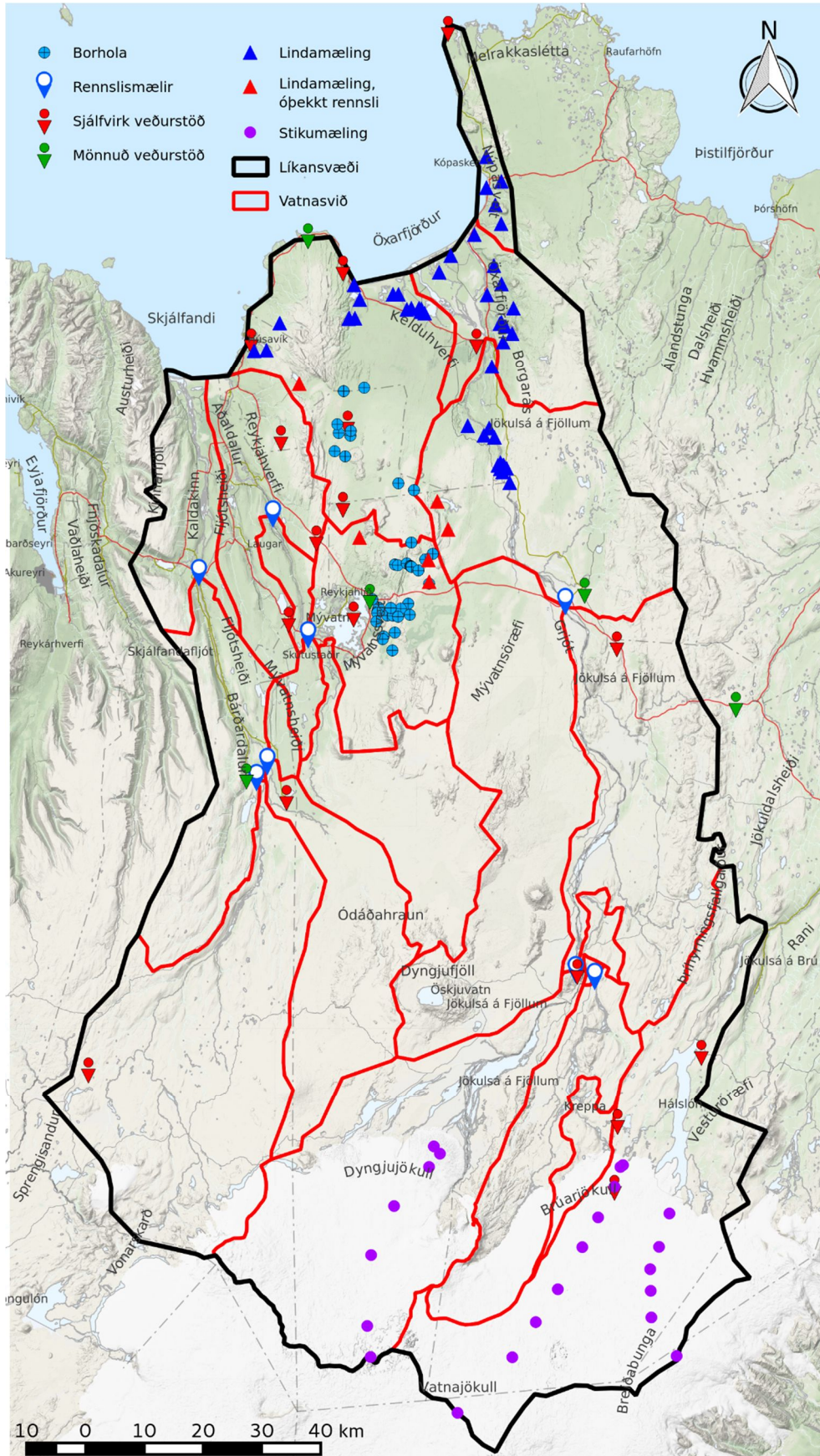
Tafla 1. Staðsetning grunnvatnshæðarmælinga.

Staðsetning	Hola	Mæling	ÍSNET hnit	Hæð holutopps (m y.s.)	Meðal grunnvatnshæð (m y.s.)	Meðaldýpi á grunnvatnsborð (m)
Við Mývatn	1	handmælt	597403, 571305	286,9	279,0	7,9
	2	handmælt	597297, 571033	284,8	279,0	5,7
	3	handmælt	598307, 566654	288,4	280,3	8,1
	AB02	síriti	602504, 572234	352,1	298,7	53,4
	EGILS (Egilshola)	síriti	596372, 572987	289,3	278,9	10,4
	HEL (Helgagjá)	síriti	598153, 566208	285,3	280,4	5,0
	HVG (Hverfjallsgjá)	síriti	597082, 569189	282,8	278,9	3,8
	KL (Grjótagjá karla)	handmælt	597505, 571459	279,5	279,0	0,5
	KV (Grjótagjá kvenna)	handmælt	597504, 571374	281,9	279,0	2,9
	LN	handmælt	597230, 570634	288,1	279,1	8,9
	LUD01	síriti	599811, 564286	334,4	282,7	51,7
	LUD02	síriti	600211, 567325	359,9	289,3	70,6
	LUD03	síriti	600779, 570017	370,2	294,4	75,8
	LUD04	síriti	601220, 571393	360,1	296,3	63,7
	LUD05	síriti	602766, 570340	351,9	299,1	52,8
	LUD06	síriti	598927, 570225	305,3	281,9	23,4
	LUD08	handmælt	599904, 570193	367,3	294,0	73,3
LUD10	handmælt	599526, 571507	337,7	280,4	57,3	
Við Kröflu	AE02	síriti	602257, 579073	455,3	436,9	18,4
	AE03	síriti	600227, 578890	476,5	417,2	59,3
	AE04	síriti	603036, 582626	570,1	535,5	34,6
	AE05	handmælt	602981, 578518	446,1	440,1	6,1
	AE06	síriti	600744, 578767	467,5	415,6	51,9
	AE08	handmælt	602849, 578647	442,6	437,5	5,2
	AE09	handmælt	602908, 578583	444,3	437,4	6,9
	ASELIN (Austaraselslind)	handmælt	606053, 575623	434,1	434,1	0,0
	KH01	handmælt	604229, 577883	505,0	472,5	32,5
	KH02	síriti	603075, 578481	451,1	444,4	6,6
	KH03	síriti	606664, 580697	582,6	560,2	22,4
	SABLIN (Sandabotnalind)	handmælt	605397, 579743	526,6	524,3	2,3
Þeistareykir og Gjástykki	ÞR02	síriti	591779, 597277	332,6	233,2	99,4
	ÞR03	handmælt	592666, 600788	321,8	222,1	99,7
	ÞR04	handmælt	592726, 601618	322,0	220,1	101,9
	ÞR07	handmælt	590672, 601247	309,0	231,1	77,9
	ÞR08	síriti	591519, 608366	277,0	222,4	54,6
	ÞR09	síriti	590436, 602733	286,0	223,0	63,0
	ÞR10	síriti	589982, 598146	310,0	233,1	76,9
	ÞR11	handmælt	595017, 608951	268,0	194,9	73,1
	GR01	síriti	600830, 592699	444,0	338,0	106,1
	GR02	síriti	603479, 591533	480,6	368,0	112,6

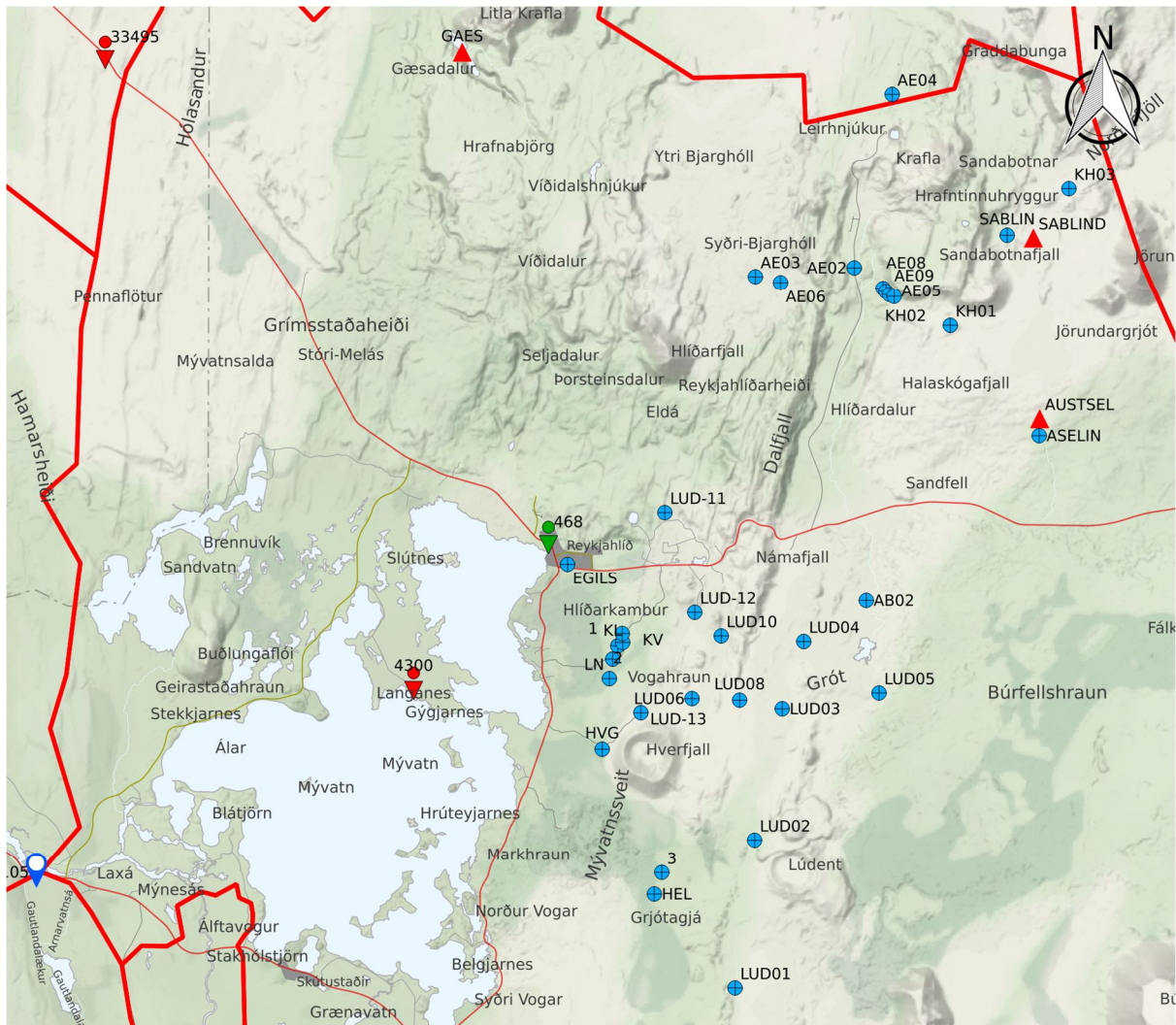
Tafla 2. Ferskvatnsvinnsla í Kröflu.

Tímabil	Vinnsla, L/s		
	Sandabotnalindir	Samtals úr holum AE08 og AE09	Heildarvinnsla í Kröflu
1976-1996	6,0		6,0
1997	16,8		16,8
1998-2007	49,0		49,0
2008	55,5		55,5
2009	49,0	21,3	70,3
2010	49,0	1,6	50,6
2011	49,0	13,8	62,8
2012	41,3	6,0	47,3
2013	39,8	14,0	53,8
2014	39,9	18,8	58,7

Myndir









Mynd 1. Yfirlitsmynd yfir líkansvæði og staðsetningu mælistaða sem nýttir eru við kvörðun líkansins.

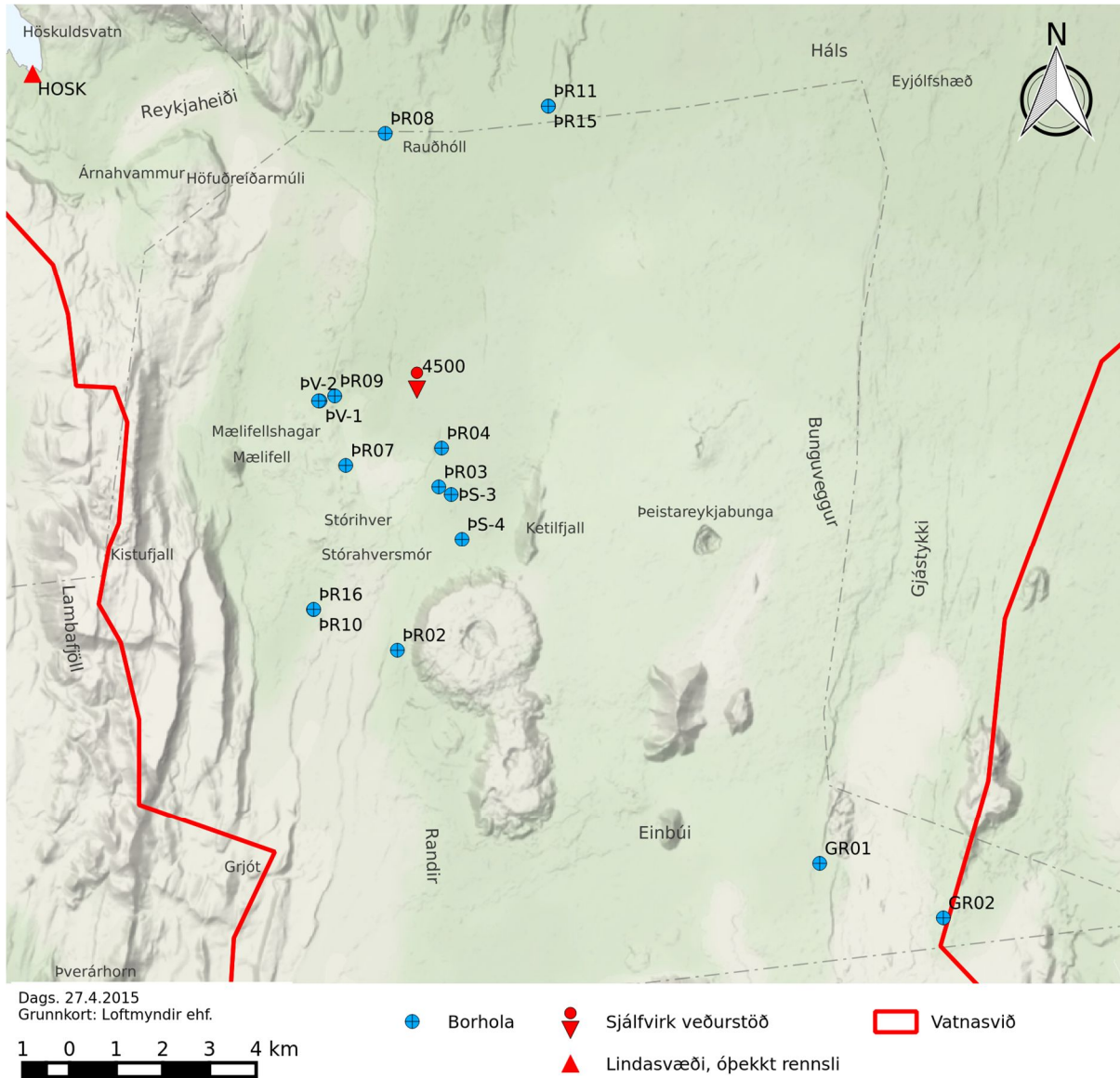


Dags. 27.4.2015
Grunnkort: Loftmyndir ehf.

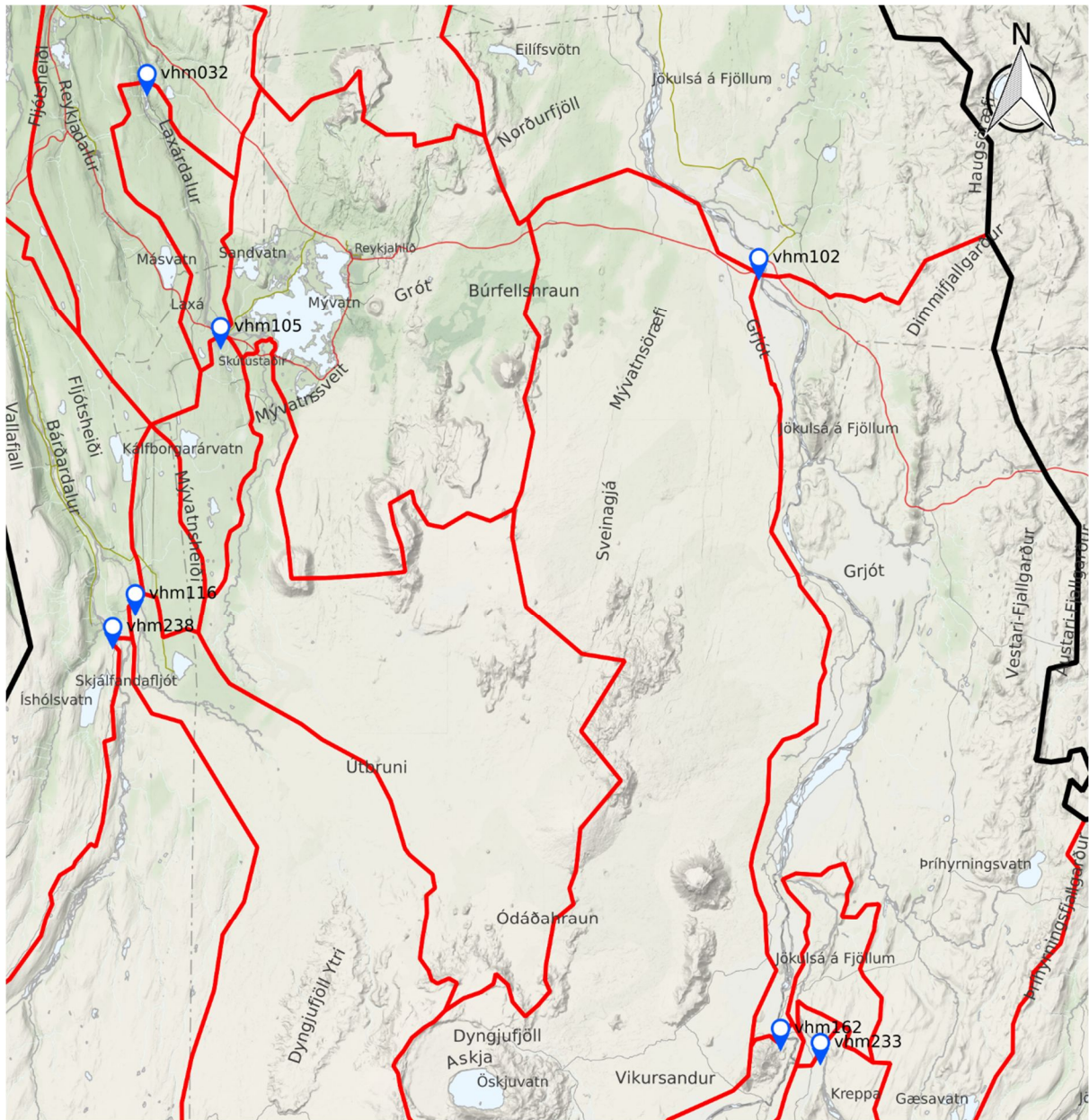
1 0 1 2 3 4 km

- | | | |
|--|---|---|
|  Borhola |  Sjálfvirk veðurstöð |  Lindasvæði, óþekkt rennislí |
|  Rennislismælir |  Mönnuð veðurstöð |  Vatnasvið |

Mynd 2. Yfirlitsmynd yfir borholur í nágrennis Mývatns og við Kröflu.



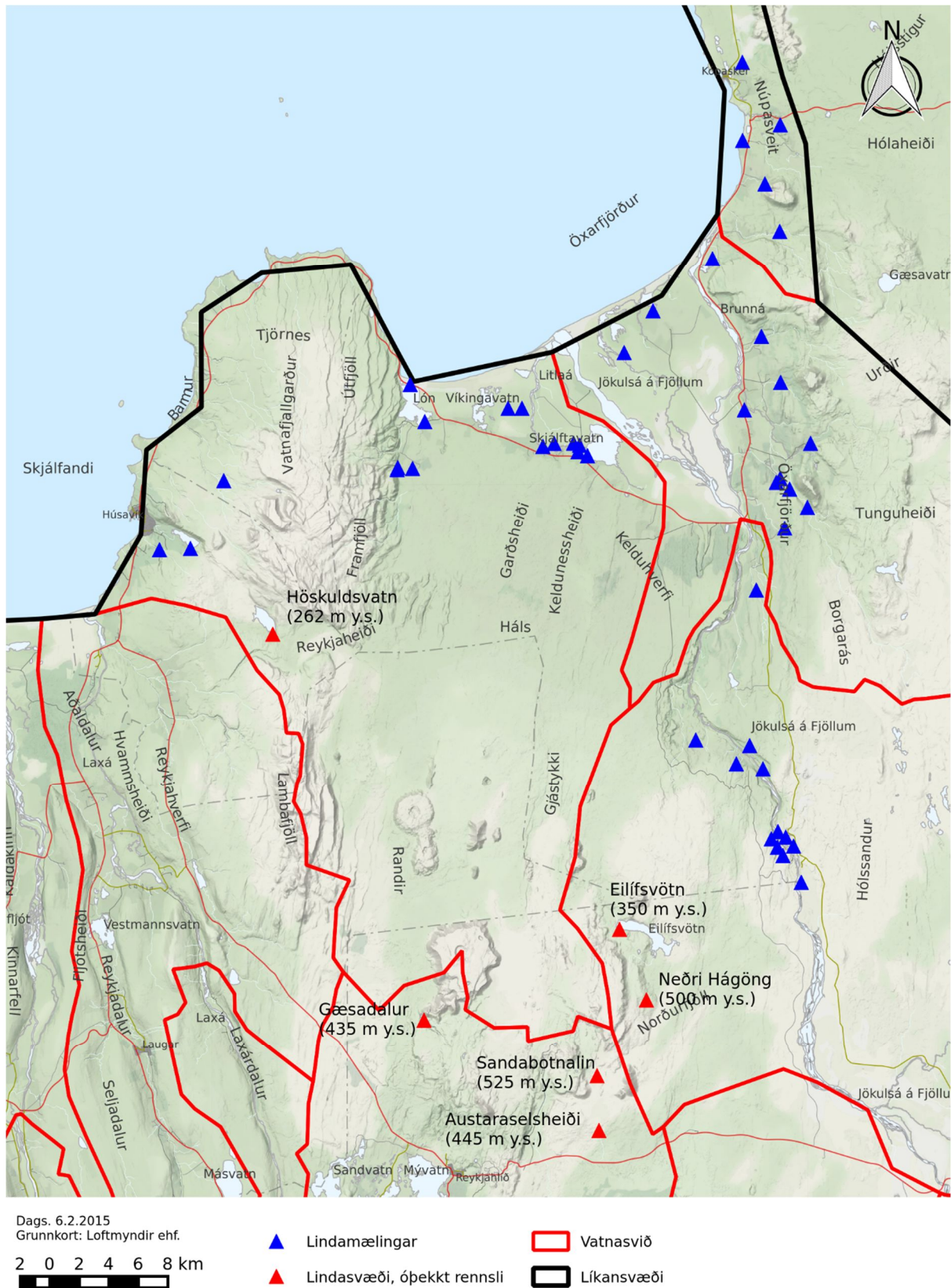
Mynd 3. Yfirlitsmynd yfir borholur á Peistareykjum og í Gjástykki.



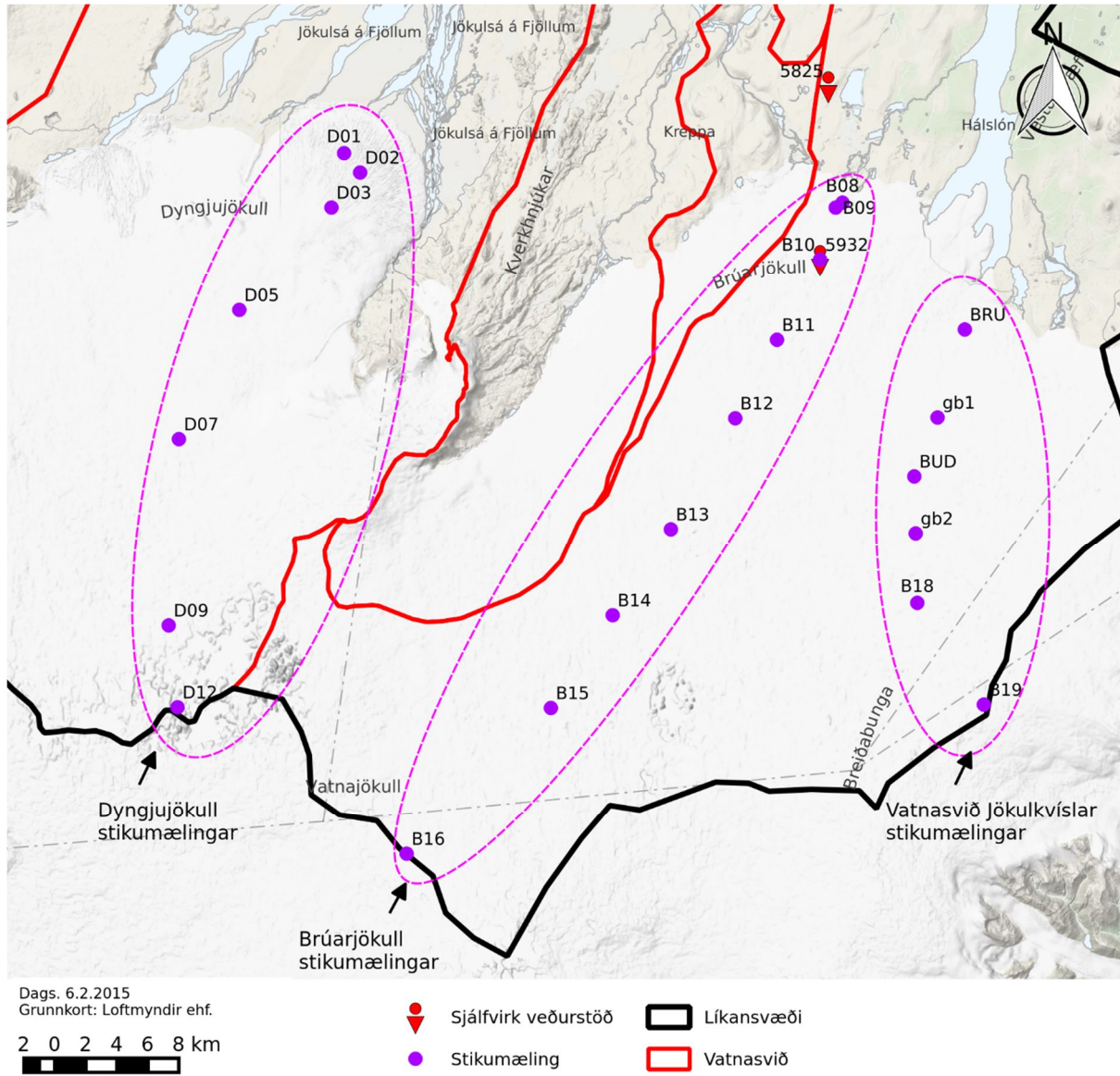
Dags. 6.2.2015
Grunnkort: Loftmyndir ehf.
2.5 0 2.5 5 7.5 10 km

📍 Rennislismælir 📐 Vatnasvið 🖱️ Líkansvæði

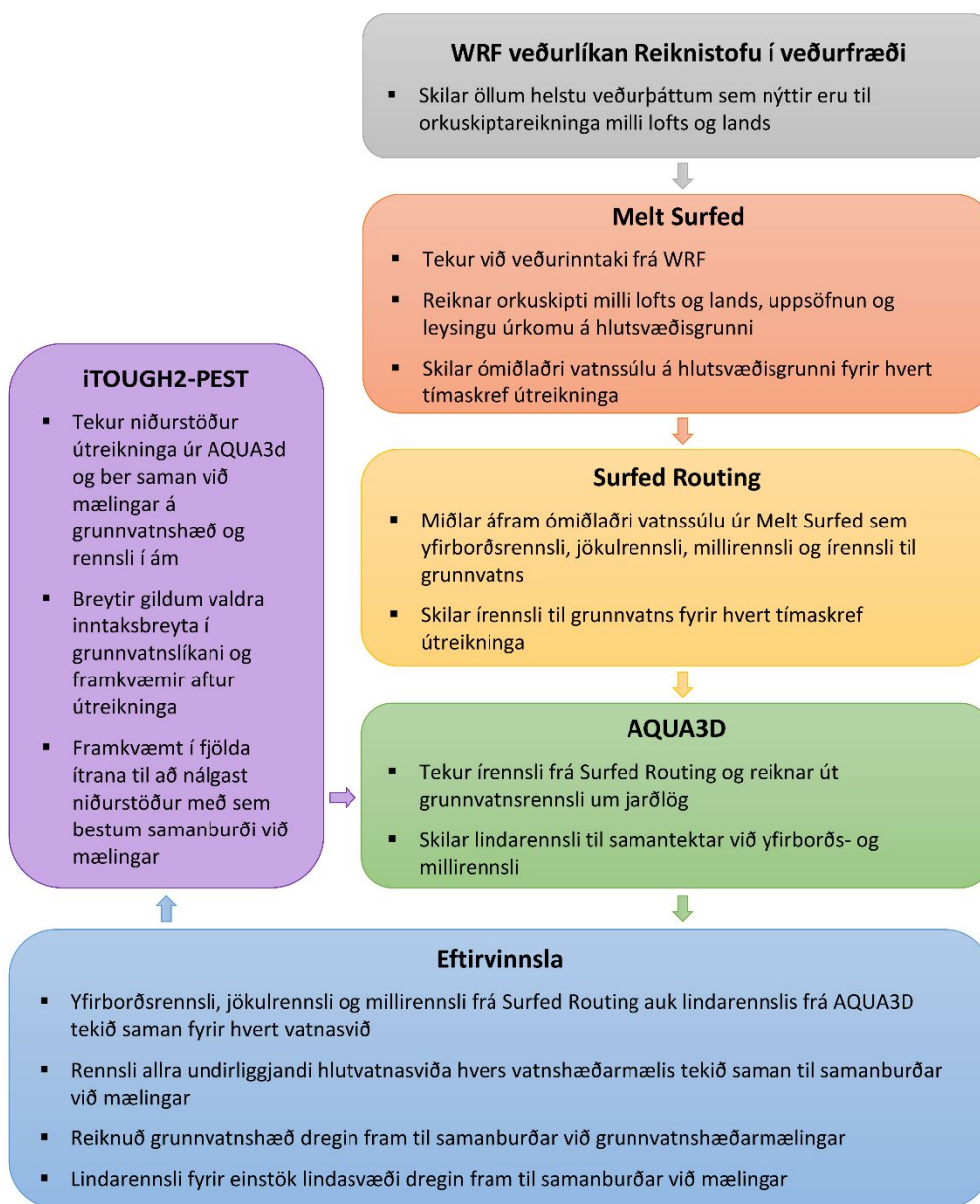
Mynd 4. Yfirlit yfir staðsetningu rennislismælistaða.



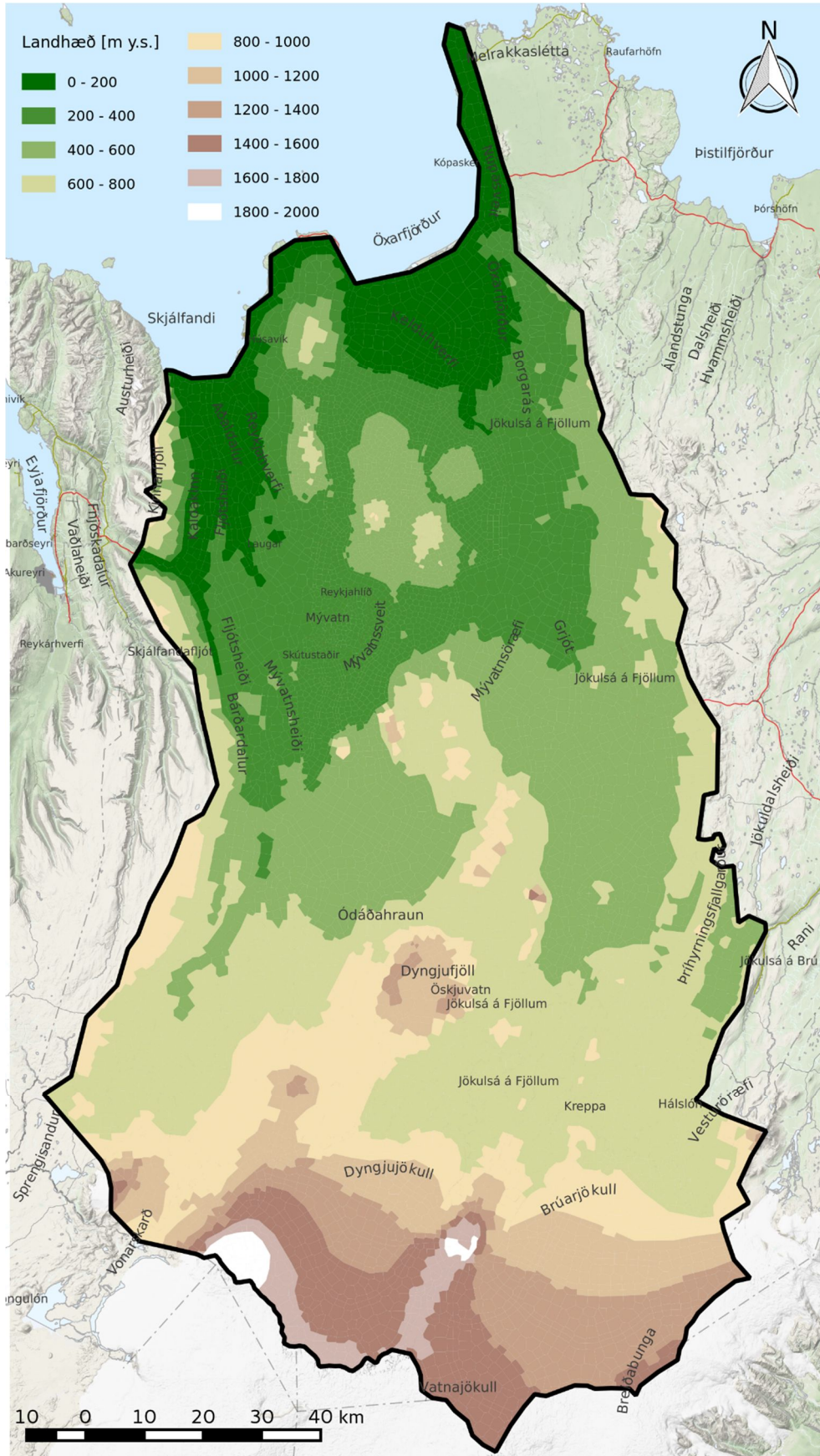
Mynd 5. Yfirlit yfir staðsetningu linda og lindasvæða.



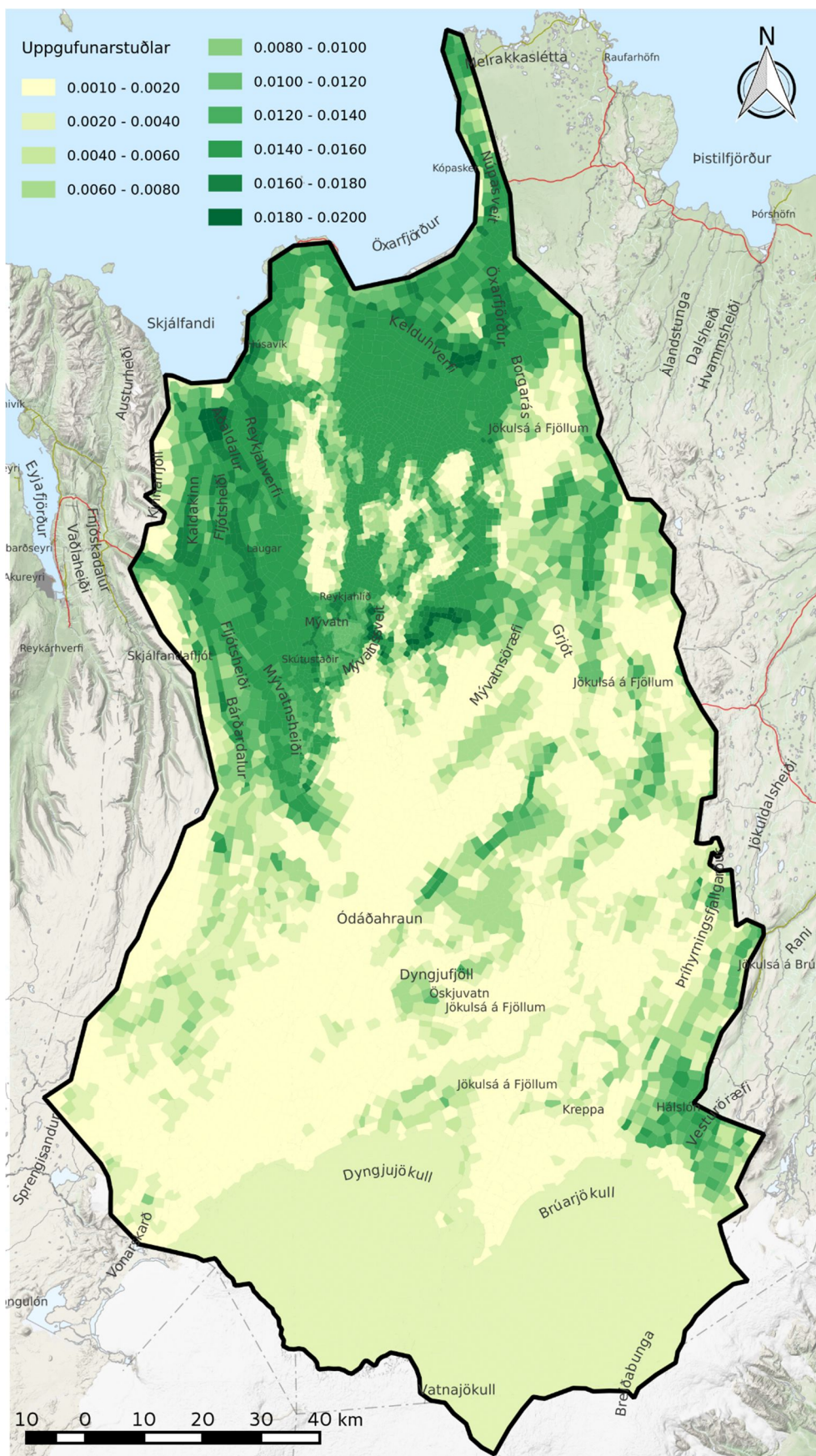
Mynd 6. Yfirlit yfir staðsetningu afkomumælinga á jökli.



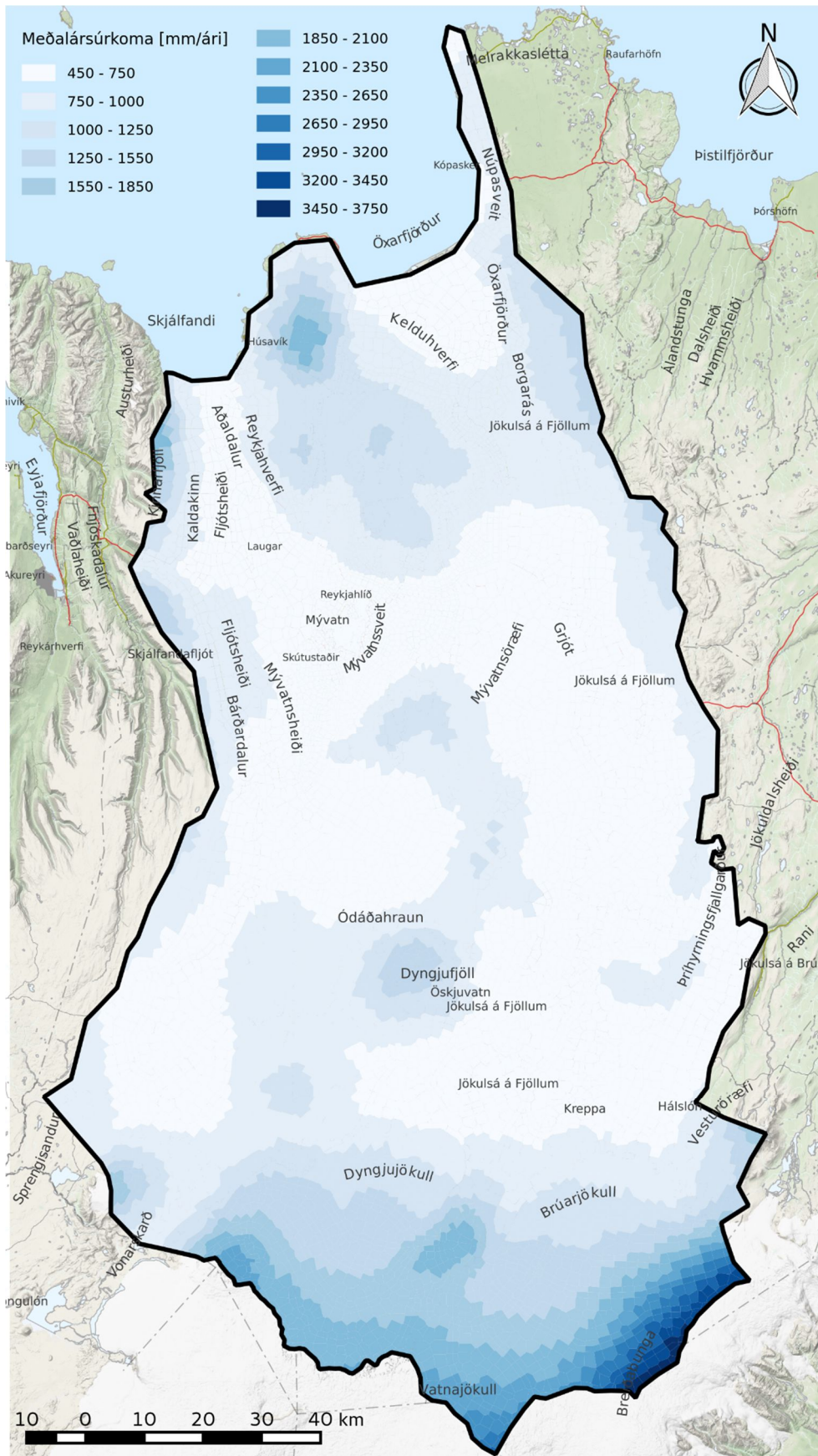
Mynd 7. Skematísk mynd yfir verkferli líkanreikninga.



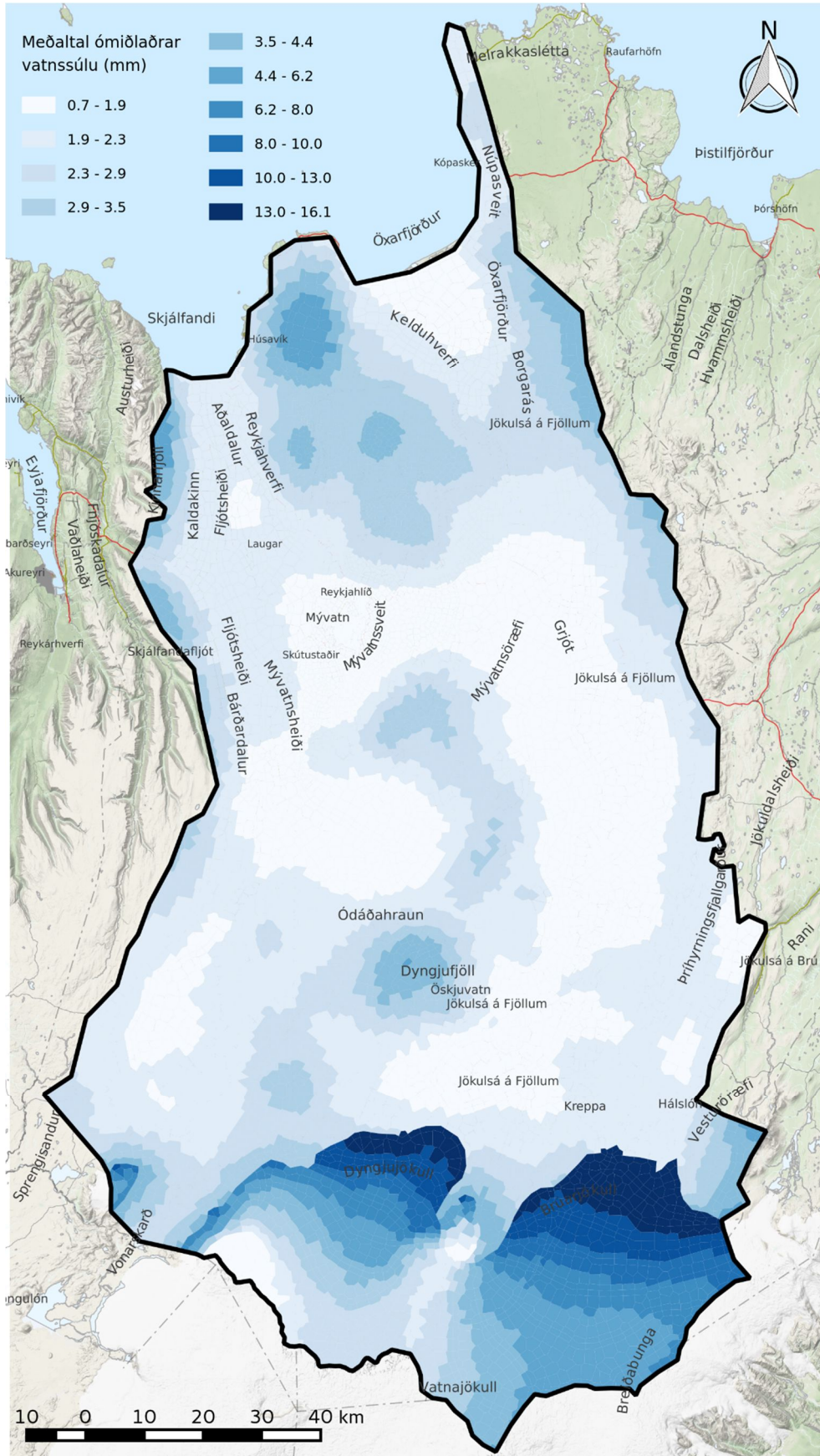
Mynd 8. Landhæð sett fram á hlutsvæðisgrunni.



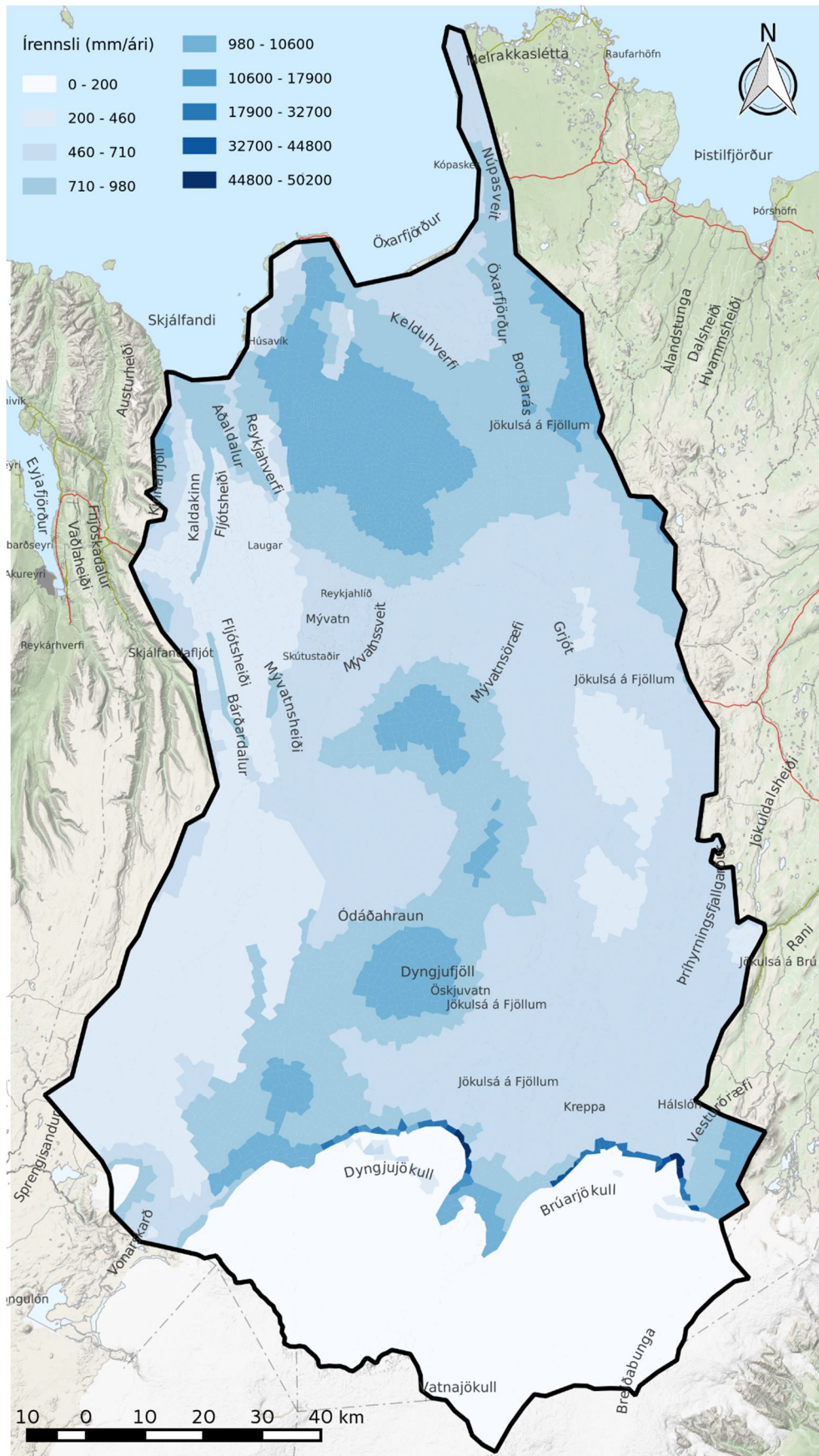
Mynd 9. Gróðurþekja skv. CORINE landflokkinum sýnd á hlutsvæðisgrunni. Gróðurþekja nýtt til ákvörðunar á uppgufunarstuðlum.



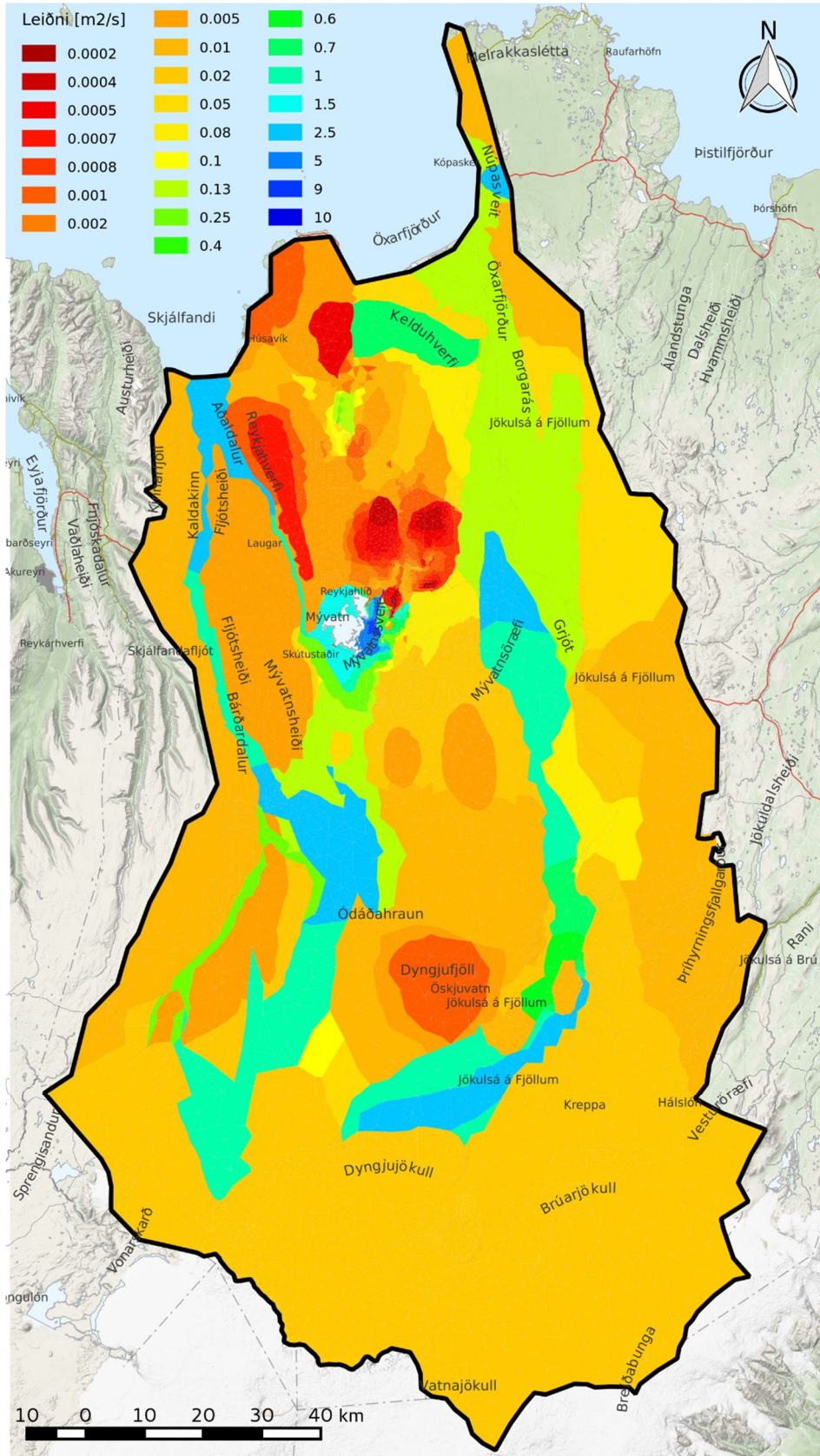
Mynd 10. Meðalúrkomudreifing skv. niðurstöðum WRF veðurlíkans innan líkansvæðisins.



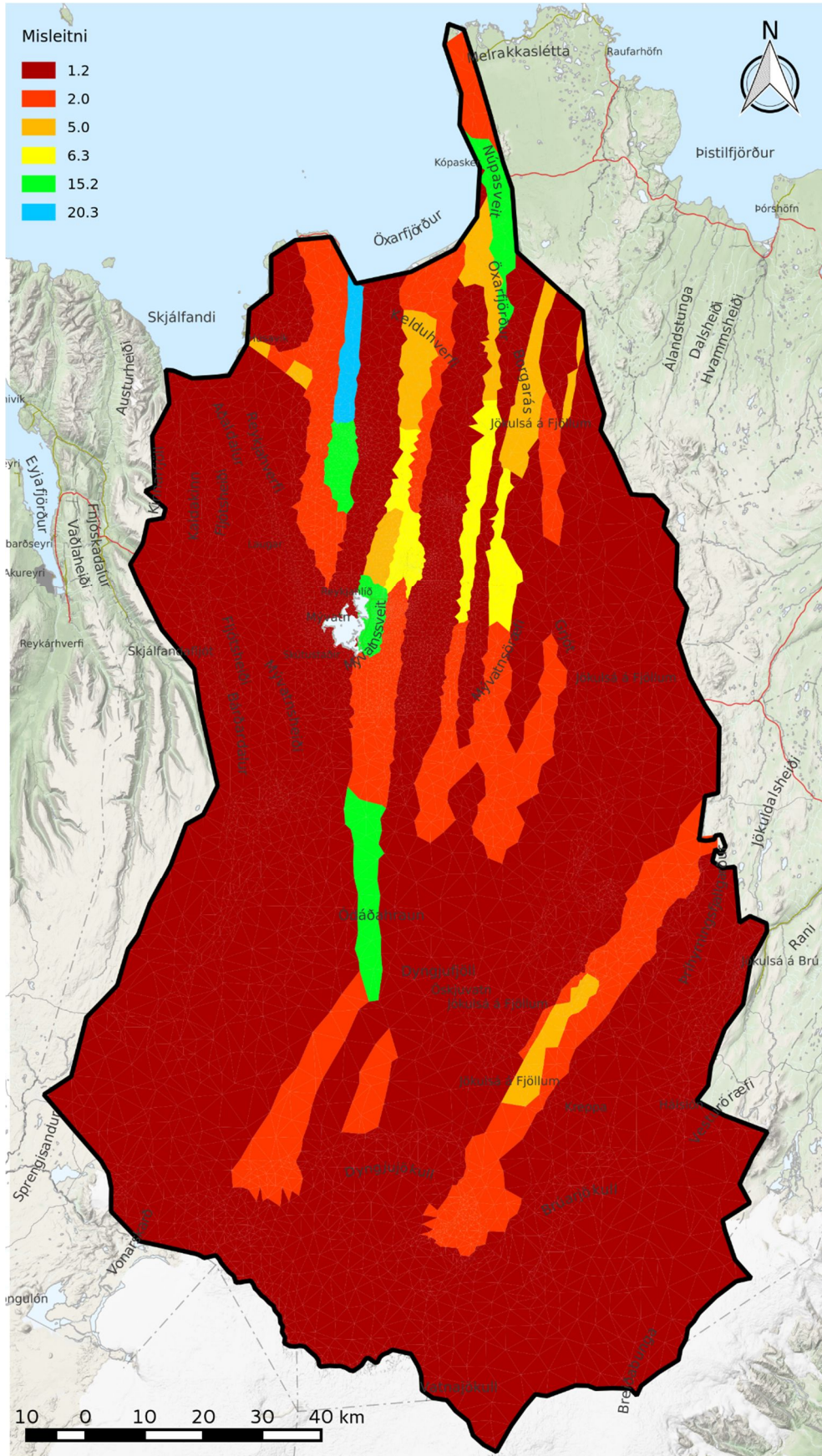
Mynd 11. Meðaltal ómiðlaðrar vatnssúlu innan líkanssvæðisins skv. útreikningi orkuskiptalíkans.



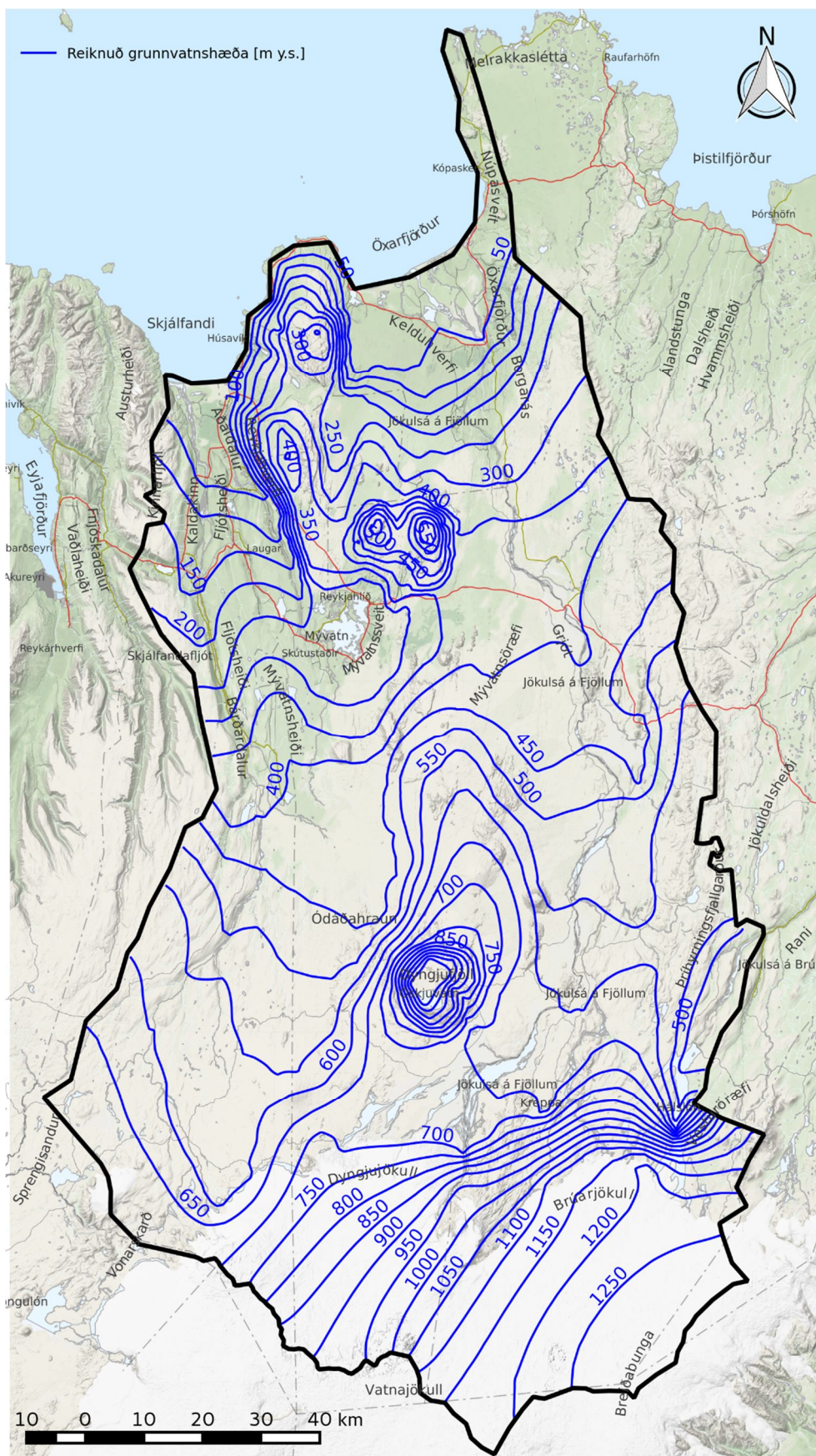
Mynd 12. Meðalársírennsli innan líkansvæðis á hlutsvæðisgrunni.



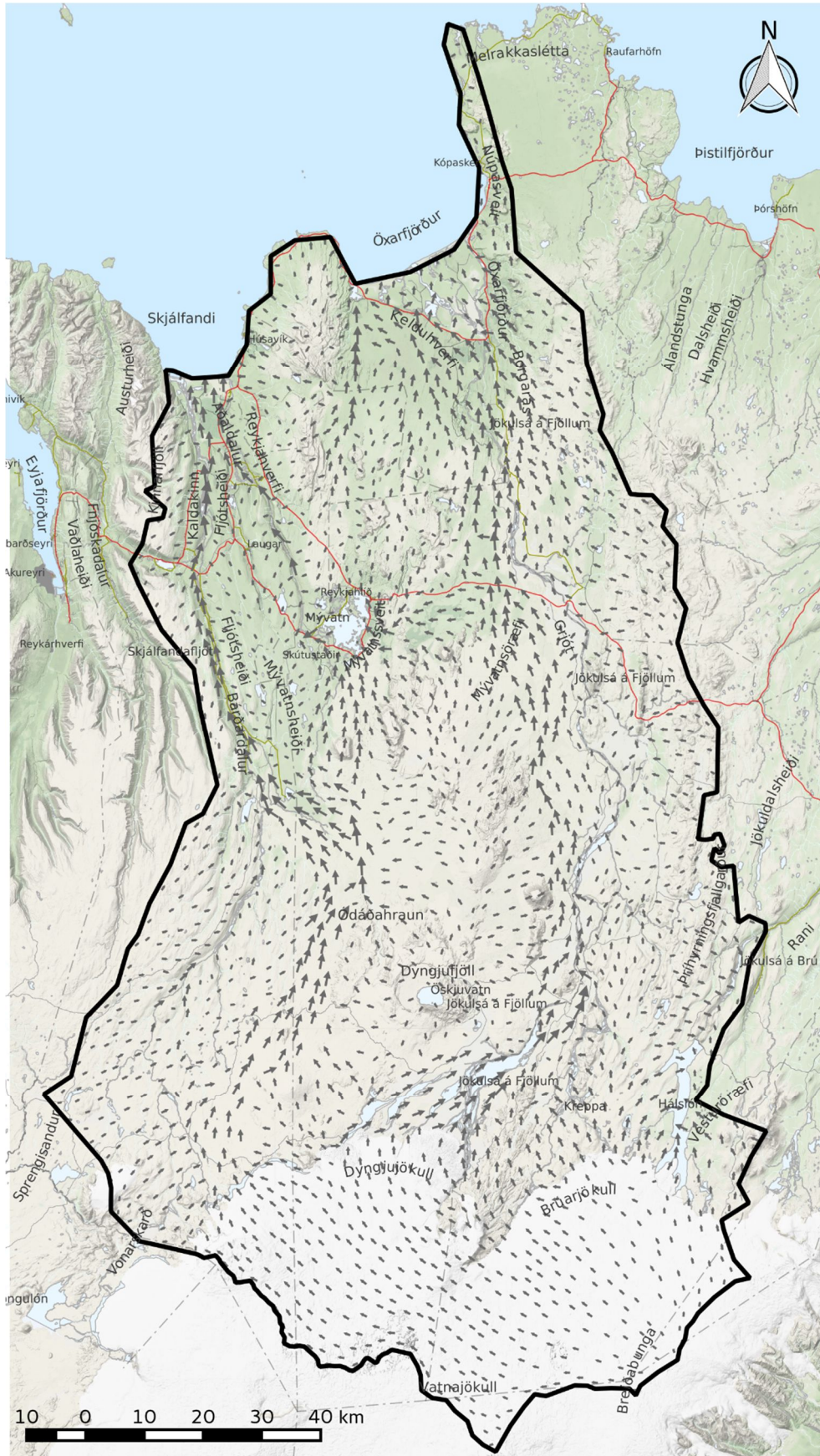
Mynd 13. Bergleiðni.



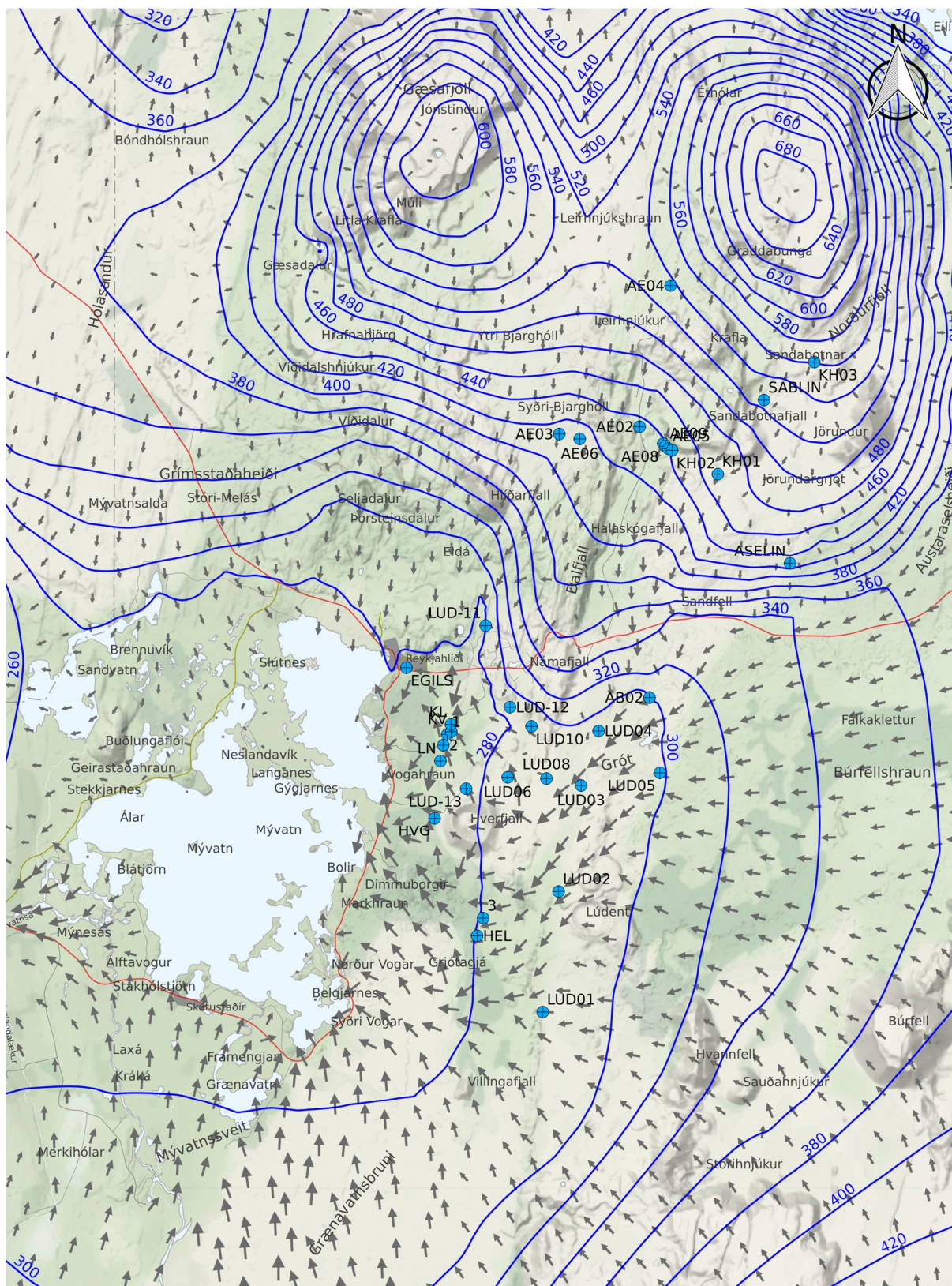
Mynd 14. Misleitni.



Mynd 15. Reiknuð grunnvatnshæð á líkansvæðinu.



Mynd 16. Reiknað grunnvatnsrennsli á líkansvæðinu.

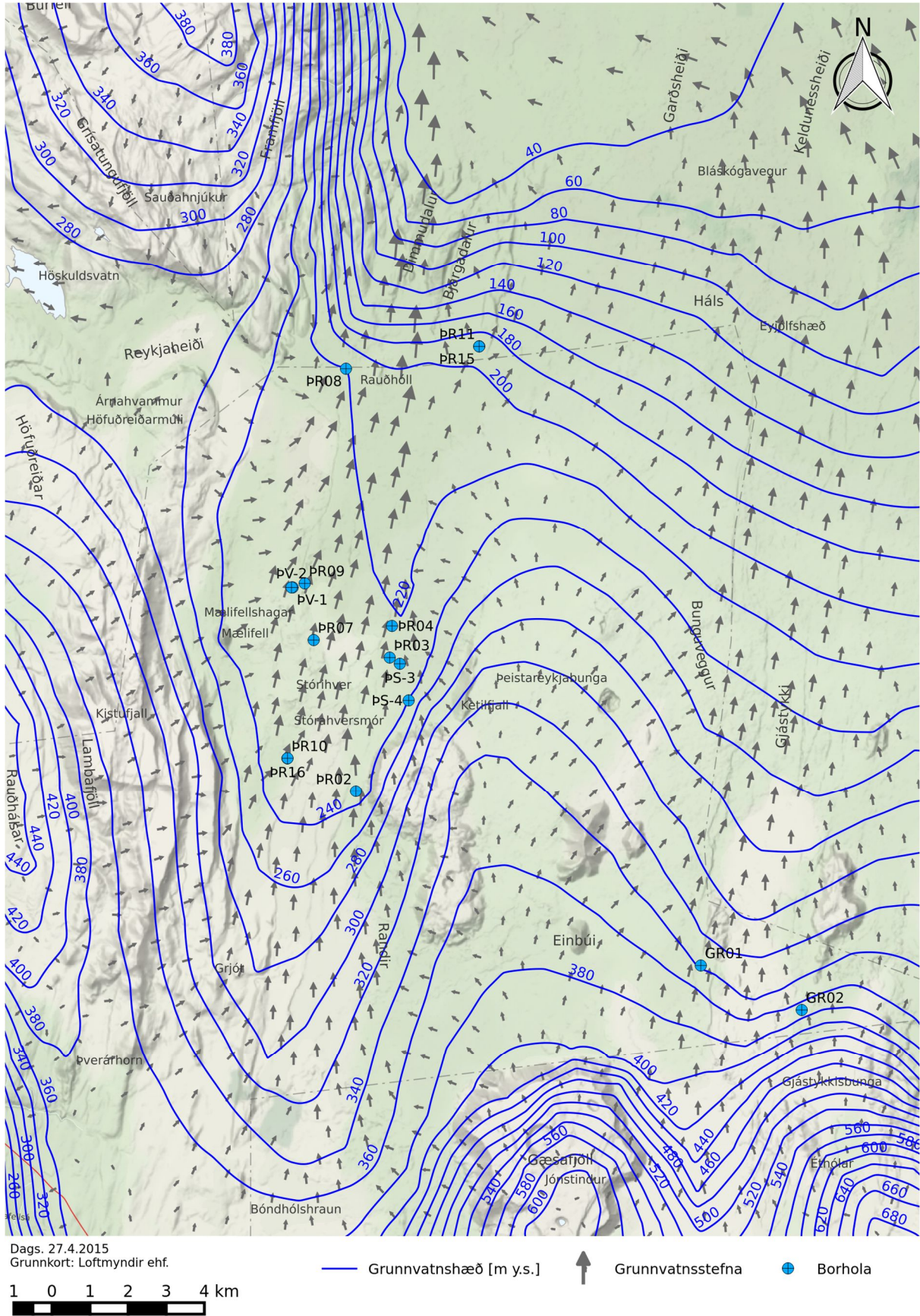


Dags. 27.4.2015
Grunnkort: Loftmyndir ehf.

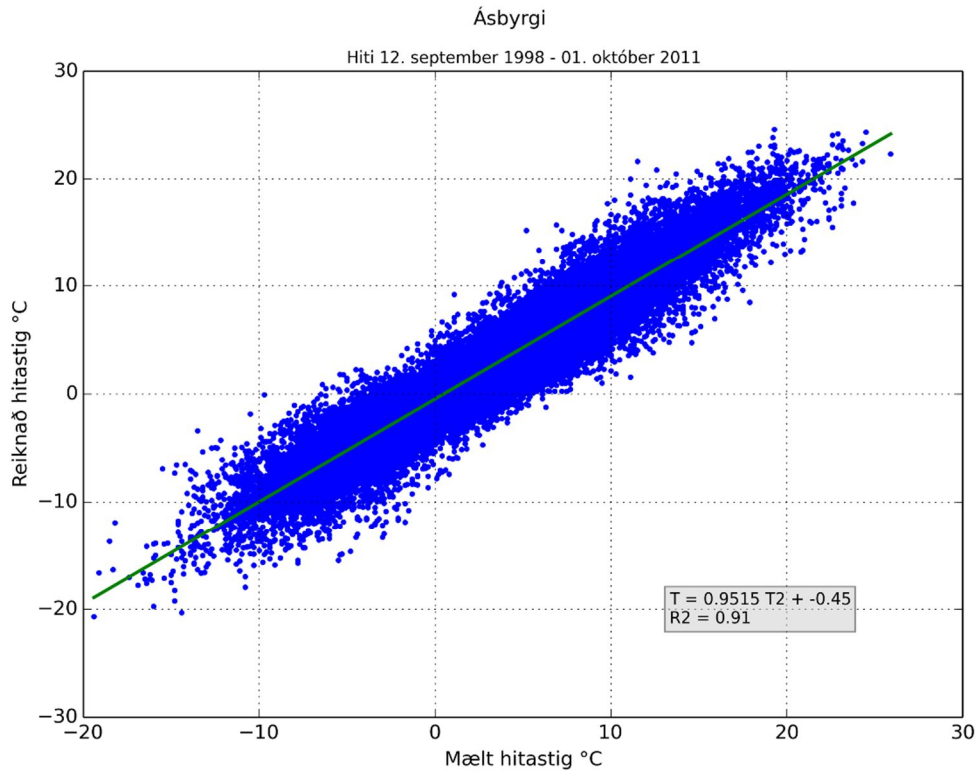
1 0 1 2 3 4 km

— Grunnvatnshæð [m y.s.] ↑ Grunnvatnsstefna ● Borhola

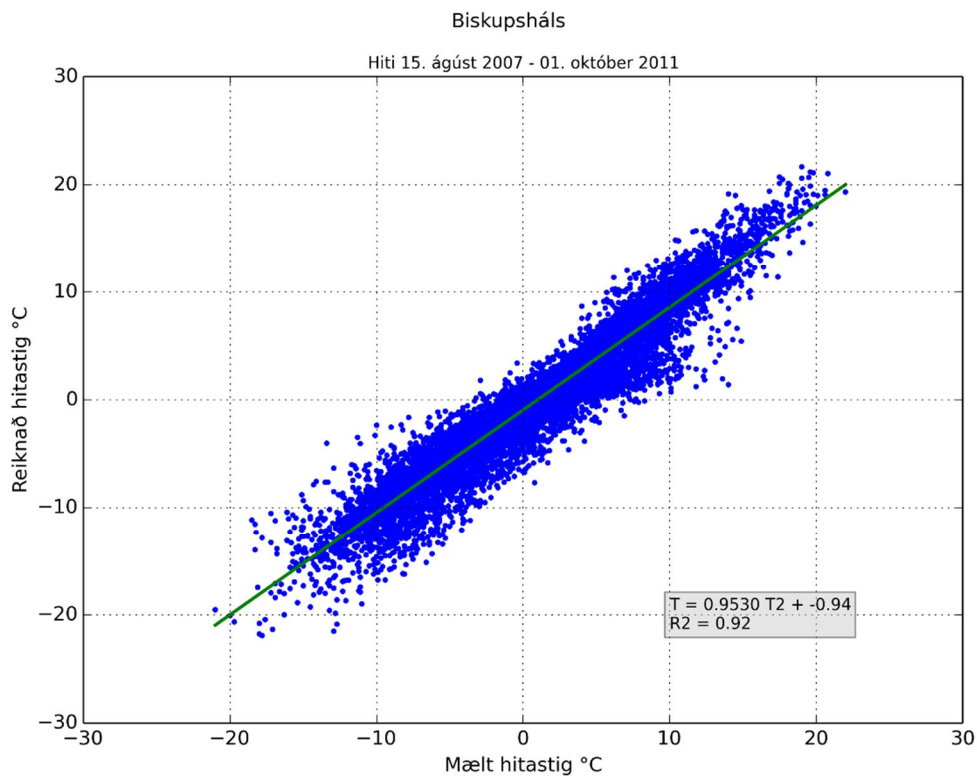
Mynd 17. Reiknuð grunnvatnshæð og straumar í nágrennis Mývatns.



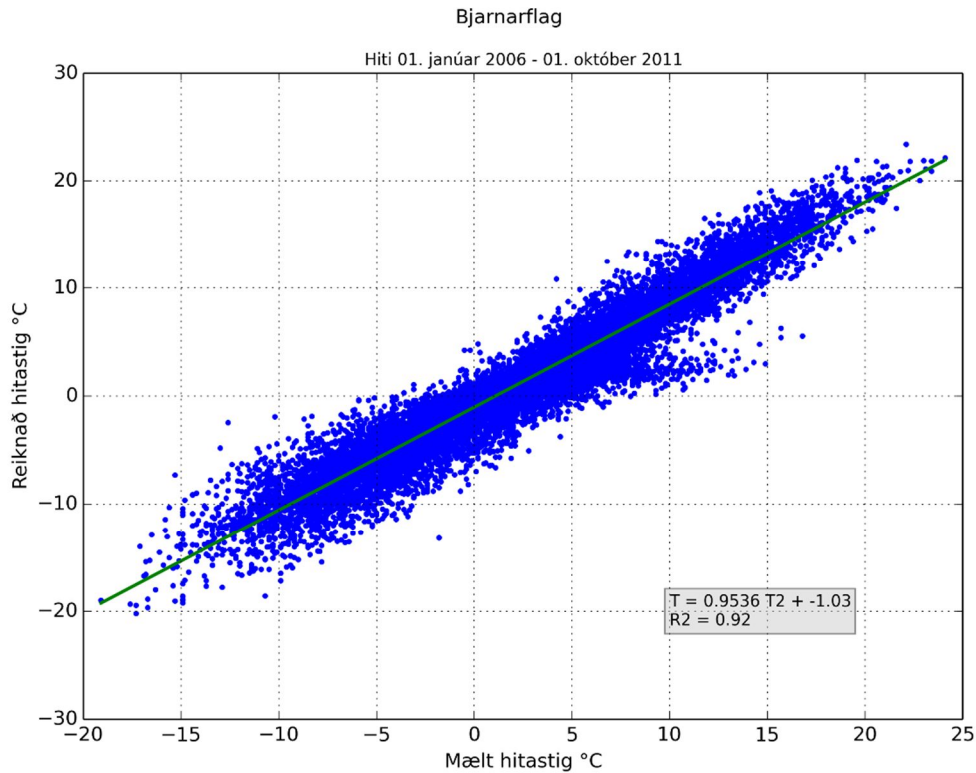
Mynd 18. Reiknuð grunnvatnshæð og -straumar á Peistareykjum og í Gjástykki.



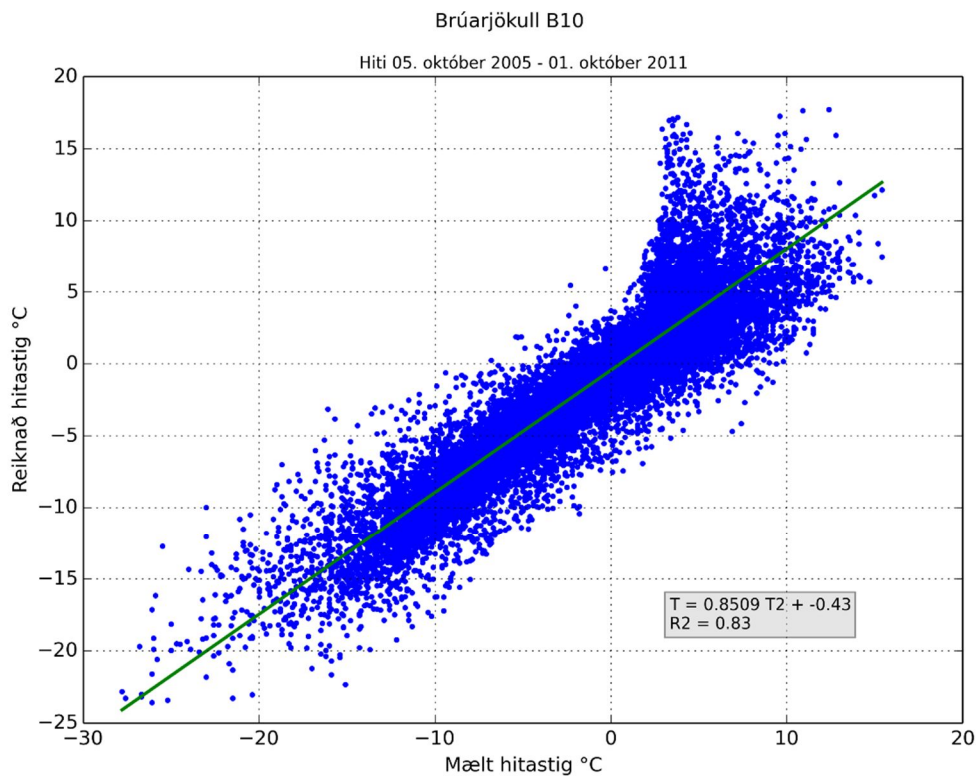
Mynd 19. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Ásbyrgi.



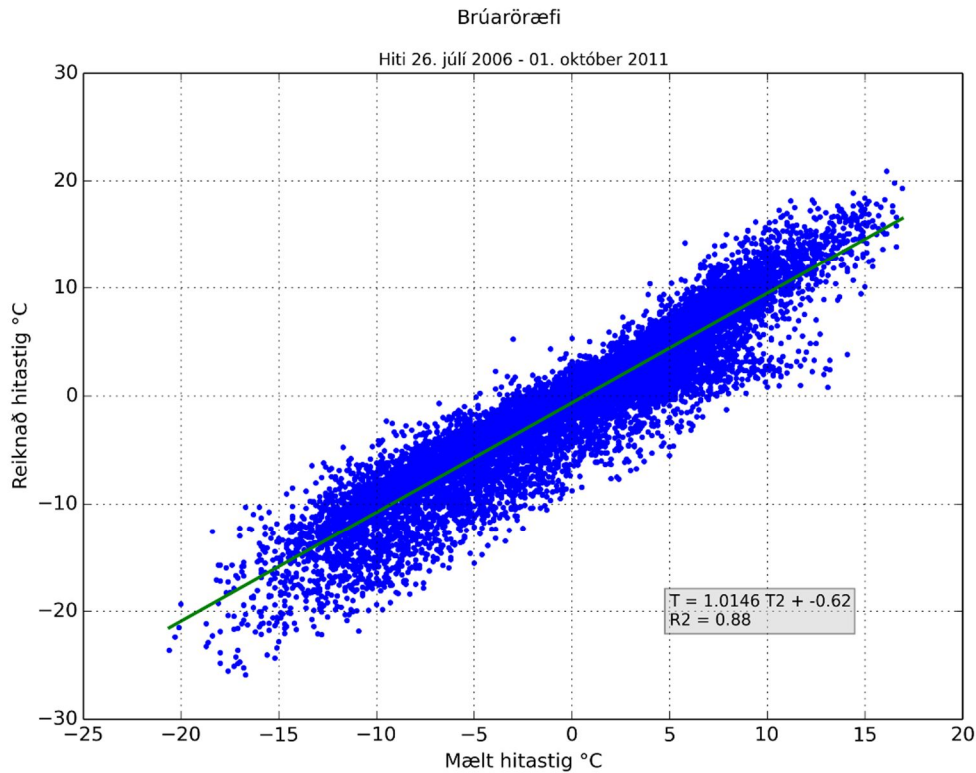
Mynd 20. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Biskupshálsi.



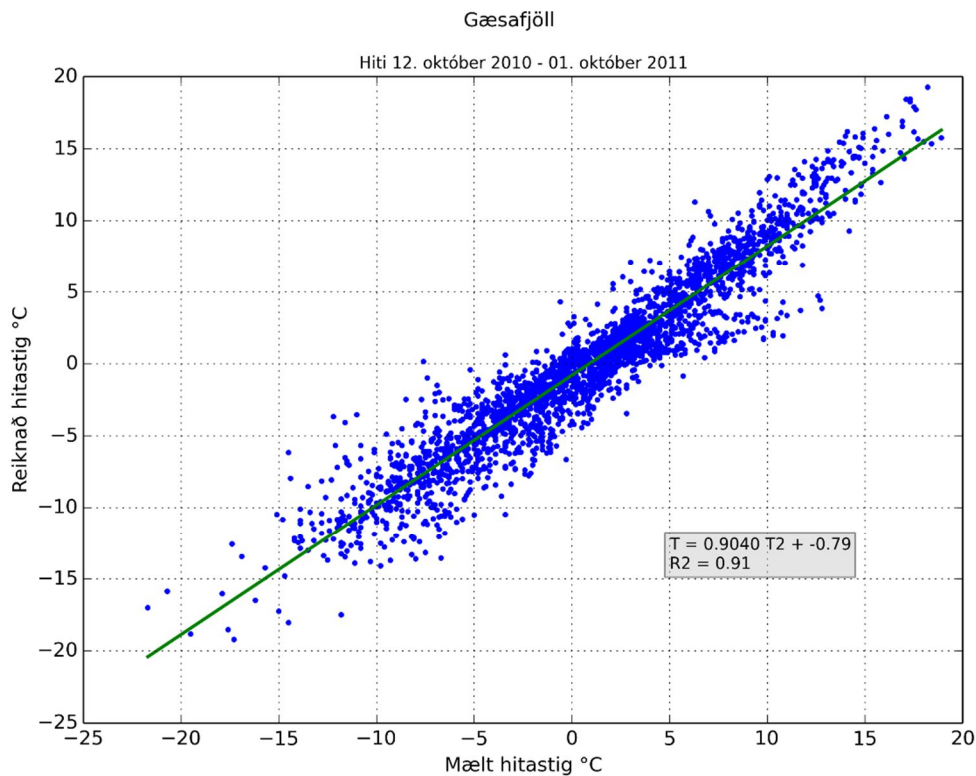
Mynd 21. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Bjarnarflagi.



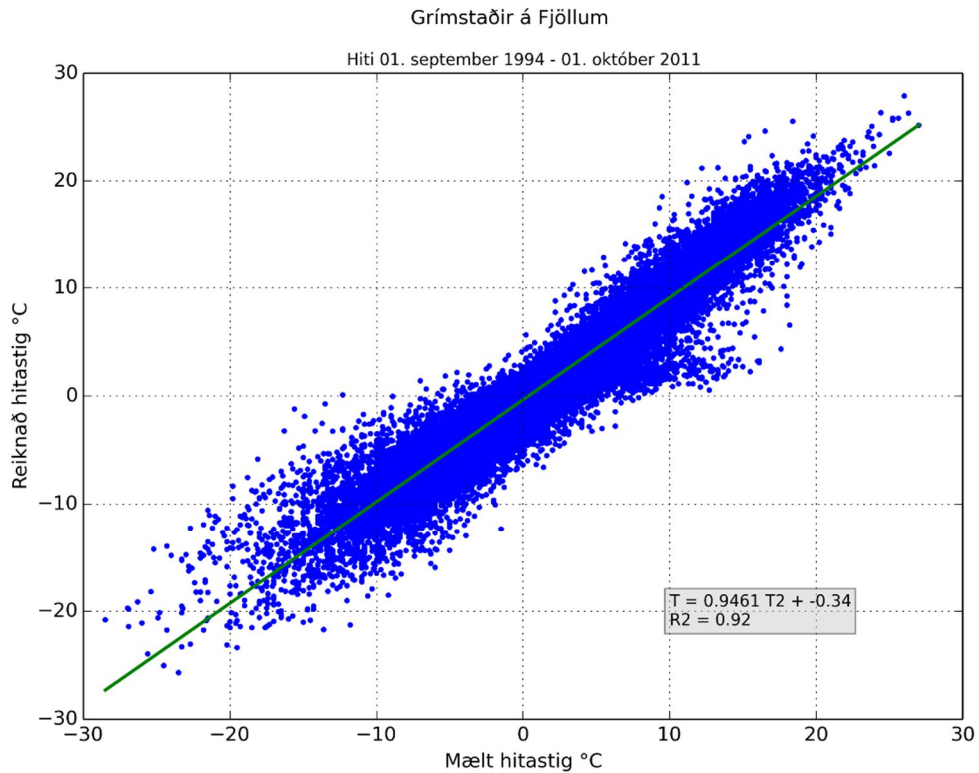
Mynd 22. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Brúarjökli B10.



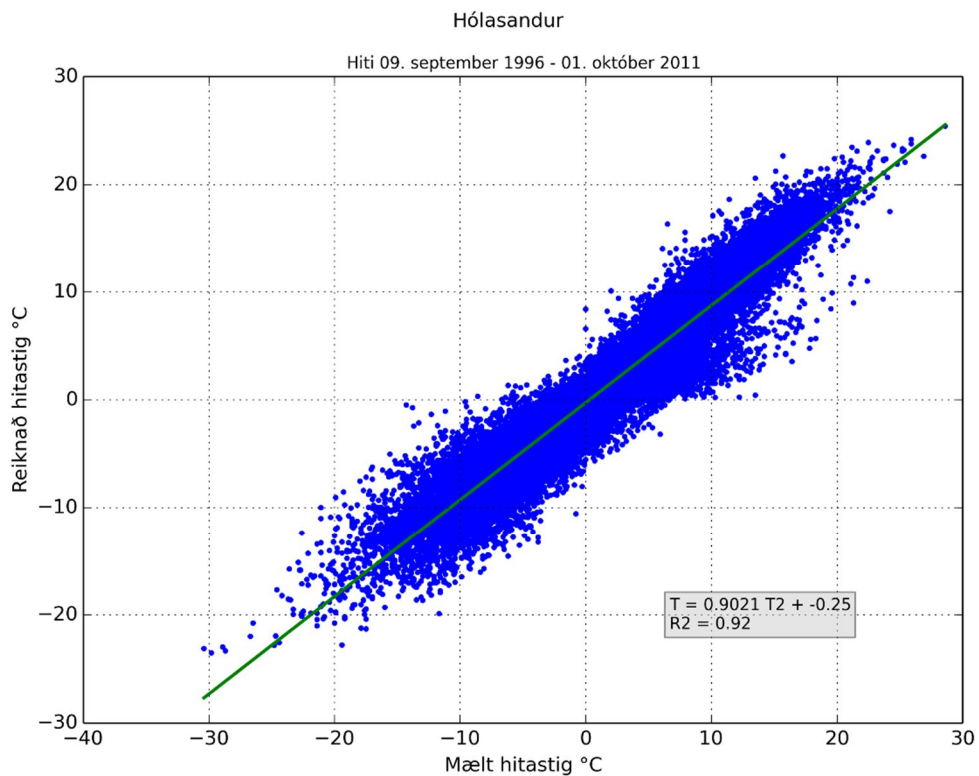
Mynd 23. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Brúaröræfum.



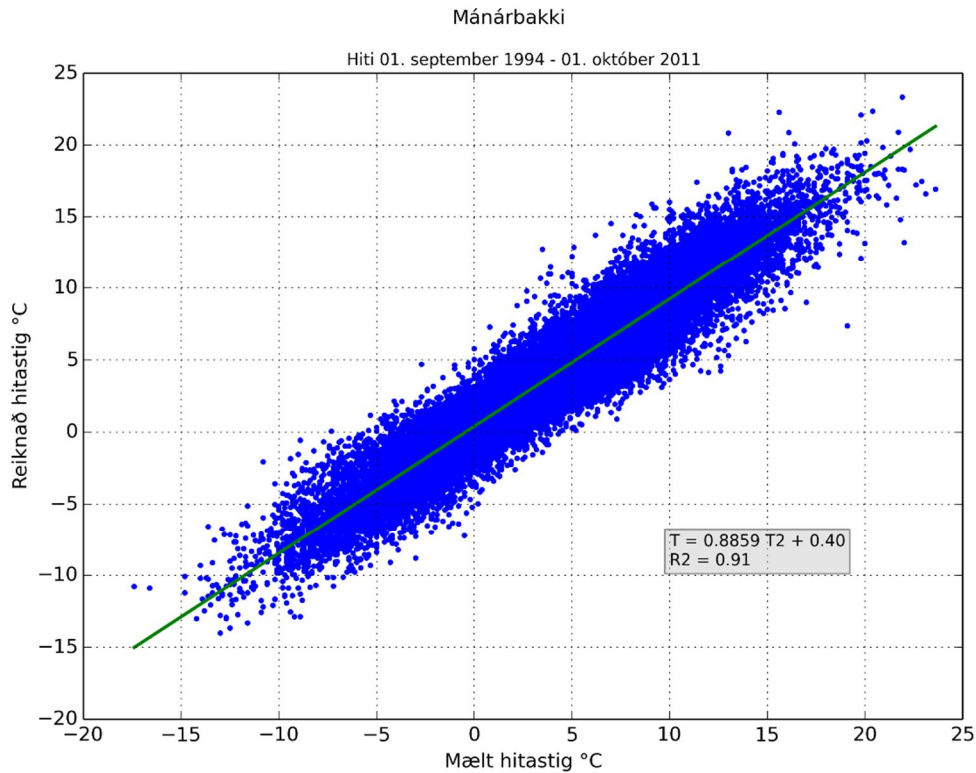
Mynd 24. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Gæsafjöllum.



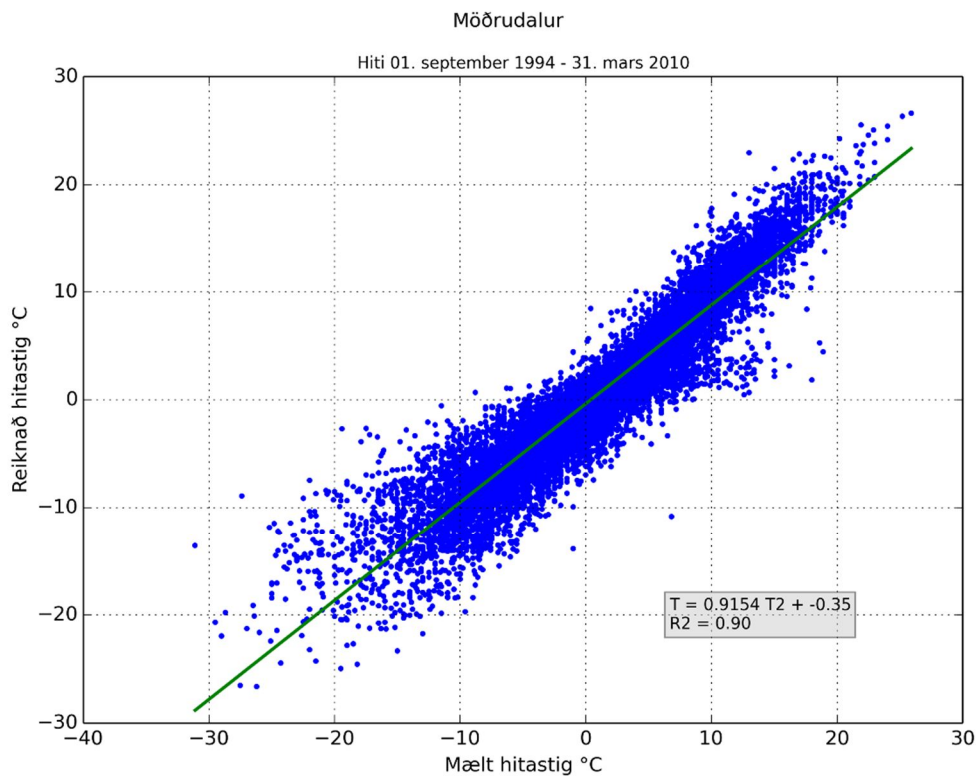
Mynd 25. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Grímstöðum á Fjöllum.



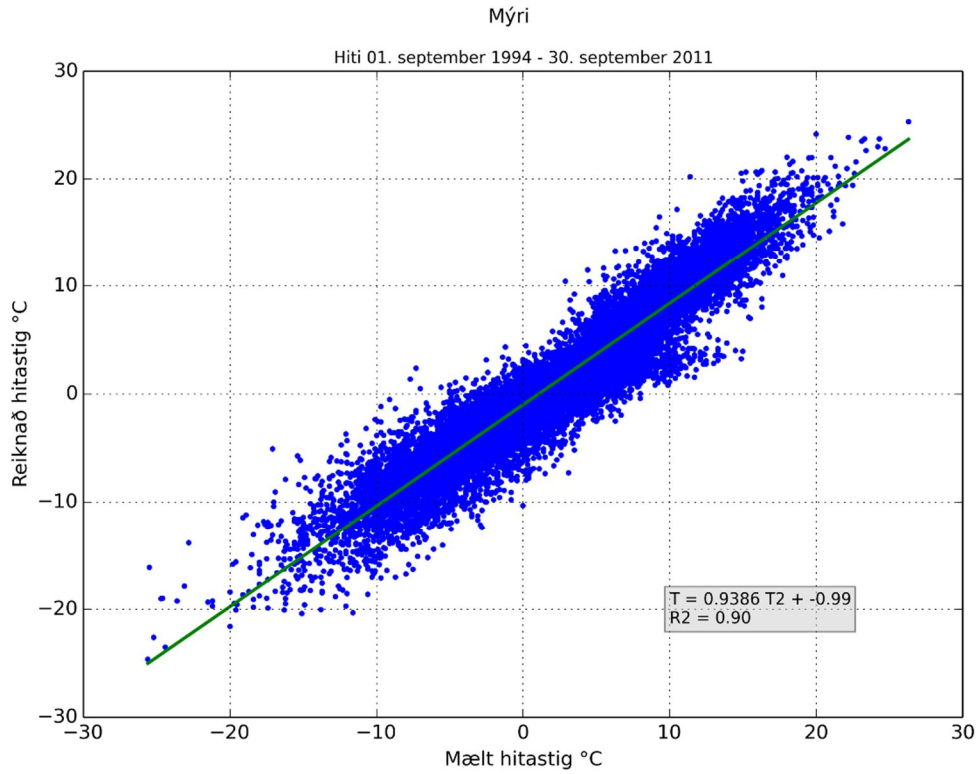
Mynd 26. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Hólasandi.



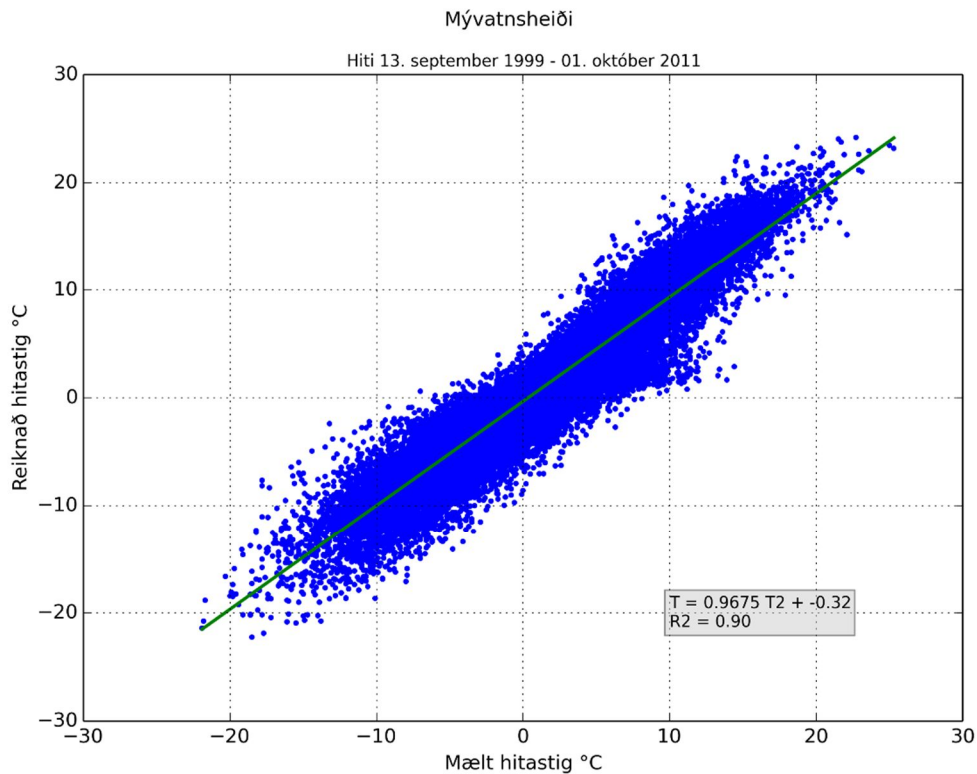
Mynd 27. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mánárbakka.



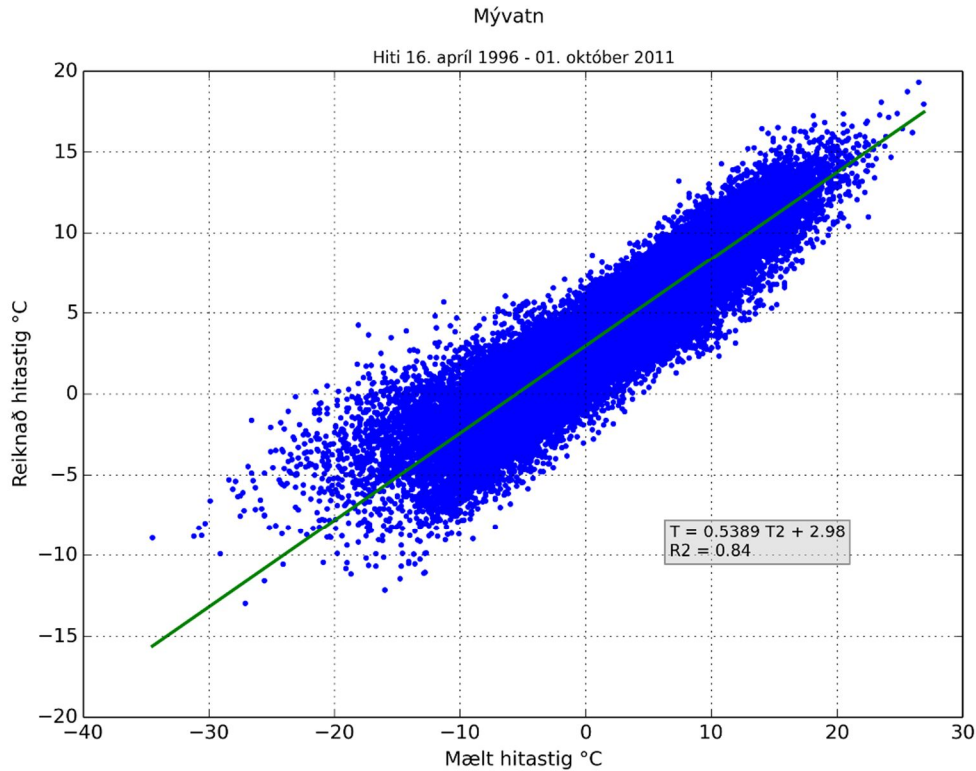
Mynd 28. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Möðrudal.



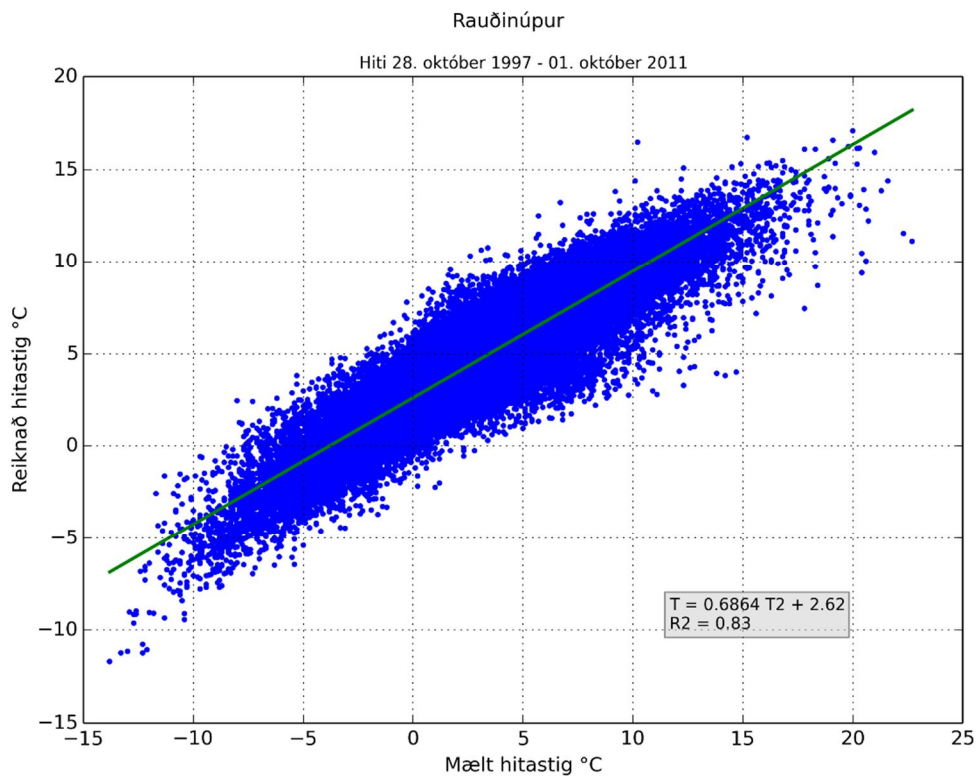
Mynd 29. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mýri í Bárðardal.



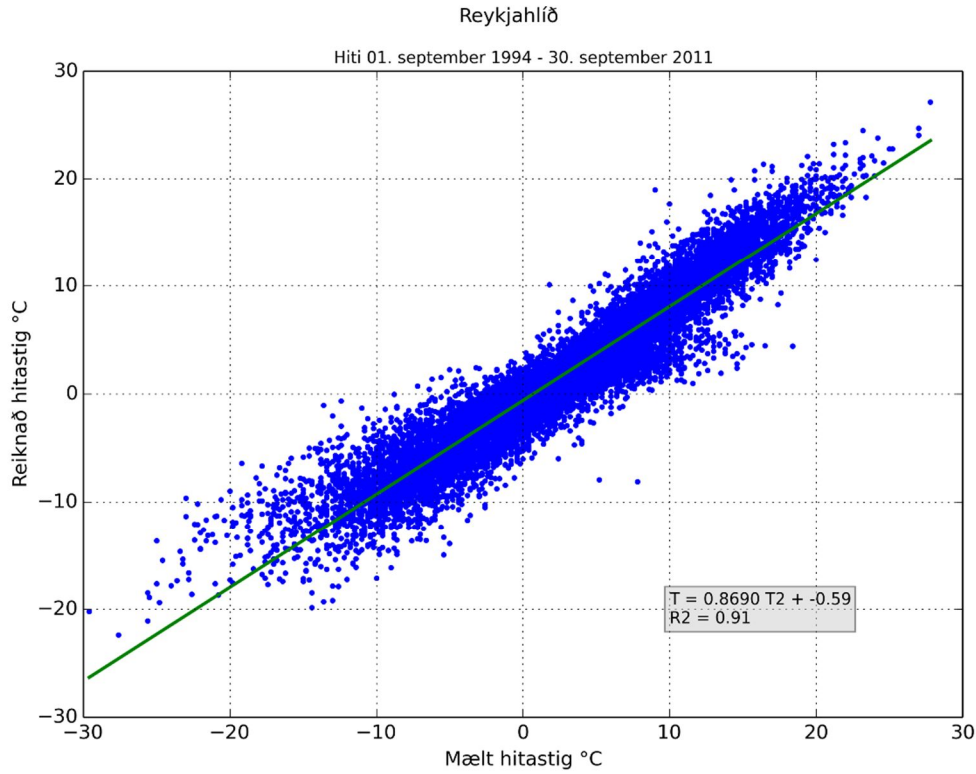
Mynd 30. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mývatnsheiði.



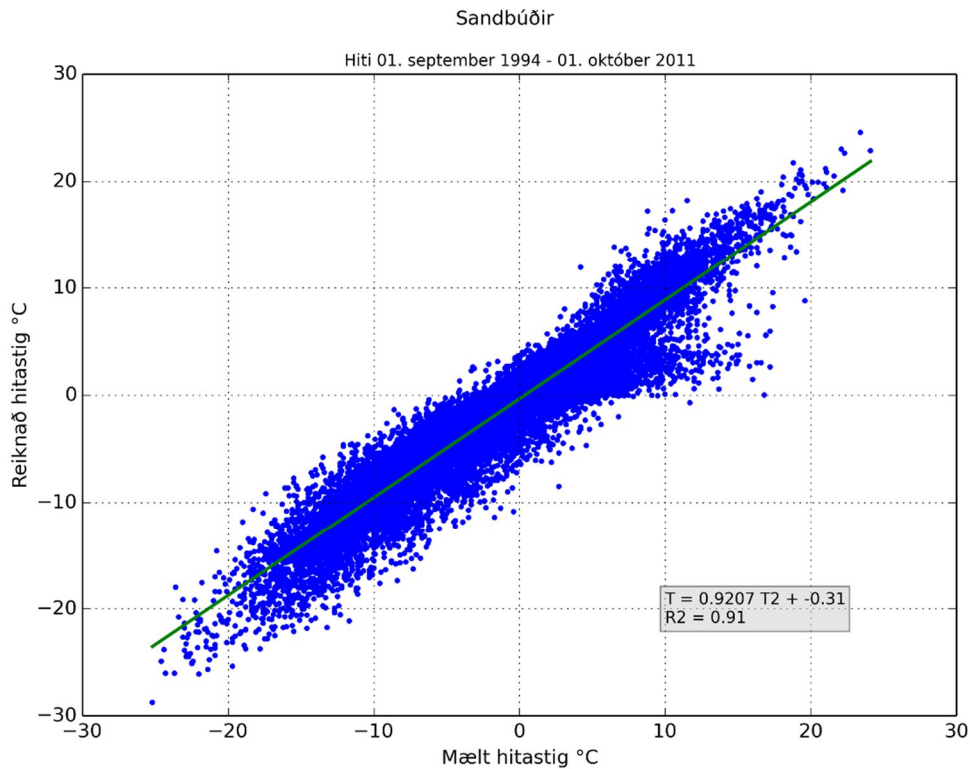
Mynd 31. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Mývatni.



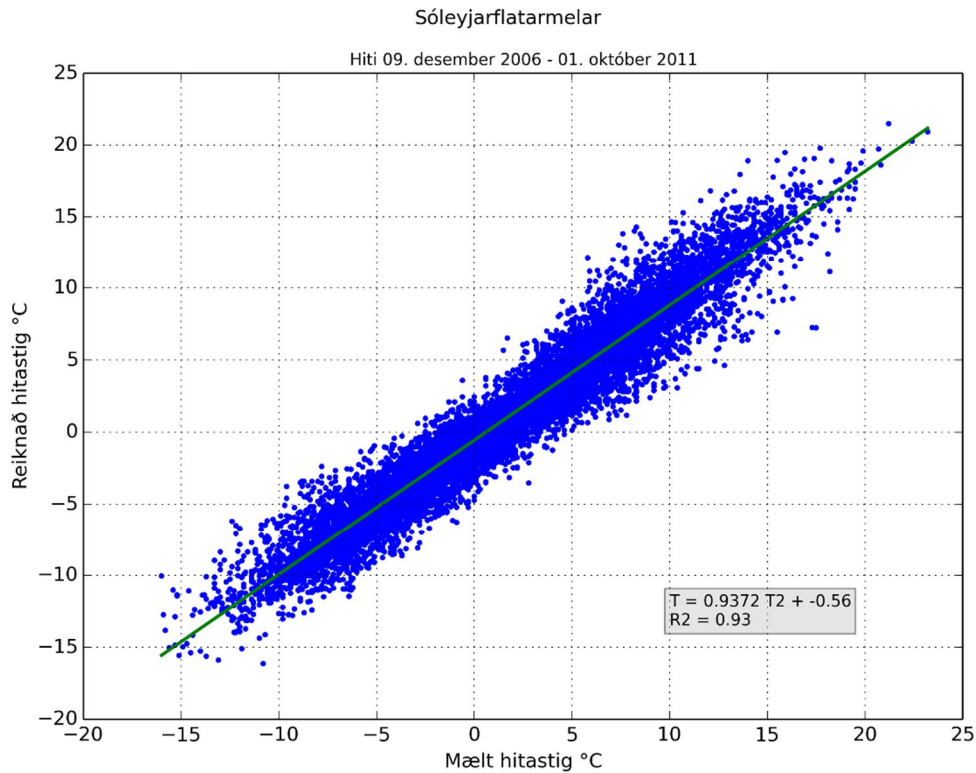
Mynd 32. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Rauðanúp.



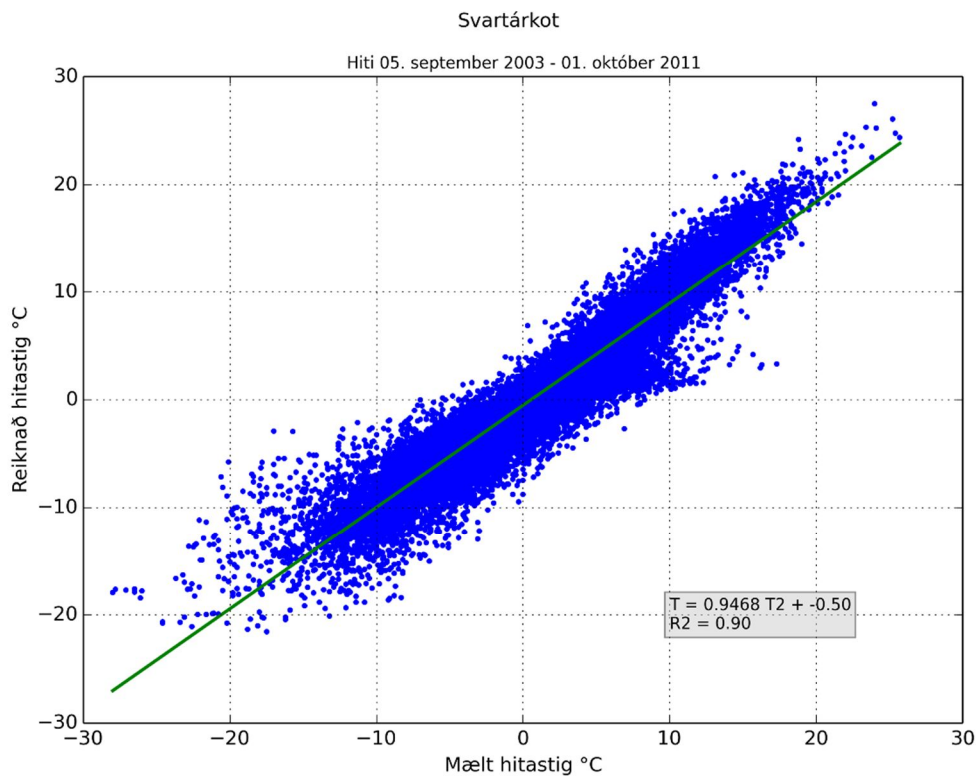
Mynd 33. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Reykjahlíð.



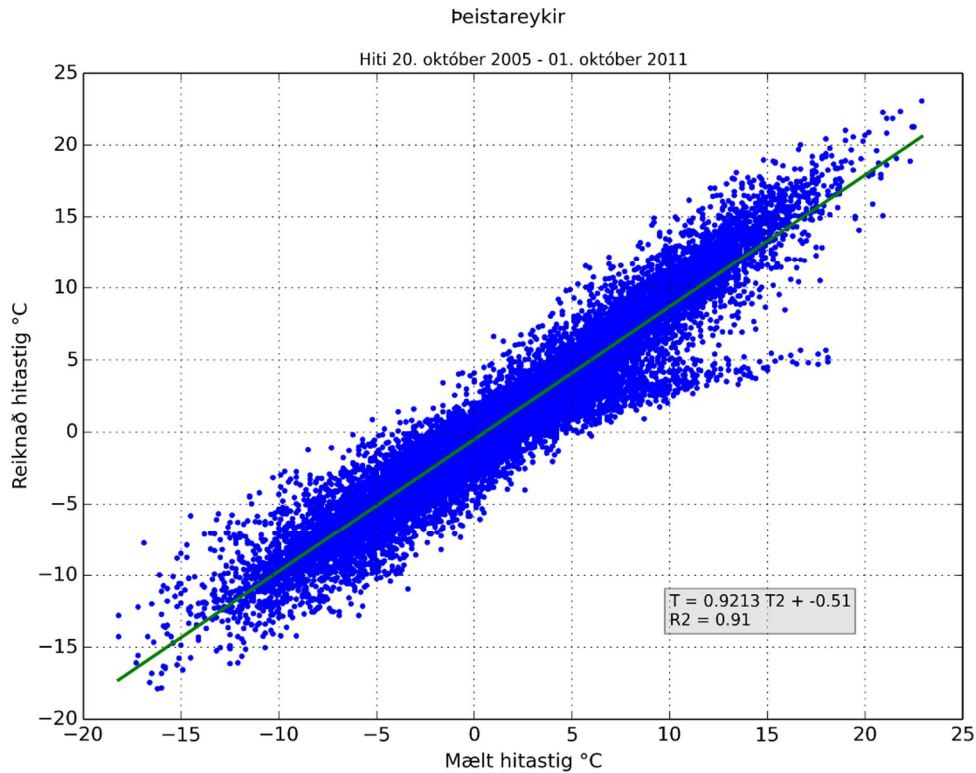
Mynd 34. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Sandbúðum.



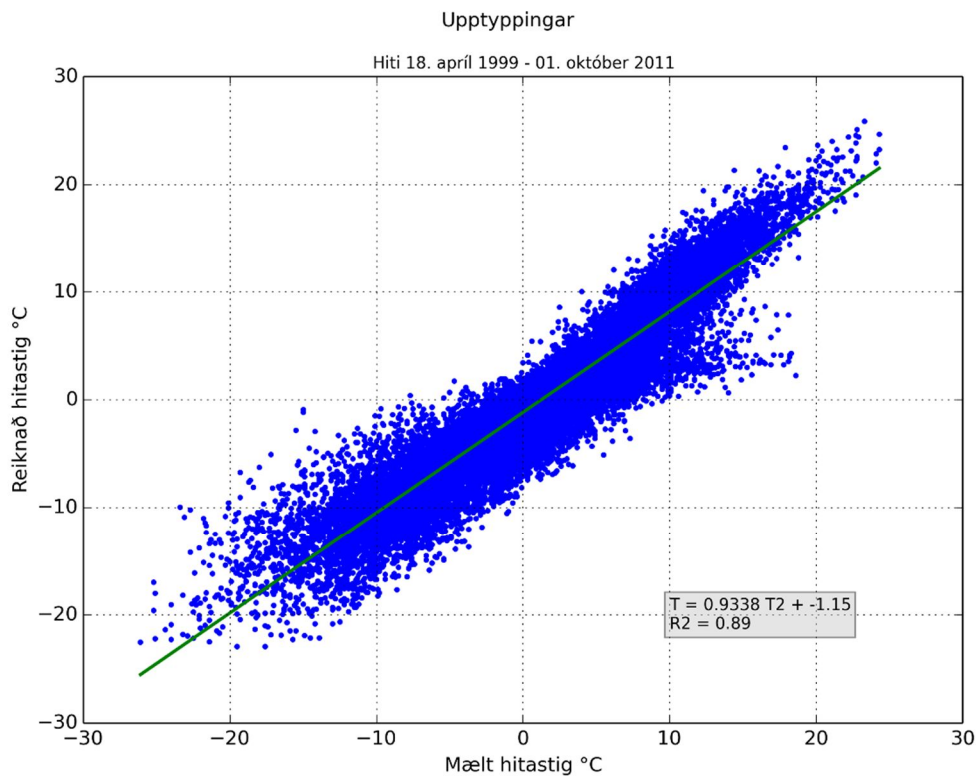
Mynd 35. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Sóleyjarflatarmelum.



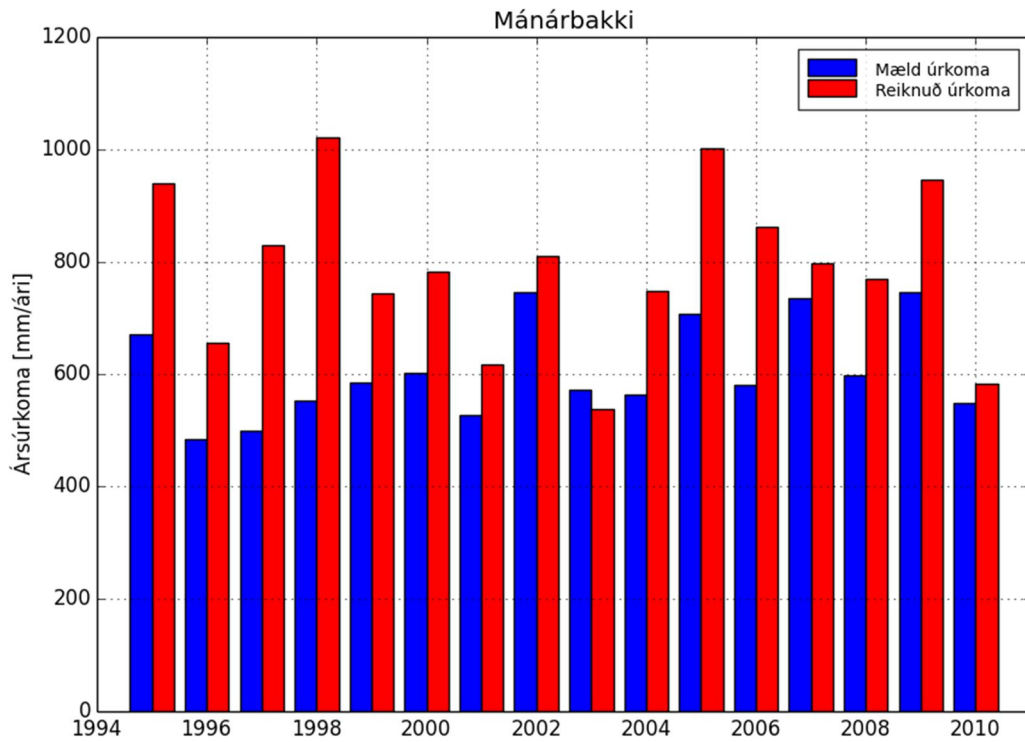
Mynd 36. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs í Svartárkoti.



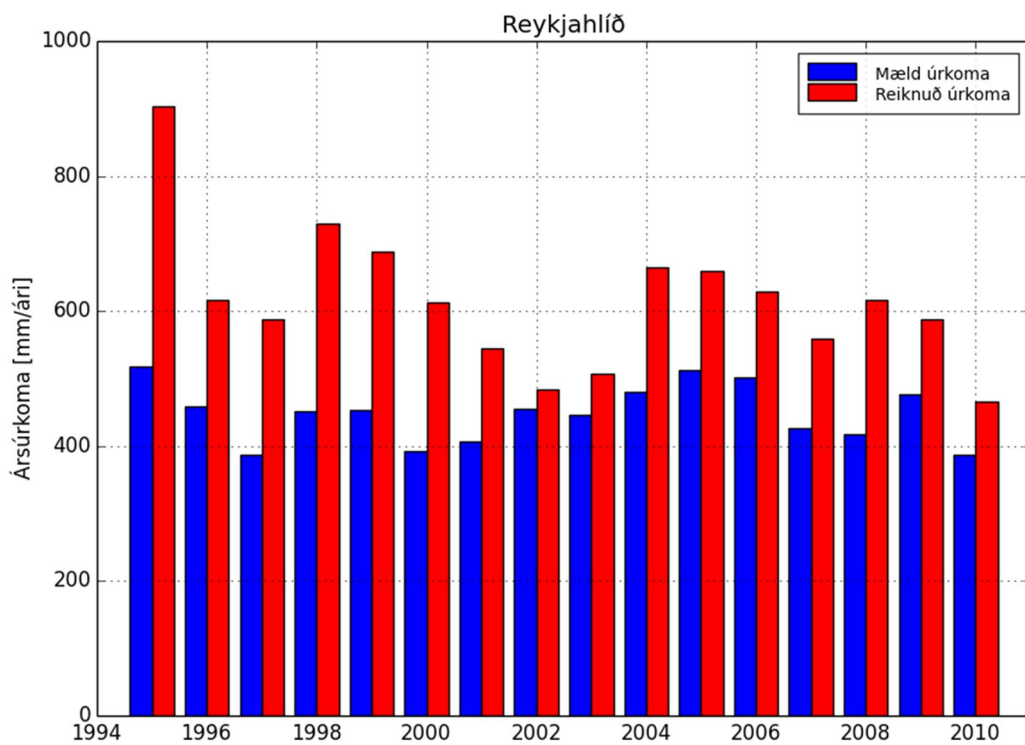
Mynd 37. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs á Þeistareykjum.



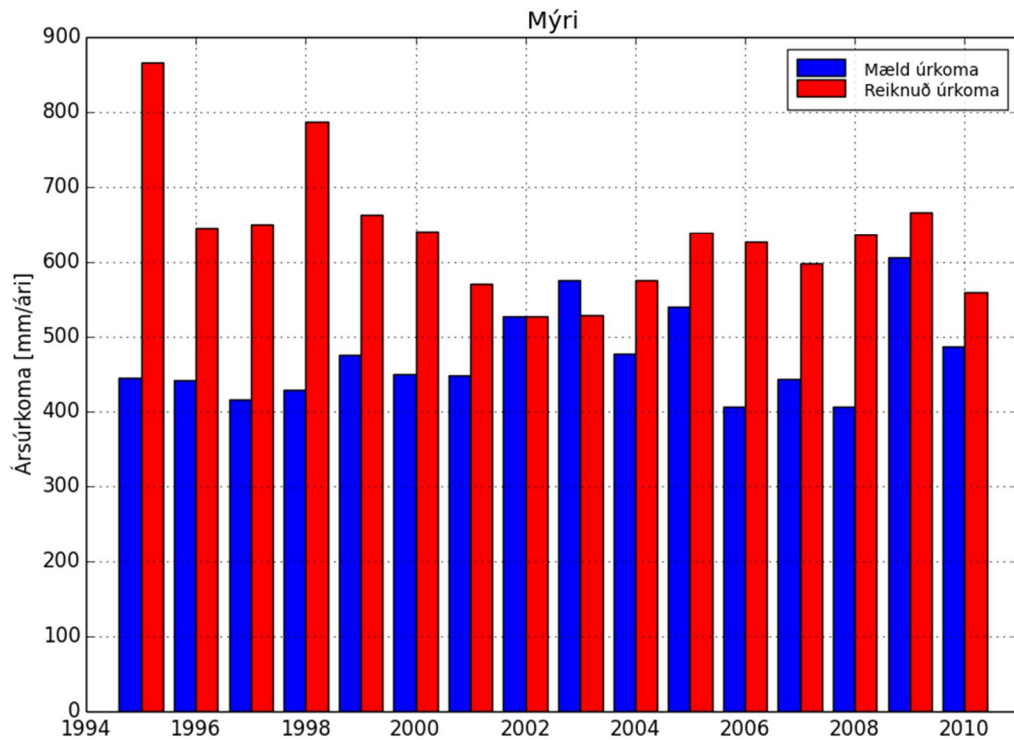
Mynd 38. Samanburður mælds og reiknaðs hitastigs við Upptyppinga.



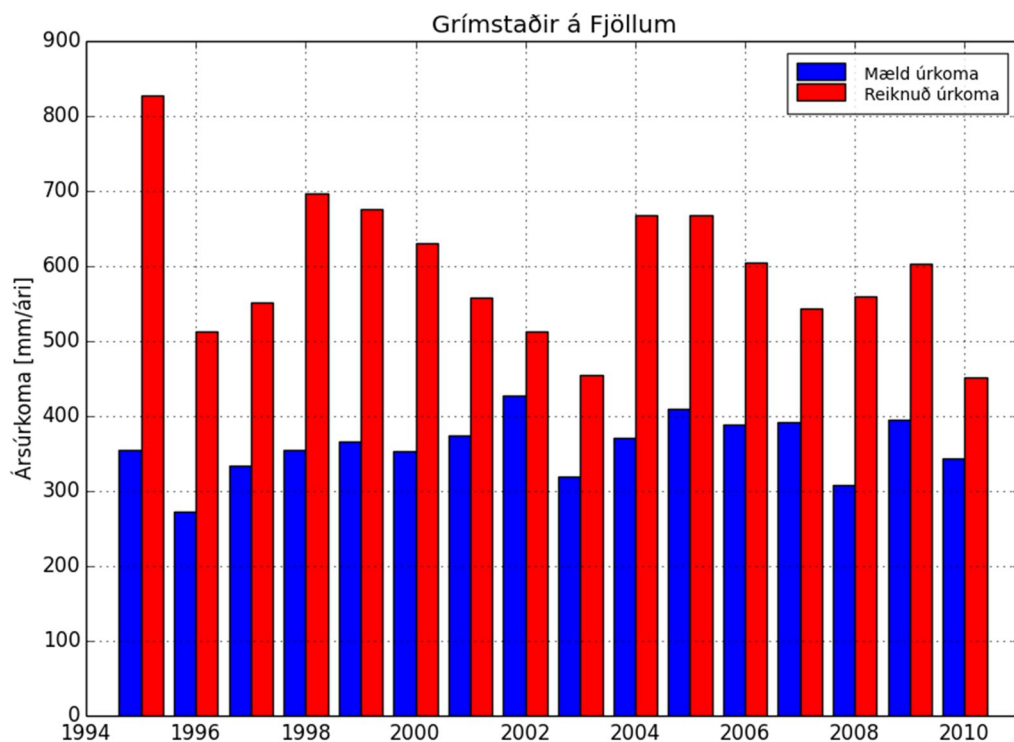
Mynd 39. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu á Mánárbakka.



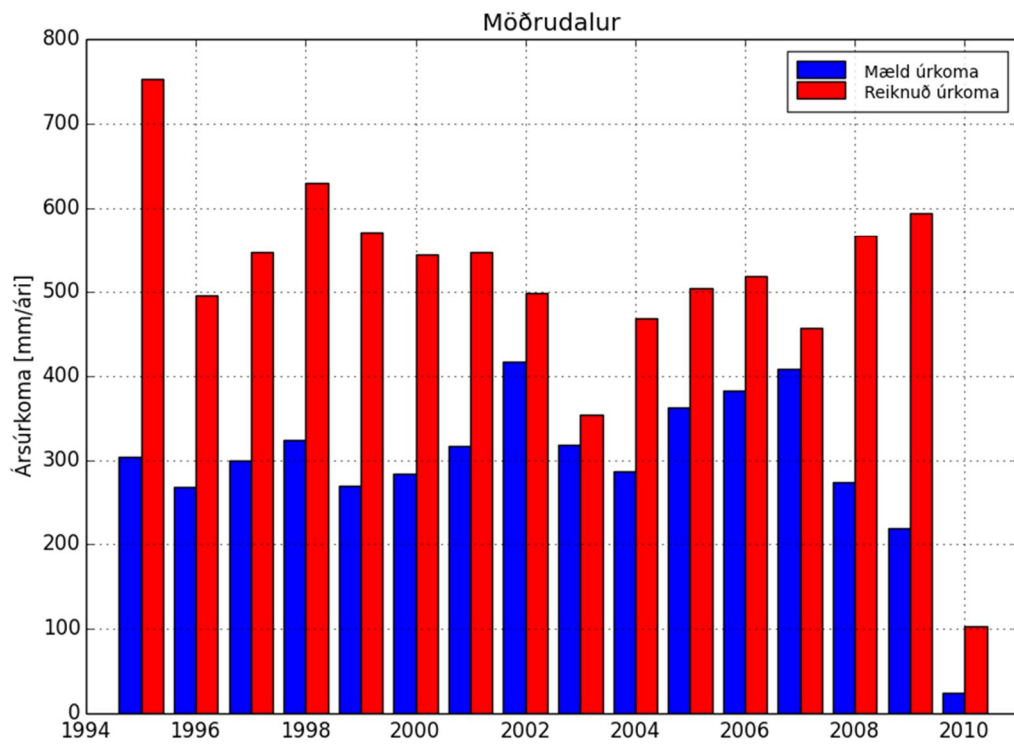
Mynd 40. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu í Reykjahlíð.



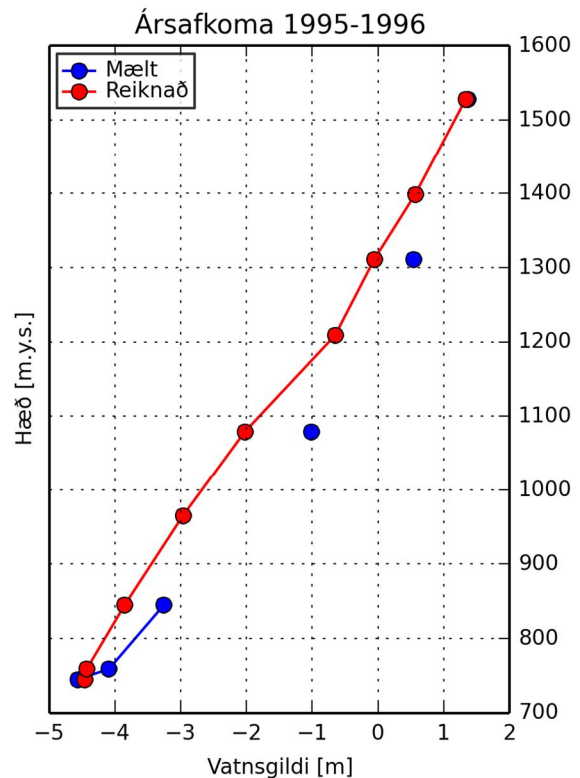
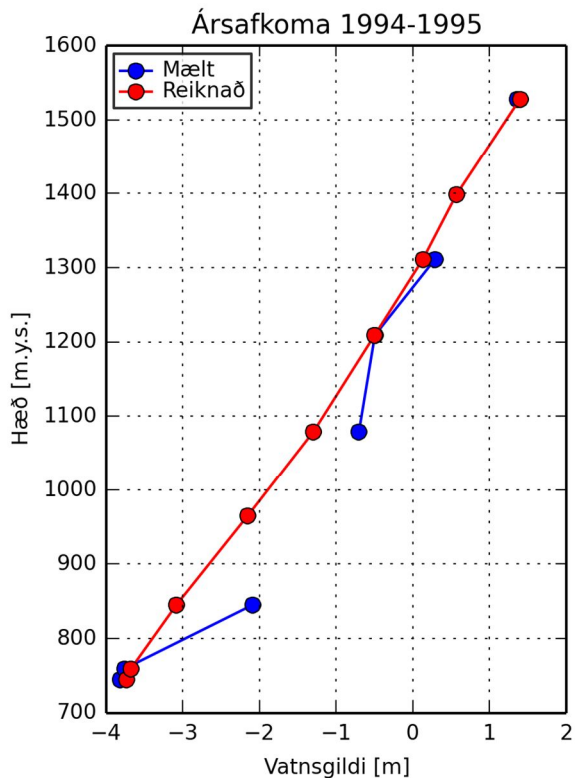
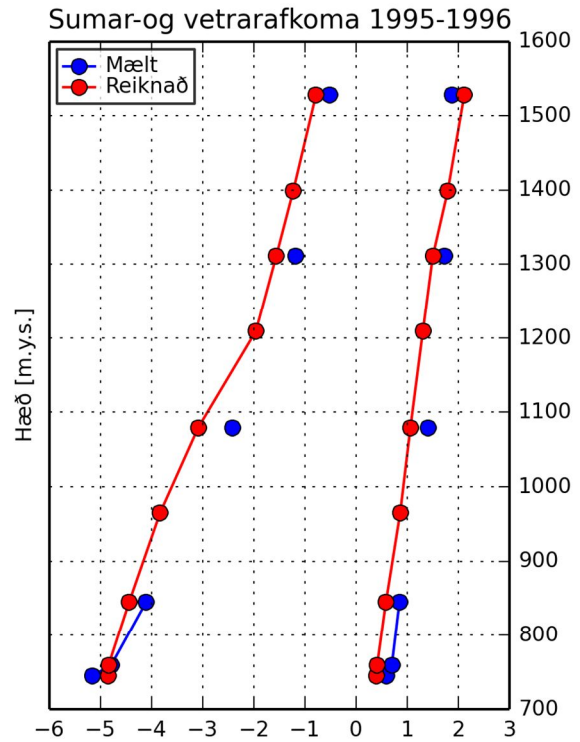
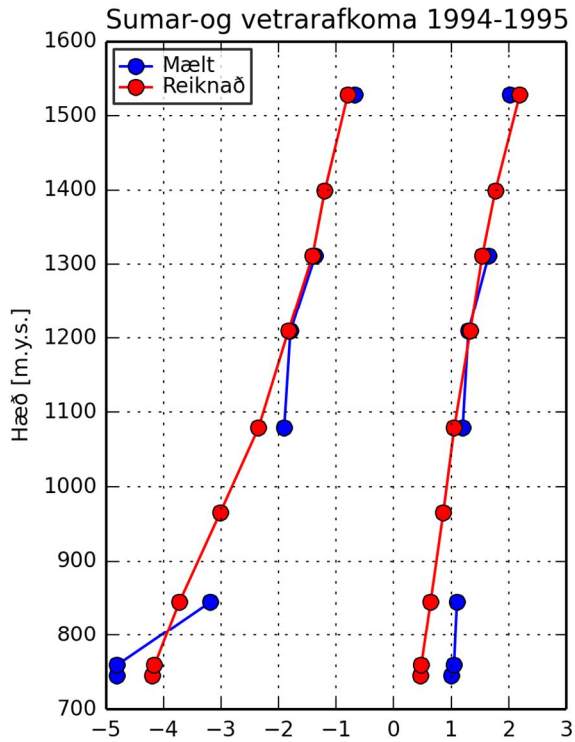
Mynd 41. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu á Mýri í Bárðardal.



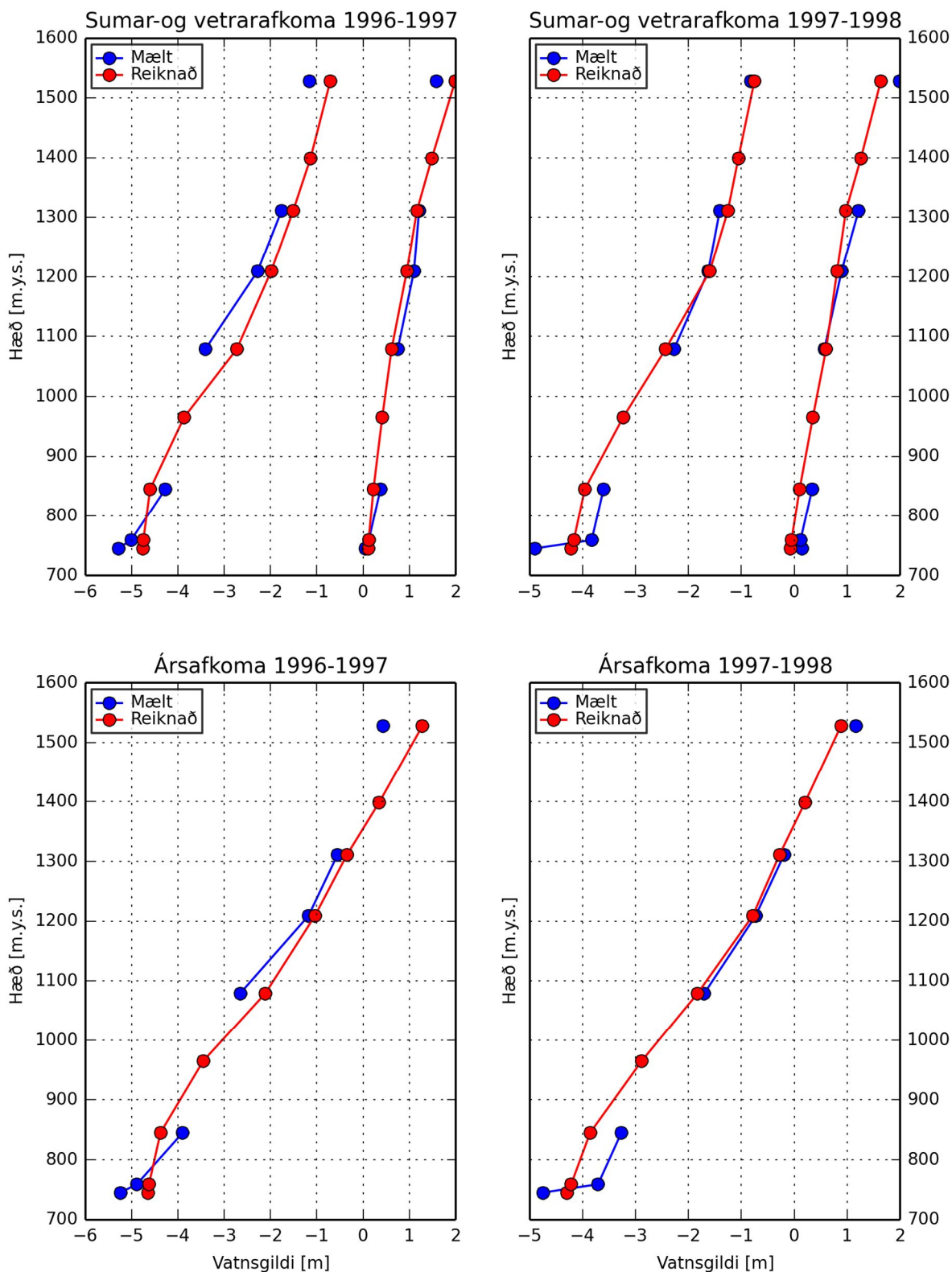
Mynd 42. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu á Grímstöðum á Fjöllum.



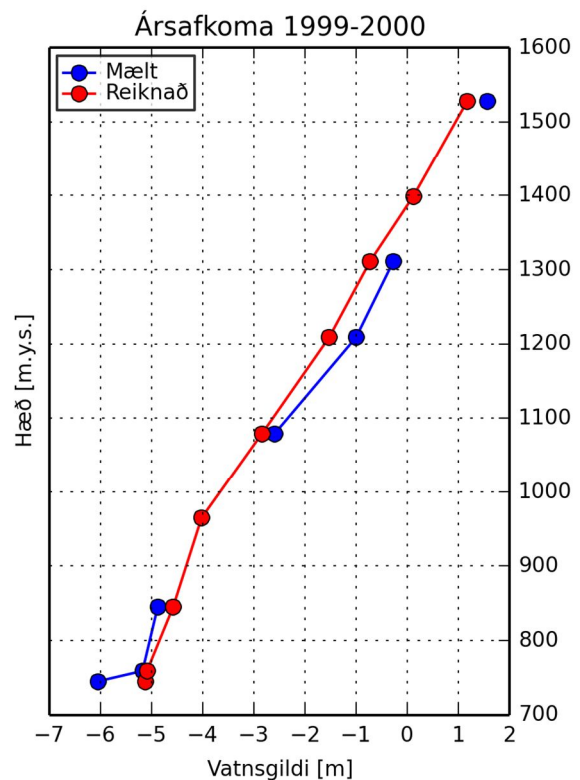
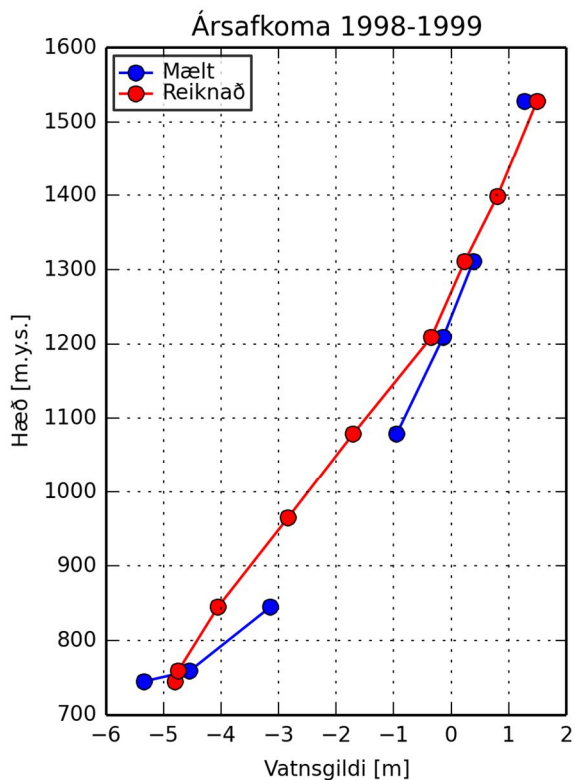
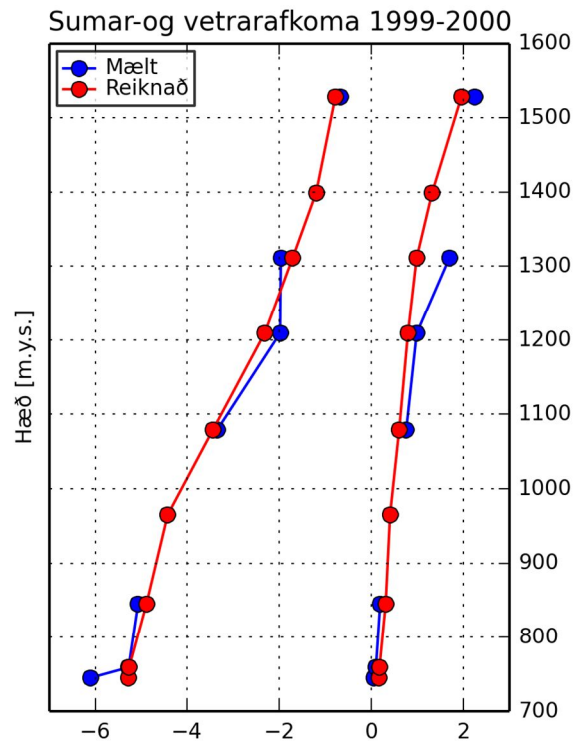
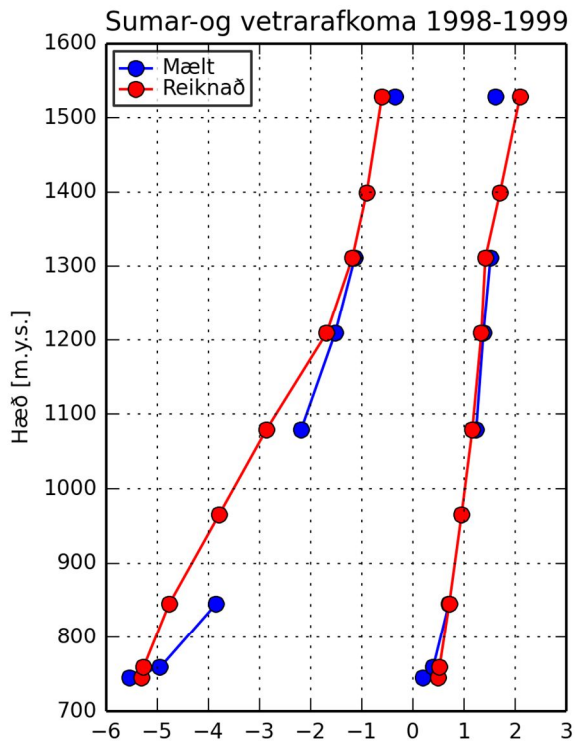
Mynd 43. Samanburður mældrar og reiknaðrar ársúrkomu í Möðrudal.



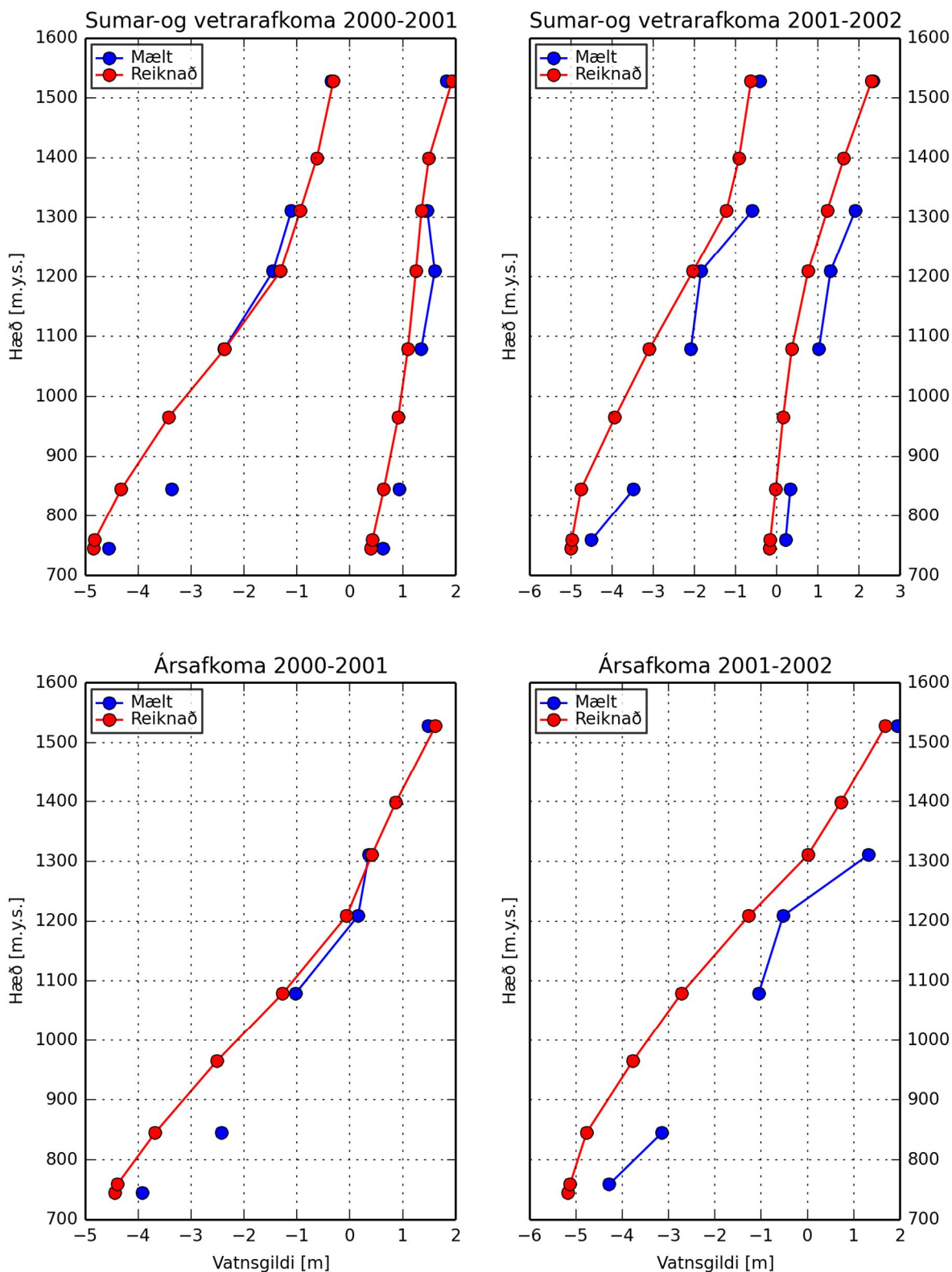
Mynd 44. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 1994-1996.



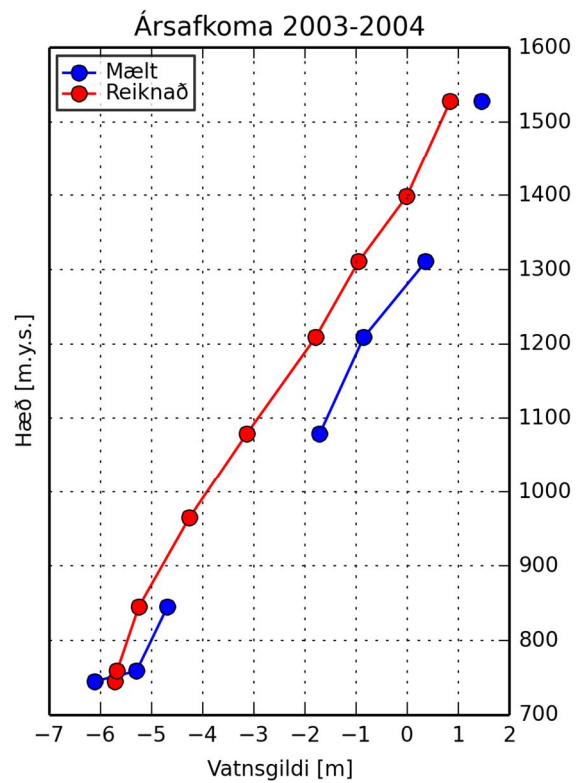
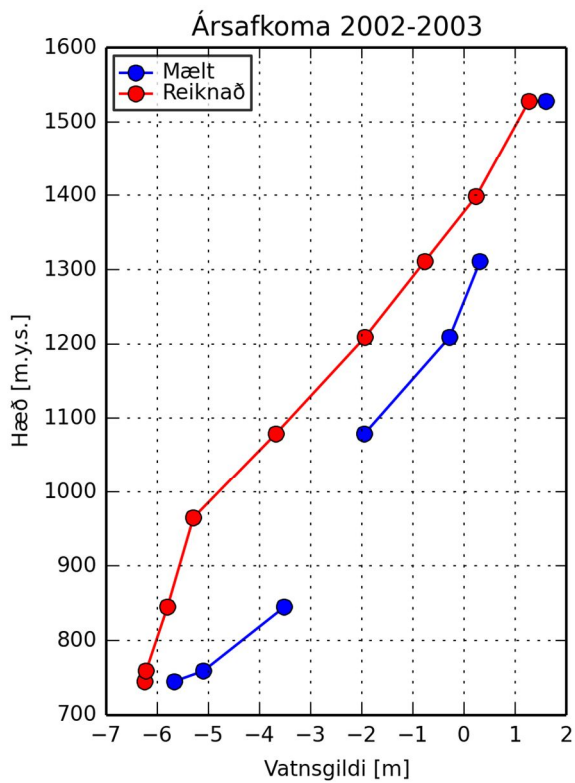
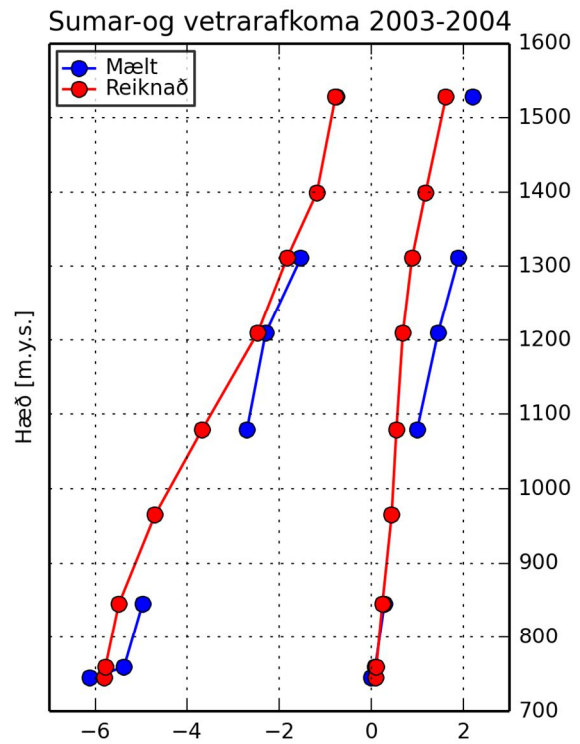
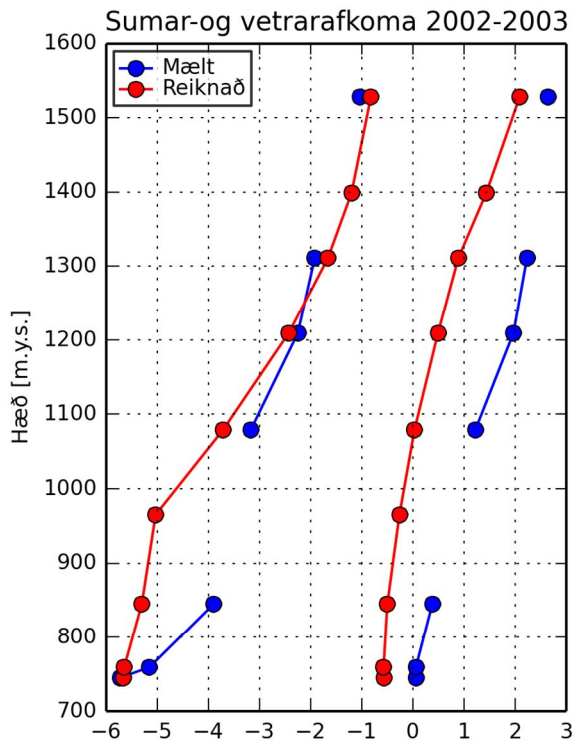
Mynd 45. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 1996-1998.



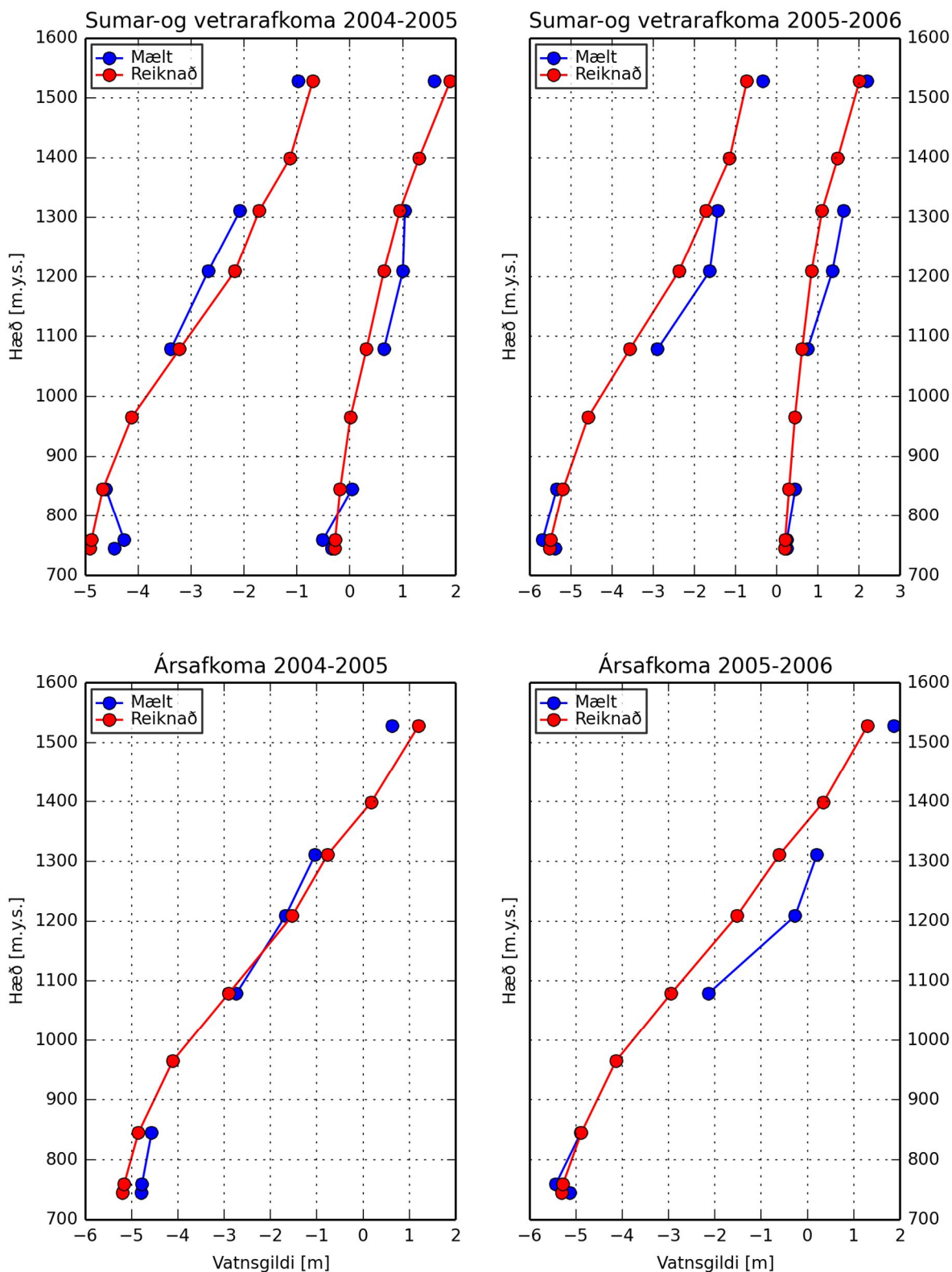
Mynd 46. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 1998-2000.



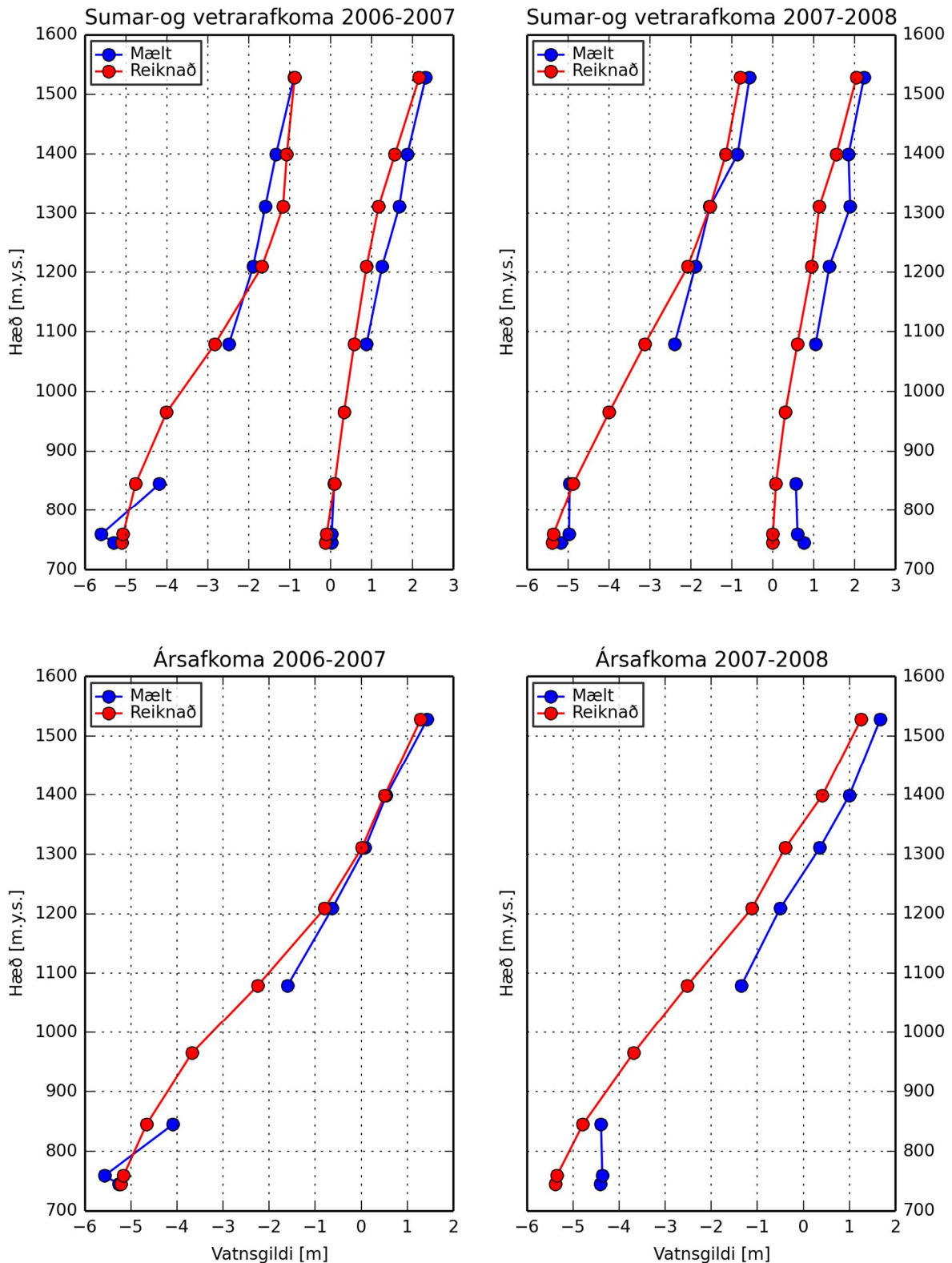
Mynd 47. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2000-2002.



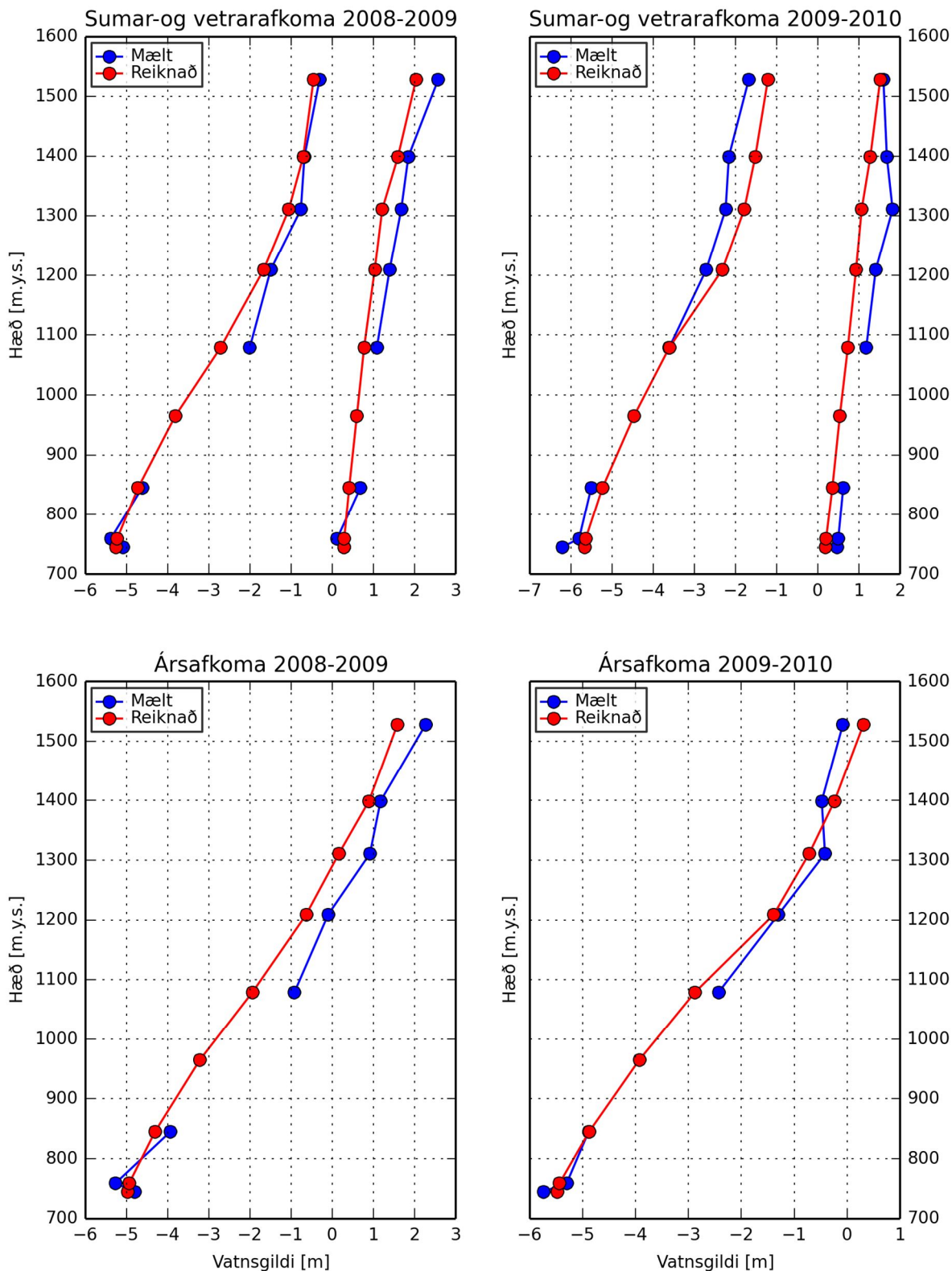
Mynd 48. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2002-2004.



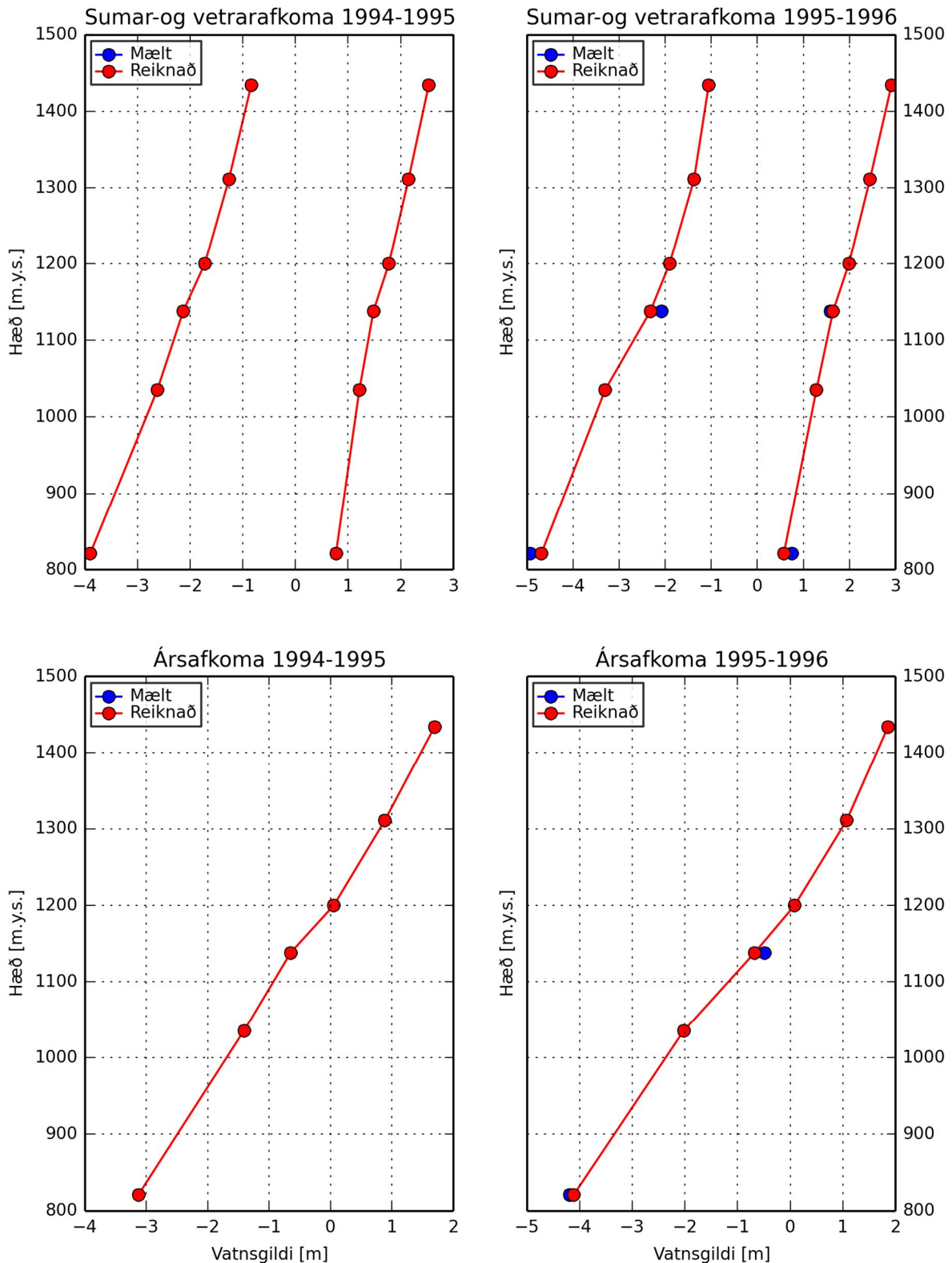
Mynd 49. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2004-2006.



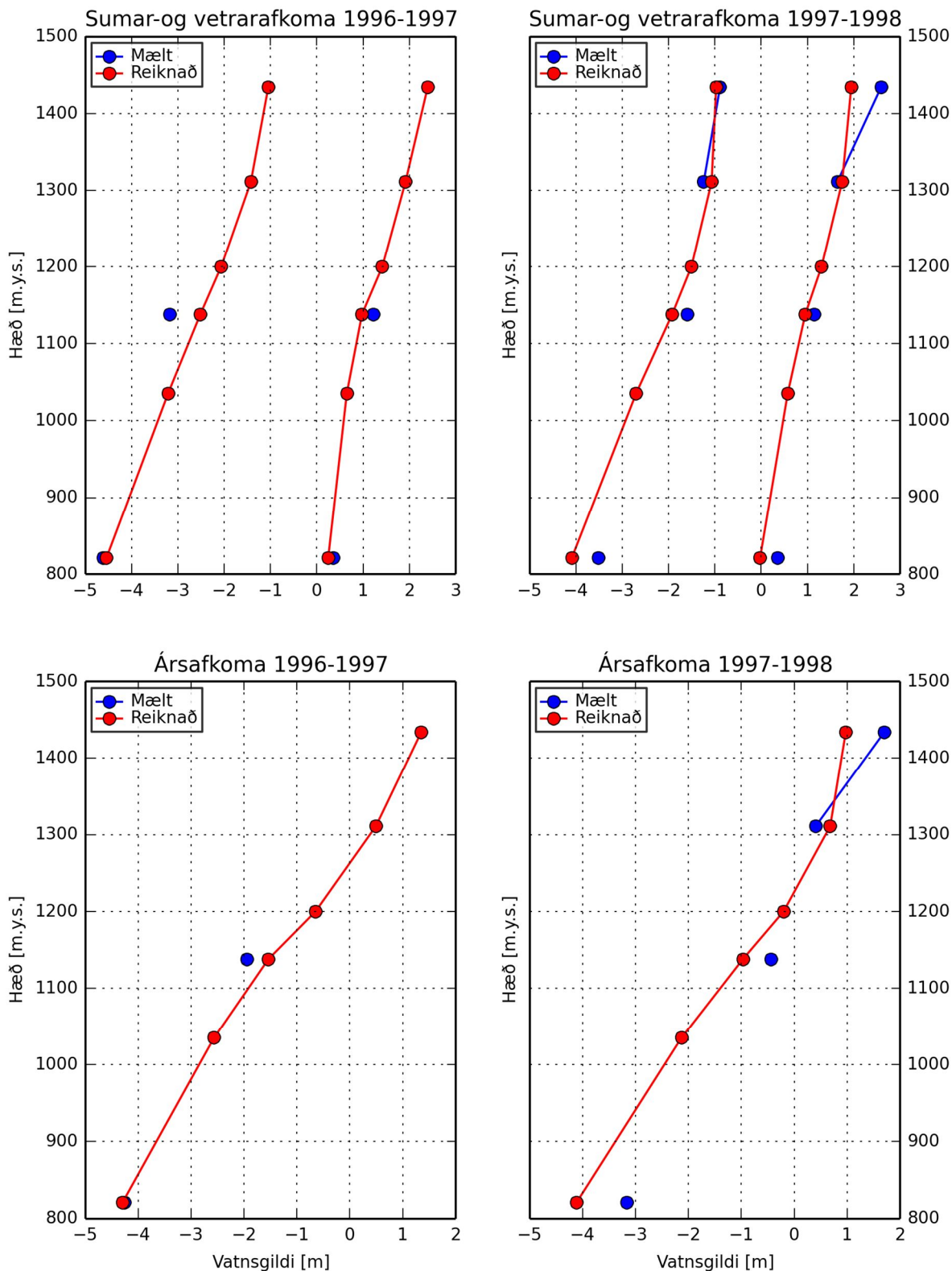
Mynd 50. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2006-2008.



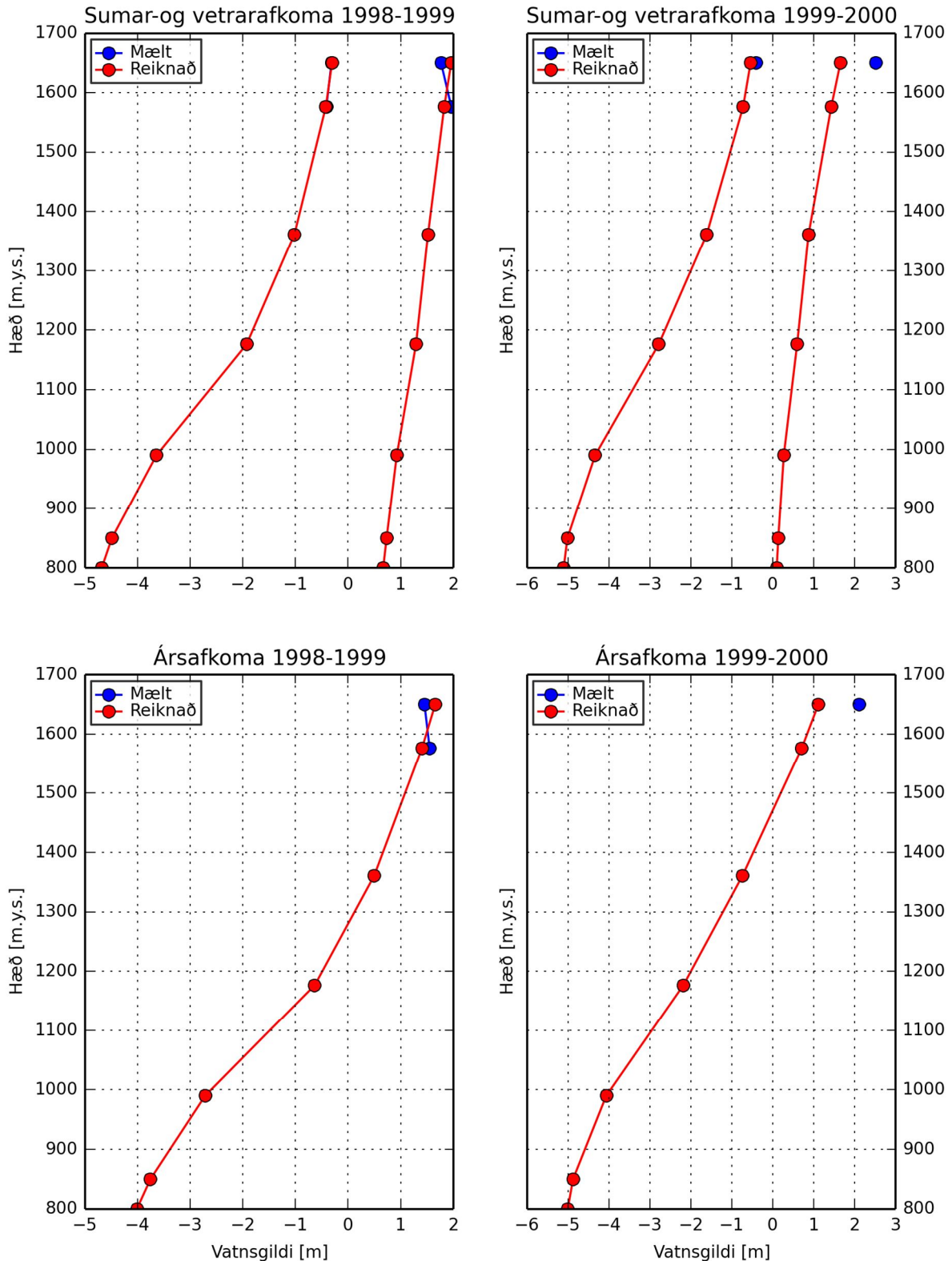
Mynd 51. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Brúarjökli fyrir tímabilið 2008-2010.



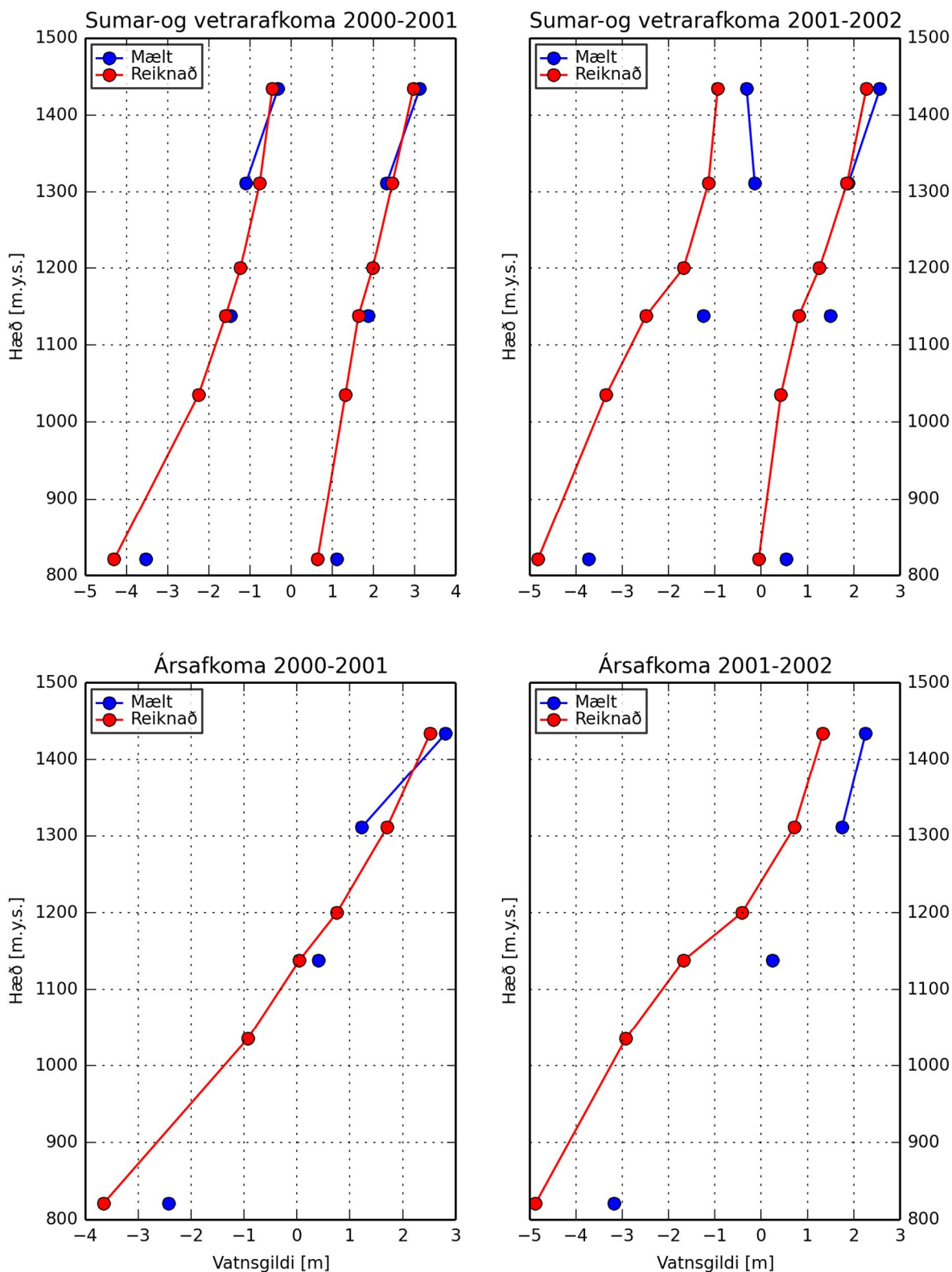
Mynd 52. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvíslar á Brúarjökli fyrir tímabilið 1994 -1996.



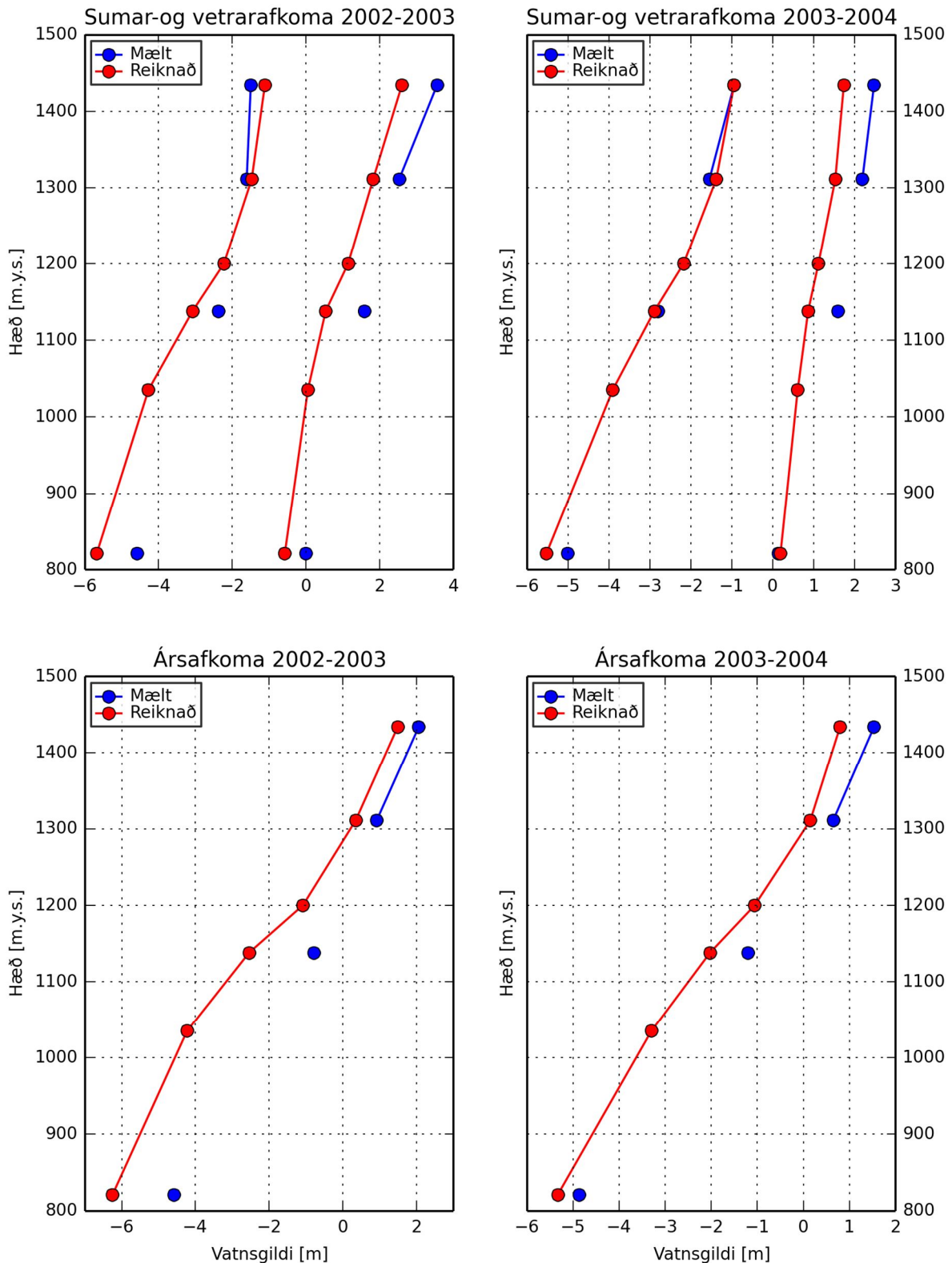
Mynd 53. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvíslar á Brúarjökli fyrir tímabilið 1996 -1998.



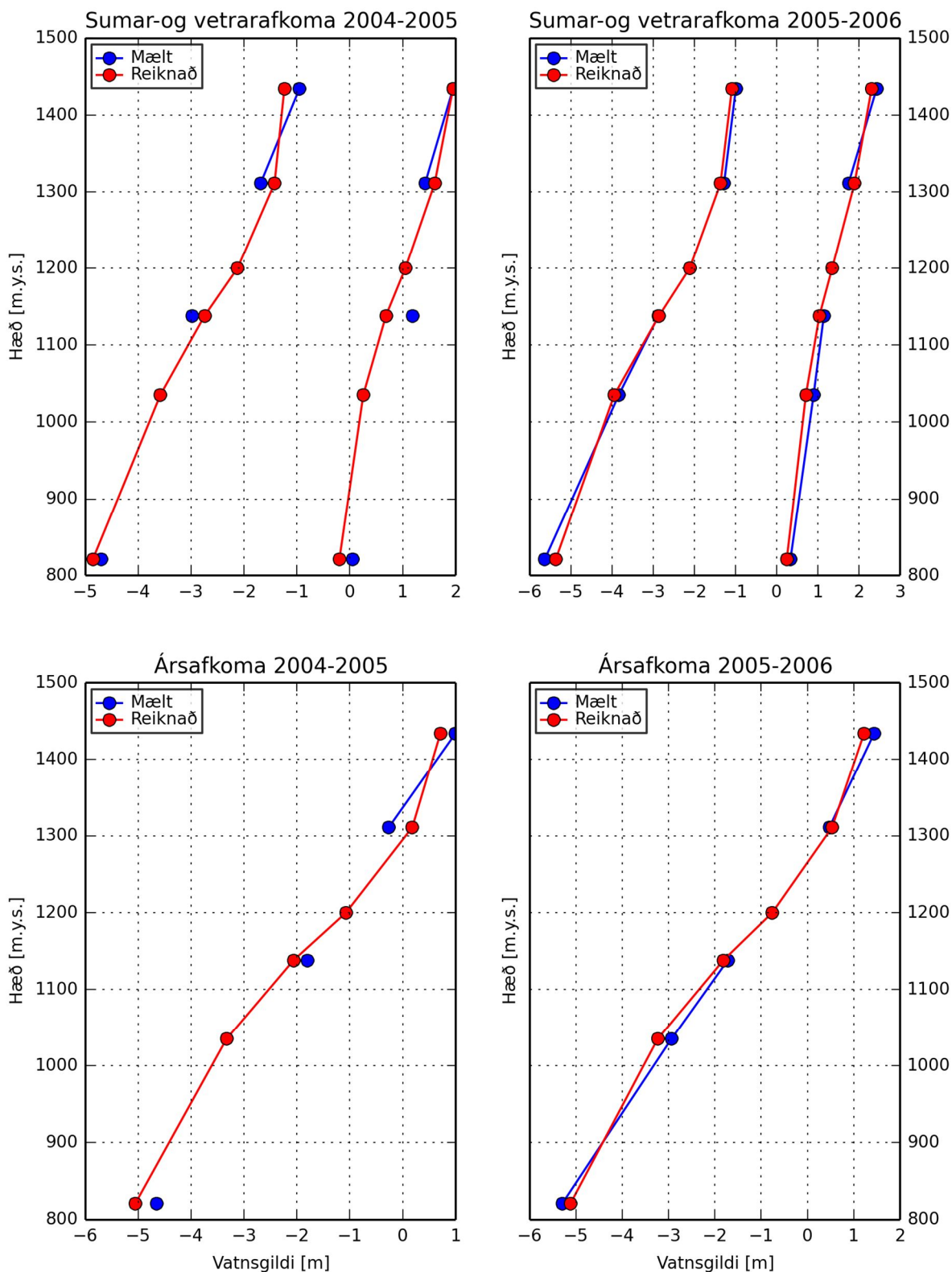
Mynd 54. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvíslar á Brúarjökli fyrir tímabilið 1998 -2000.



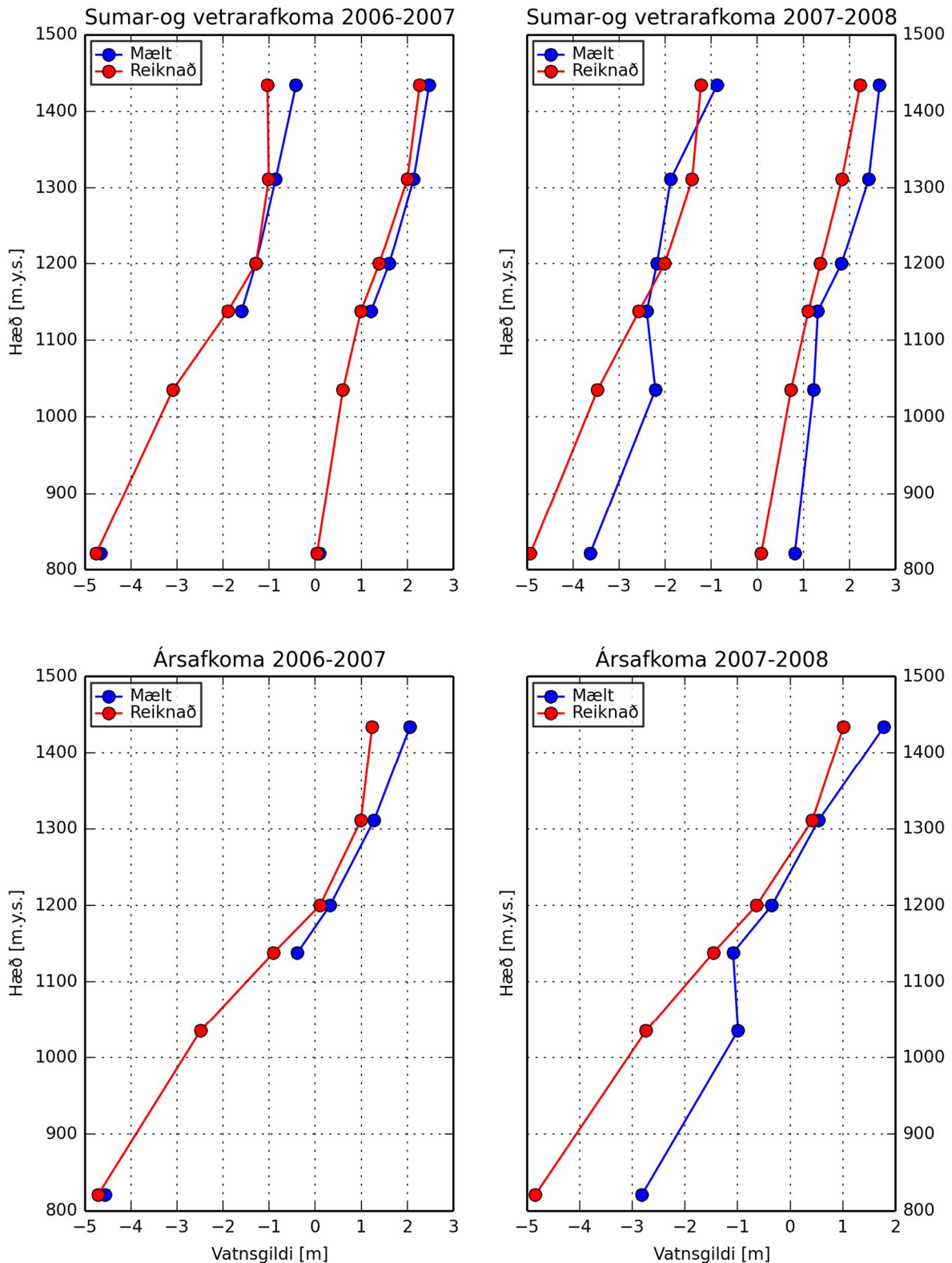
Mynd 55. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2000 -2002.



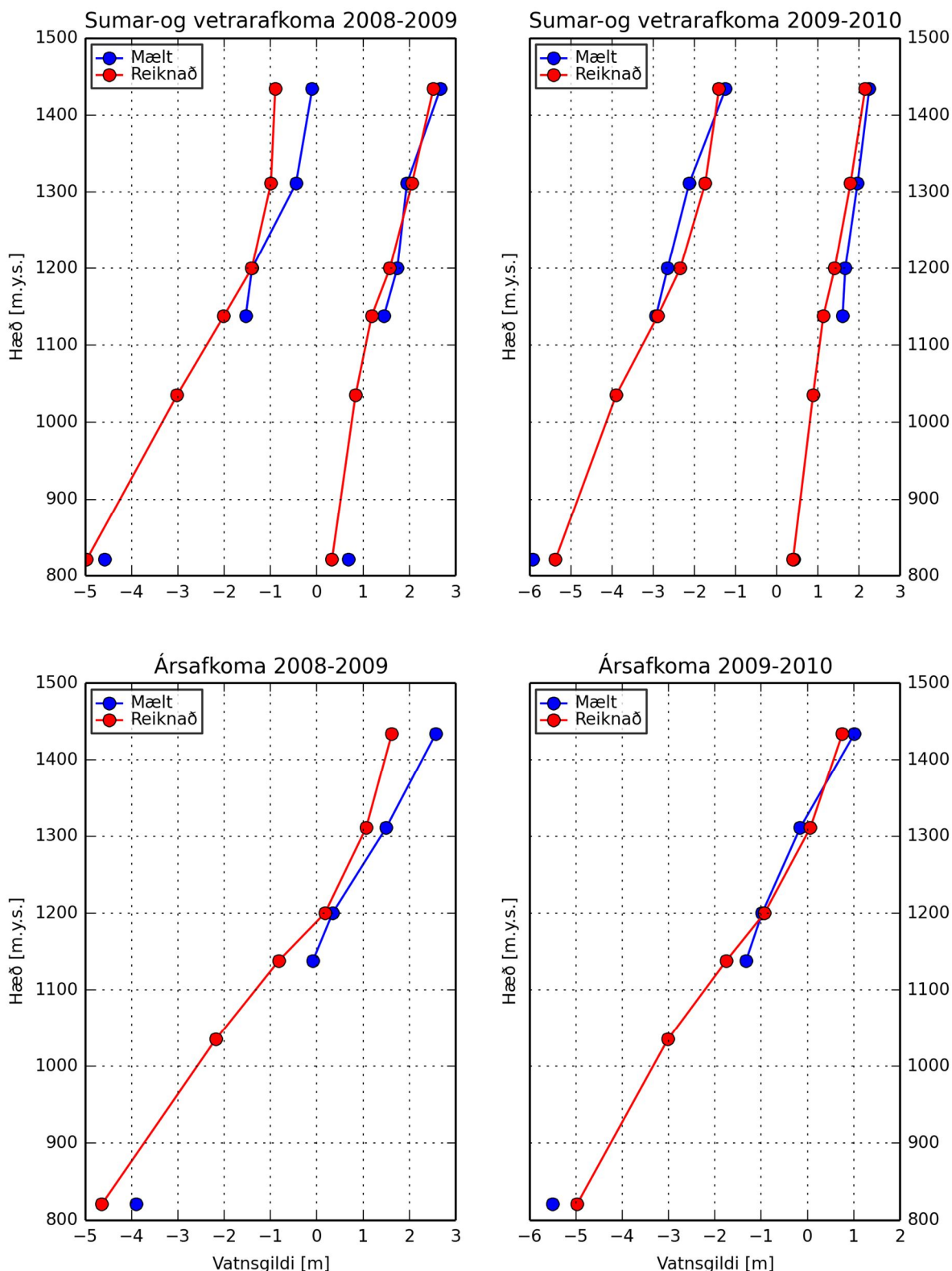
Mynd 56. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvíslar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2002 - 2004.



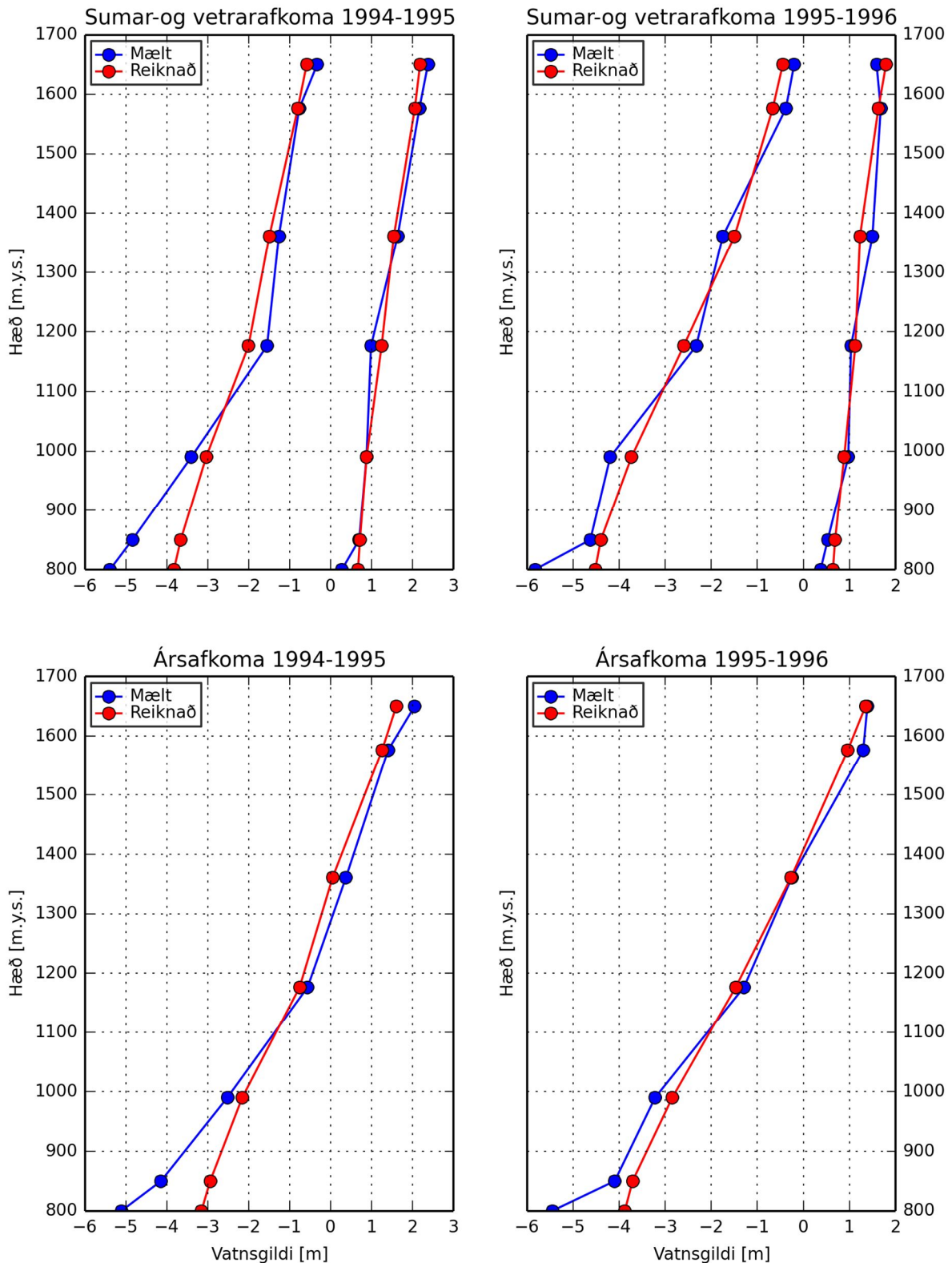
Mynd 57. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvíslar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2004 - 2006.



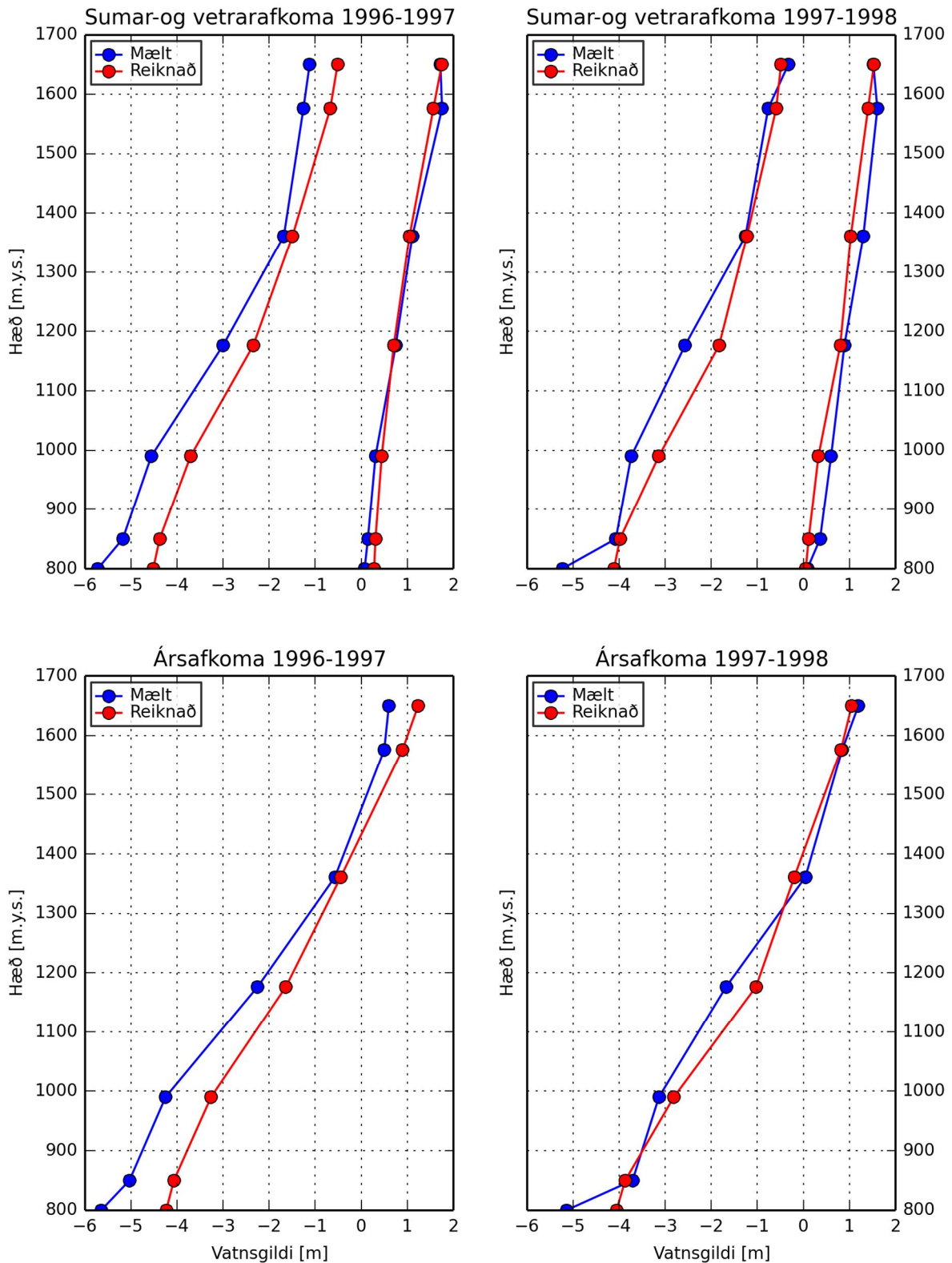
Mynd 58. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2006 - 2008.



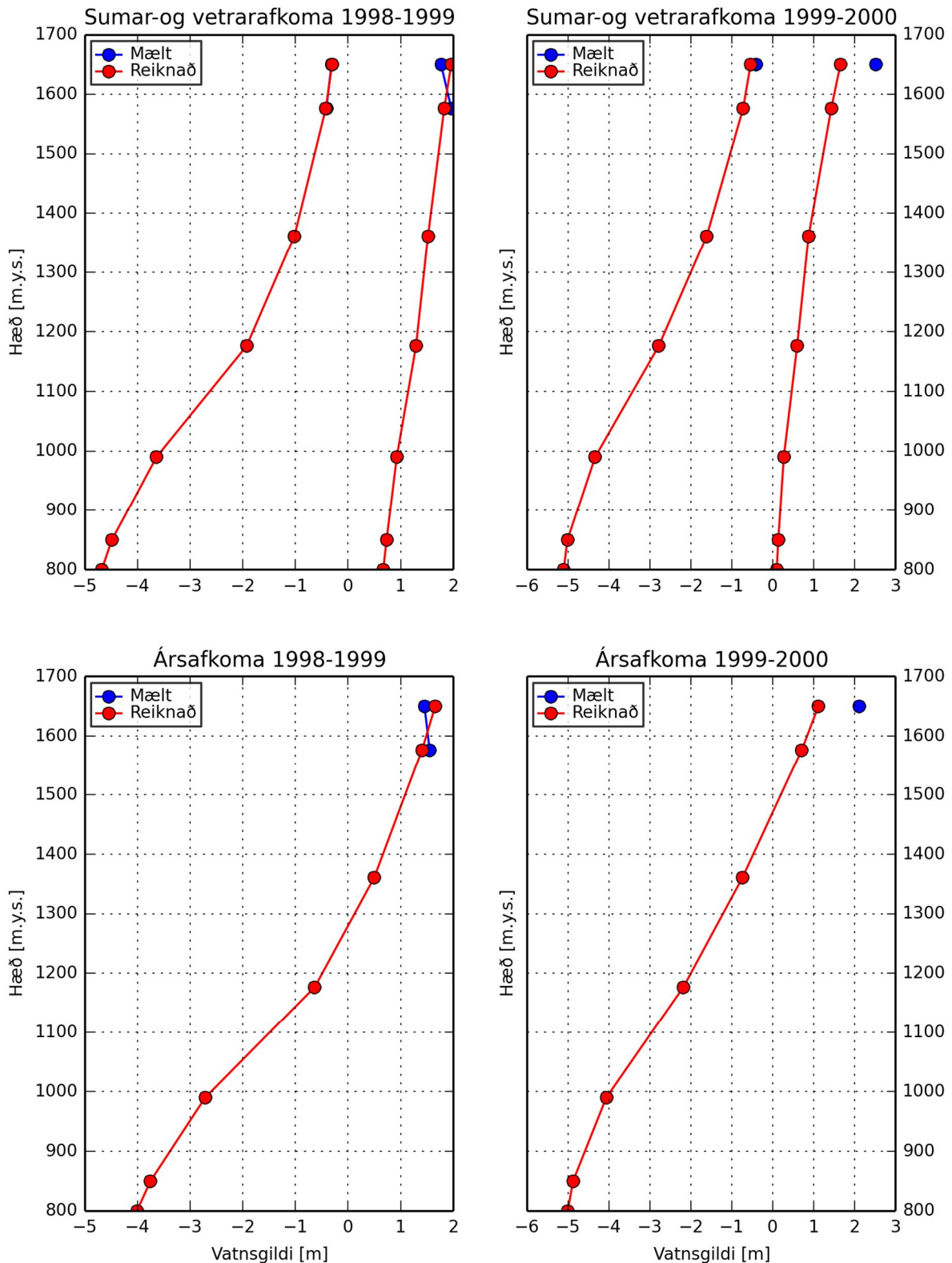
Mynd 59. Samanburður afkomumælinga og útreikninga innan vatnasviðs Jökulkvísar á Brúarjökli fyrir tímabilið 2008 - 2010.



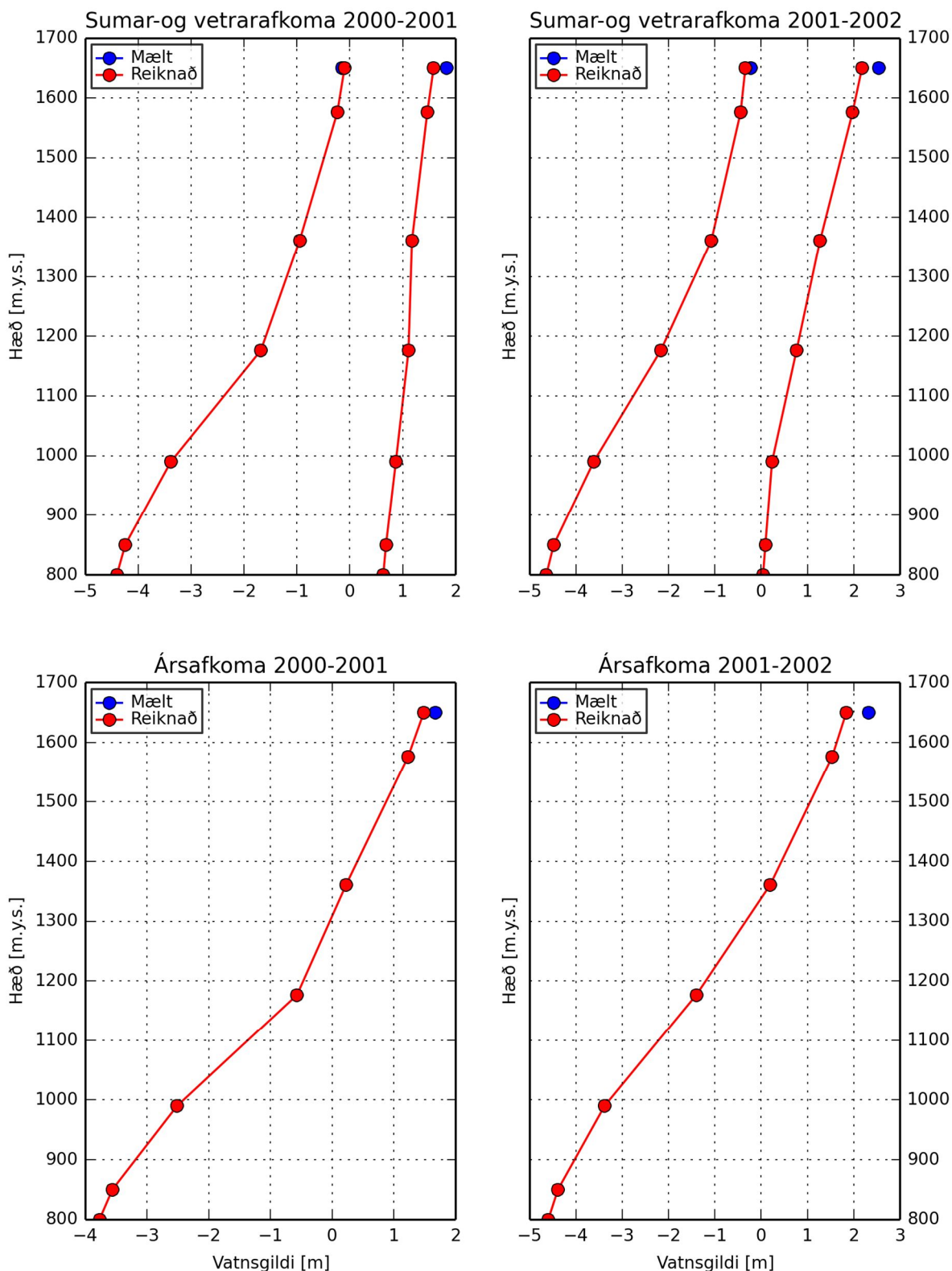
Mynd 60. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 1994 - 1996.



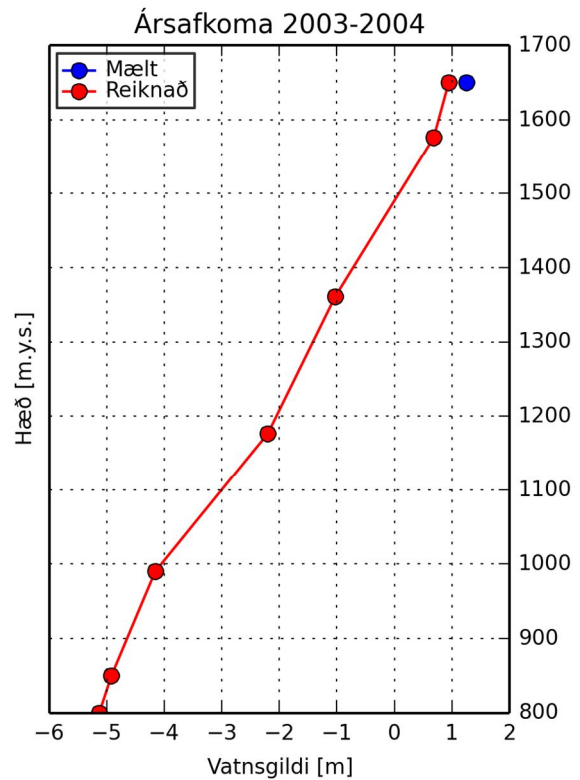
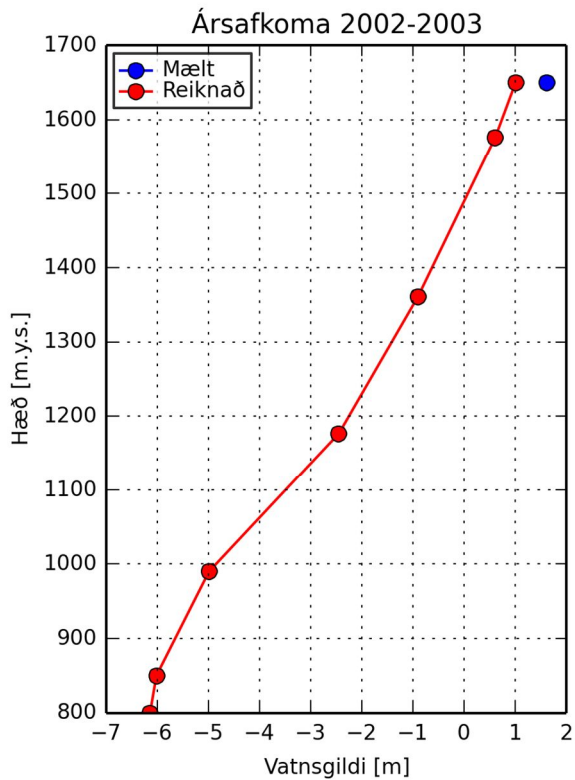
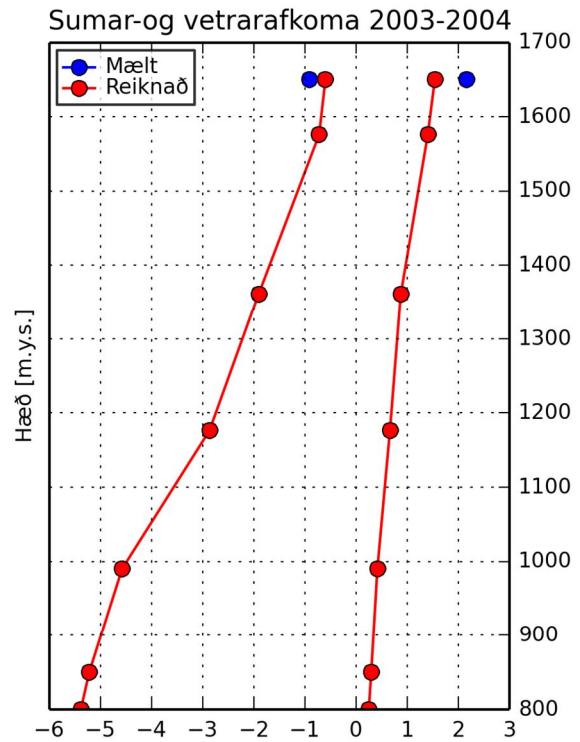
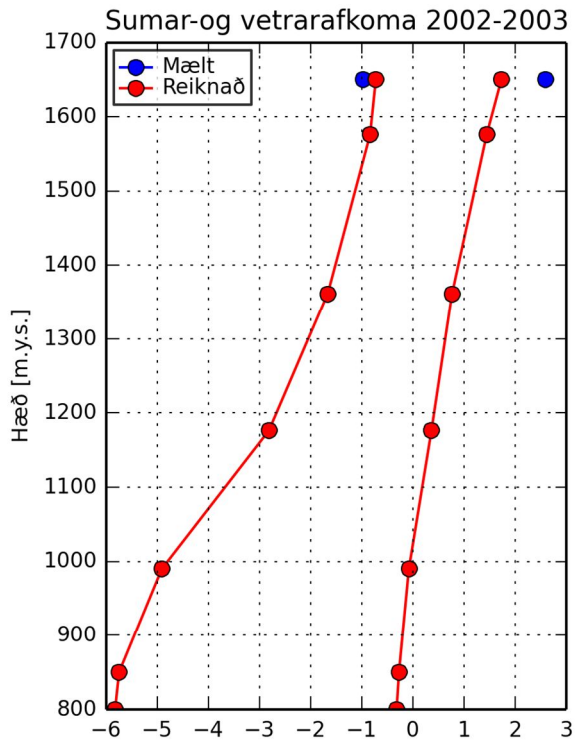
Mynd 61. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 1996 - 1998.



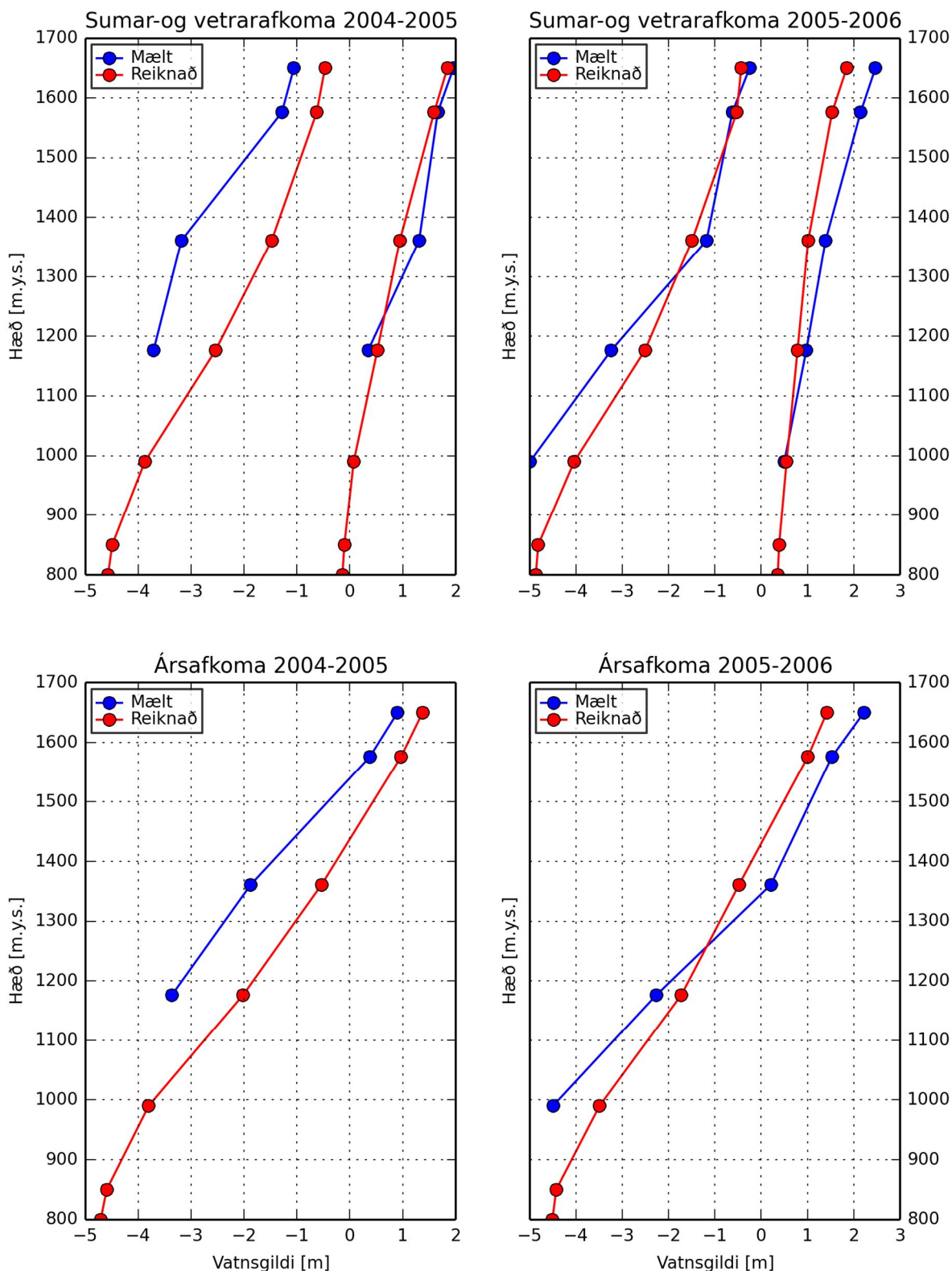
Mynd 62. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 1998-2000.



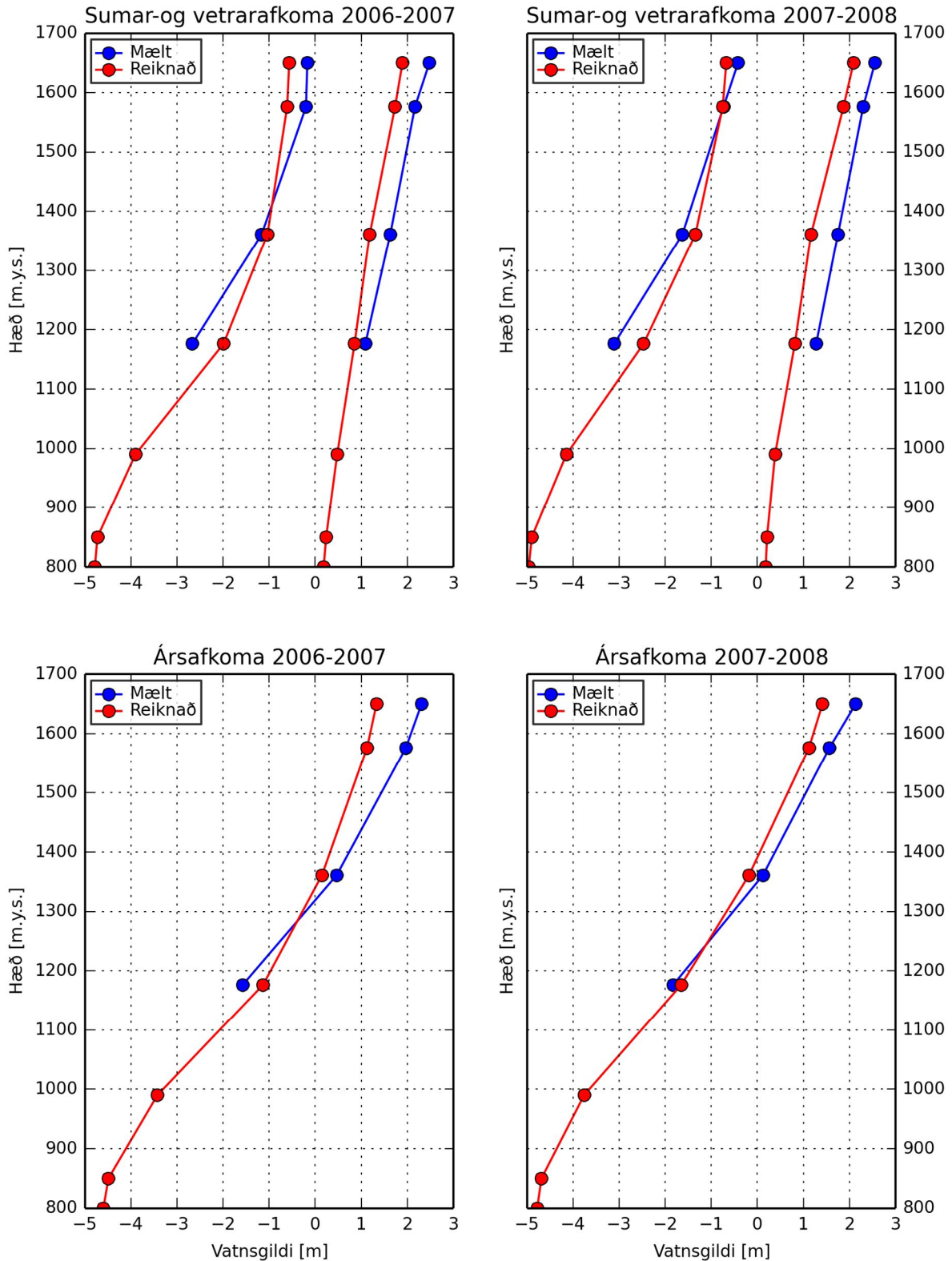
Mynd 63. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2001-2002.



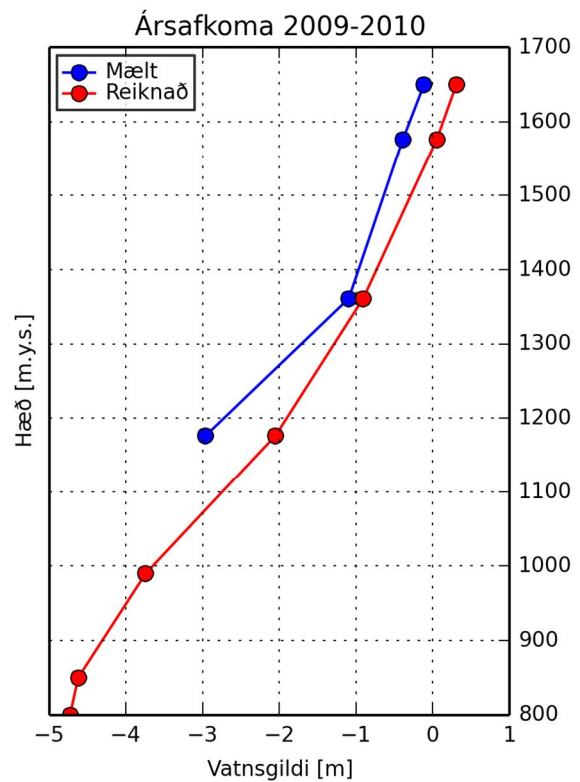
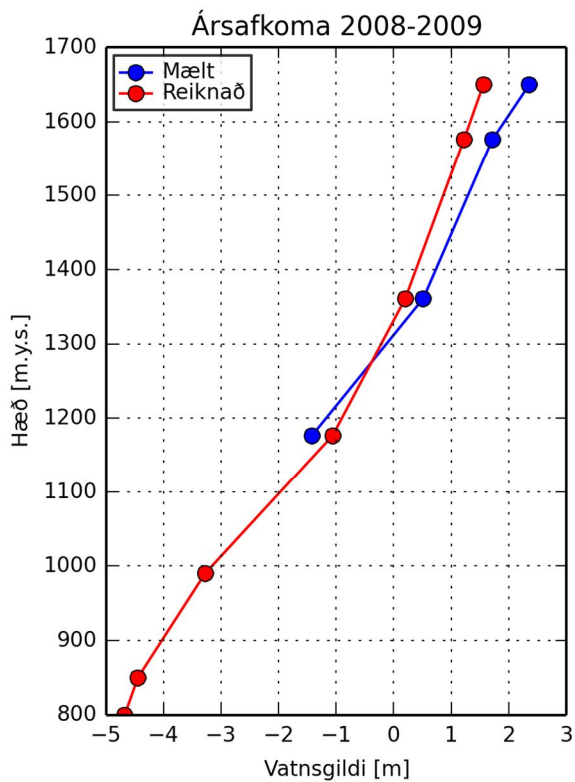
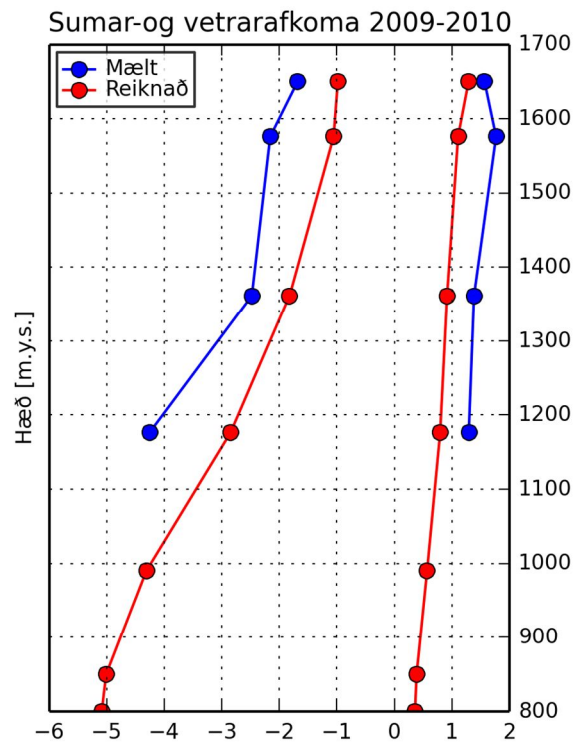
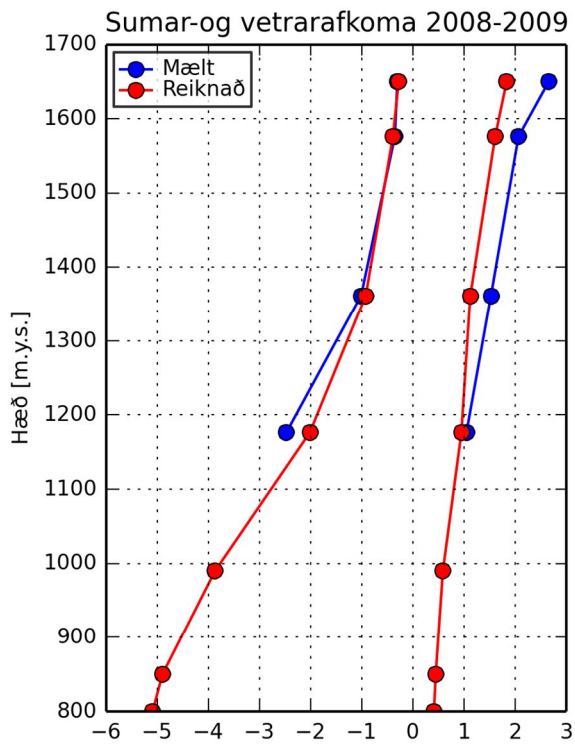
Mynd 64. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2002-2004.



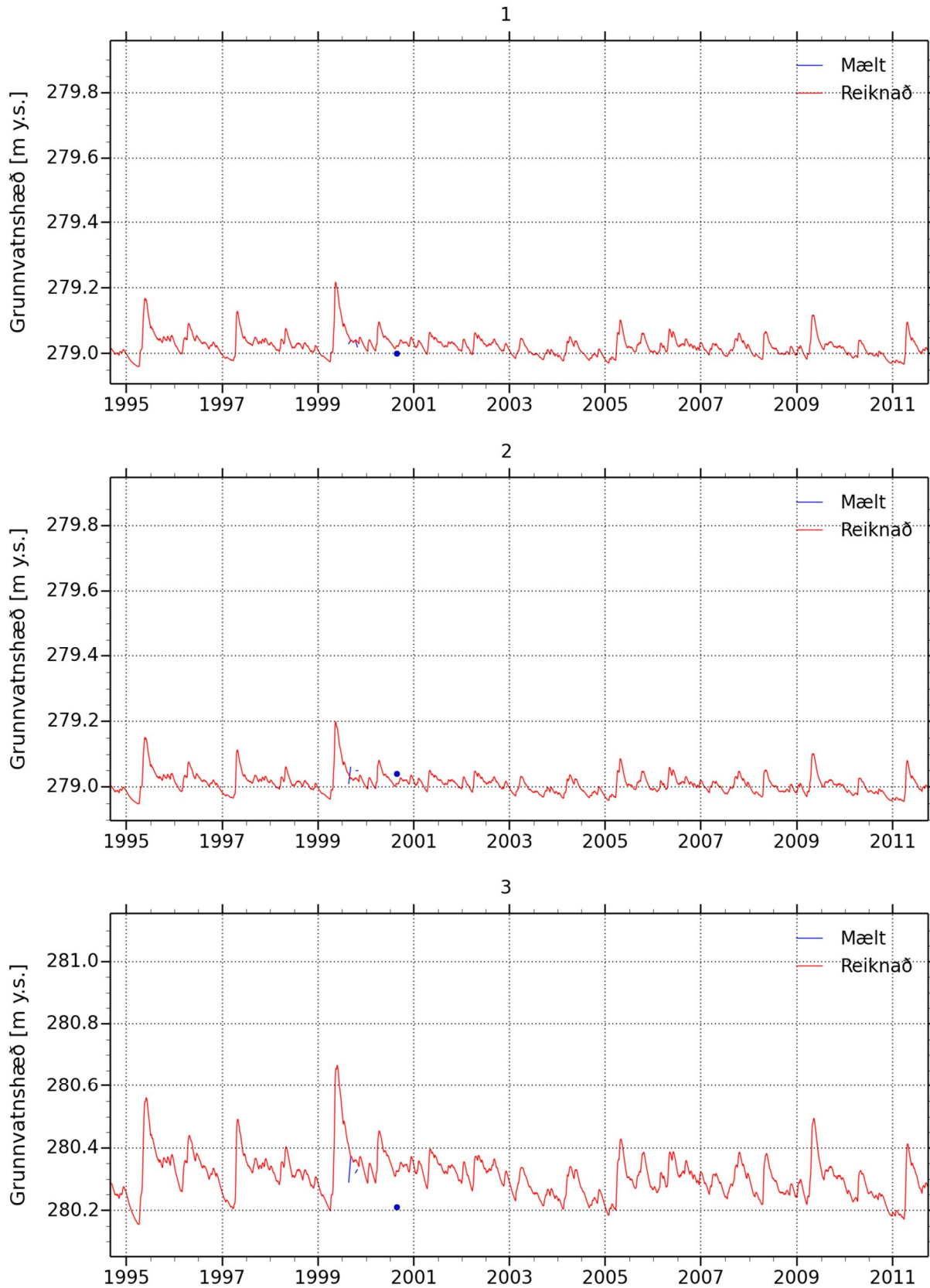
Mynd 65. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2004-2006.



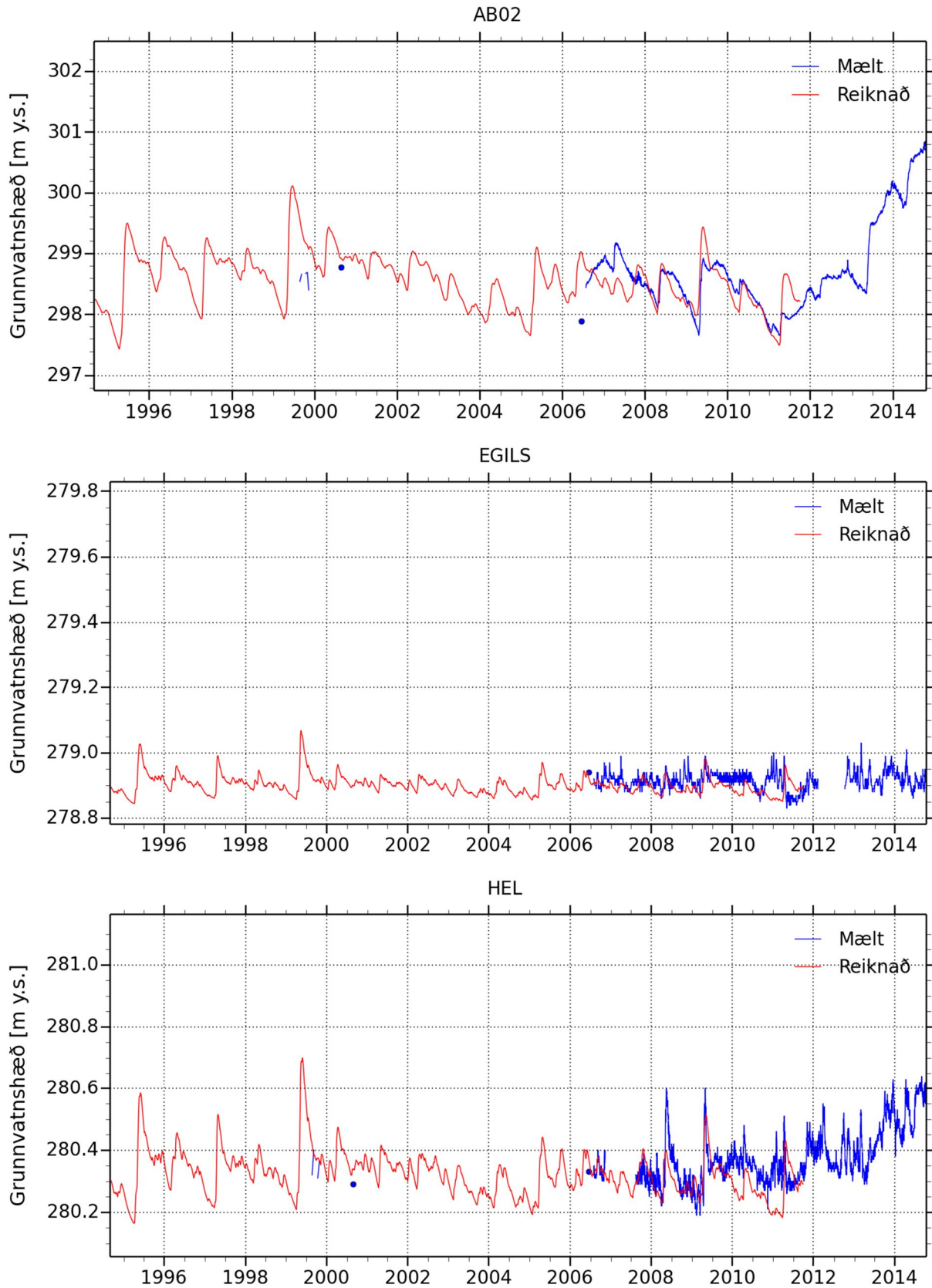
Mynd 66. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2006-2008.



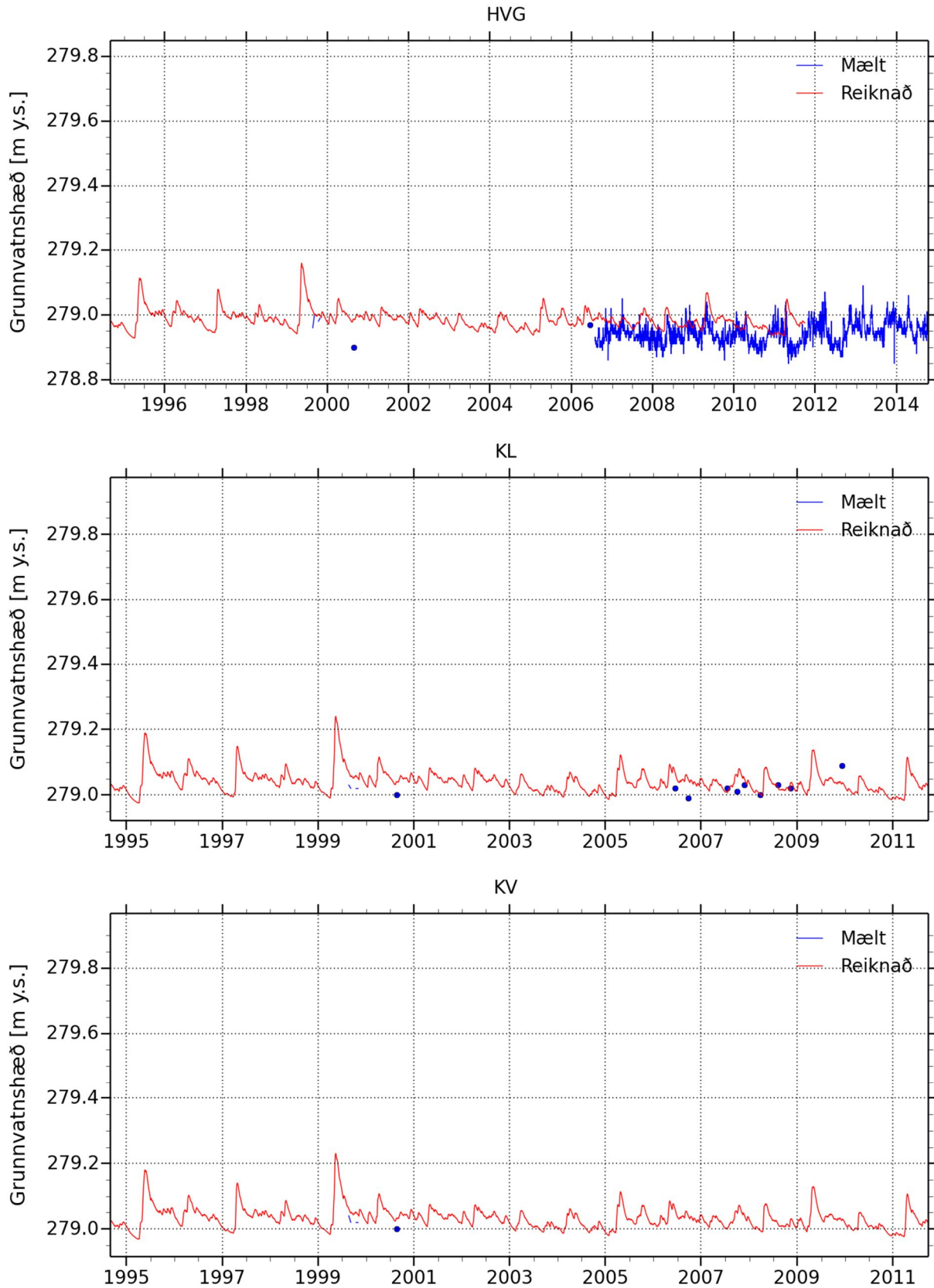
Mynd 67. Samanburður afkomumælinga og útreikninga á Dyngjujökli fyrir tímabilið 2008-2010.



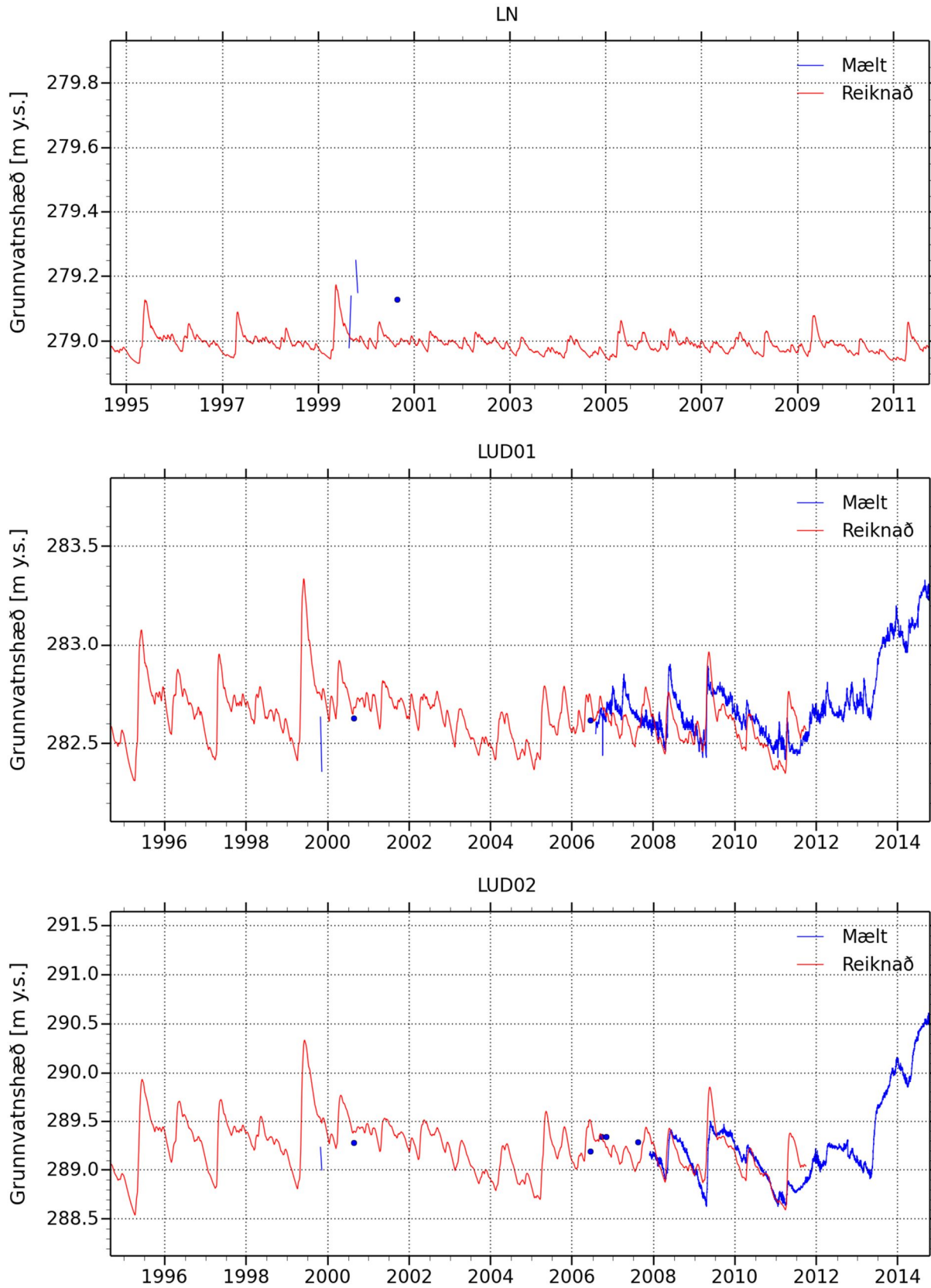
Mynd 68. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mýatns (1, 2 og 3).



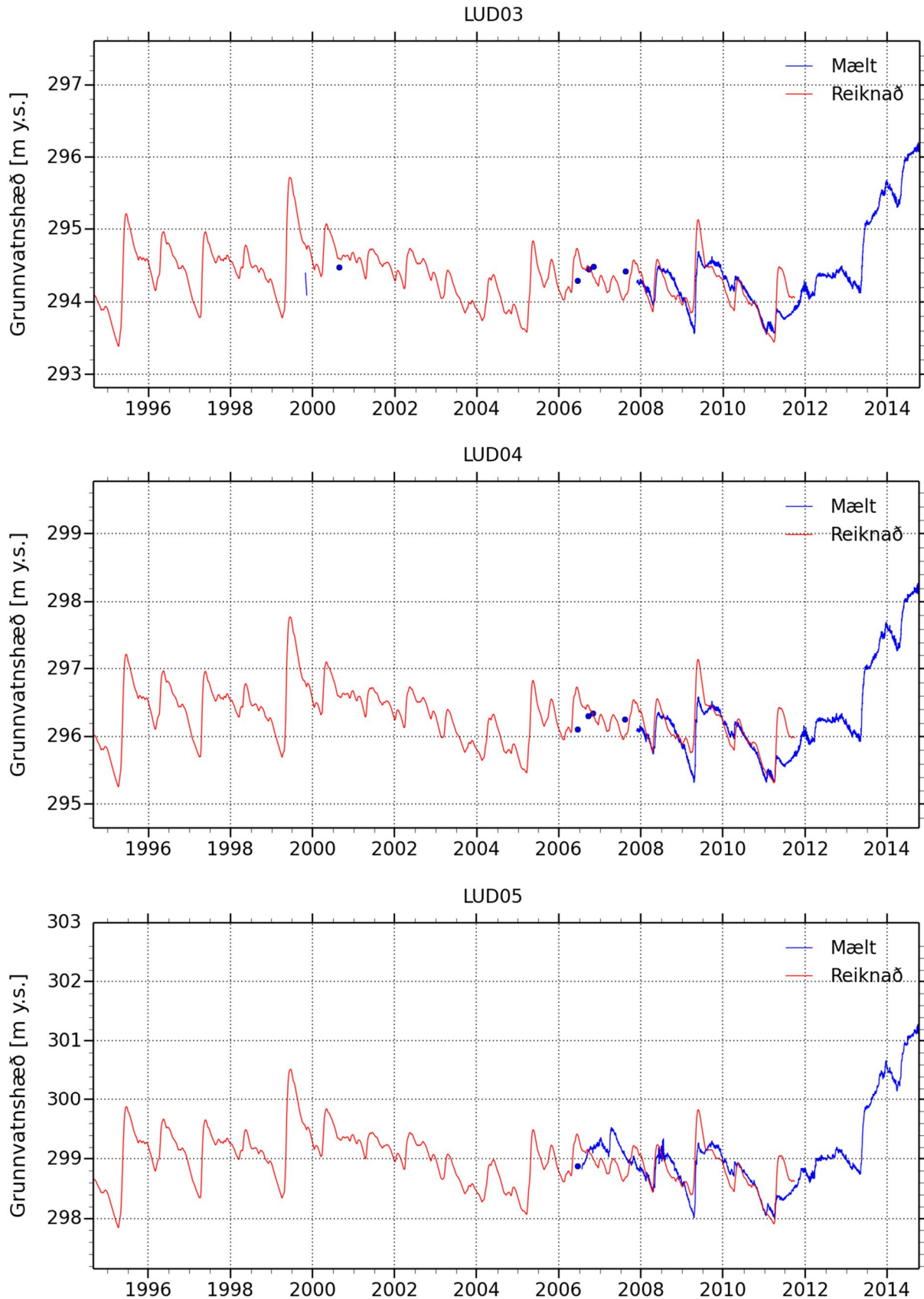
Mynd 69. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mýatns (AB02, EGILS og HEL).



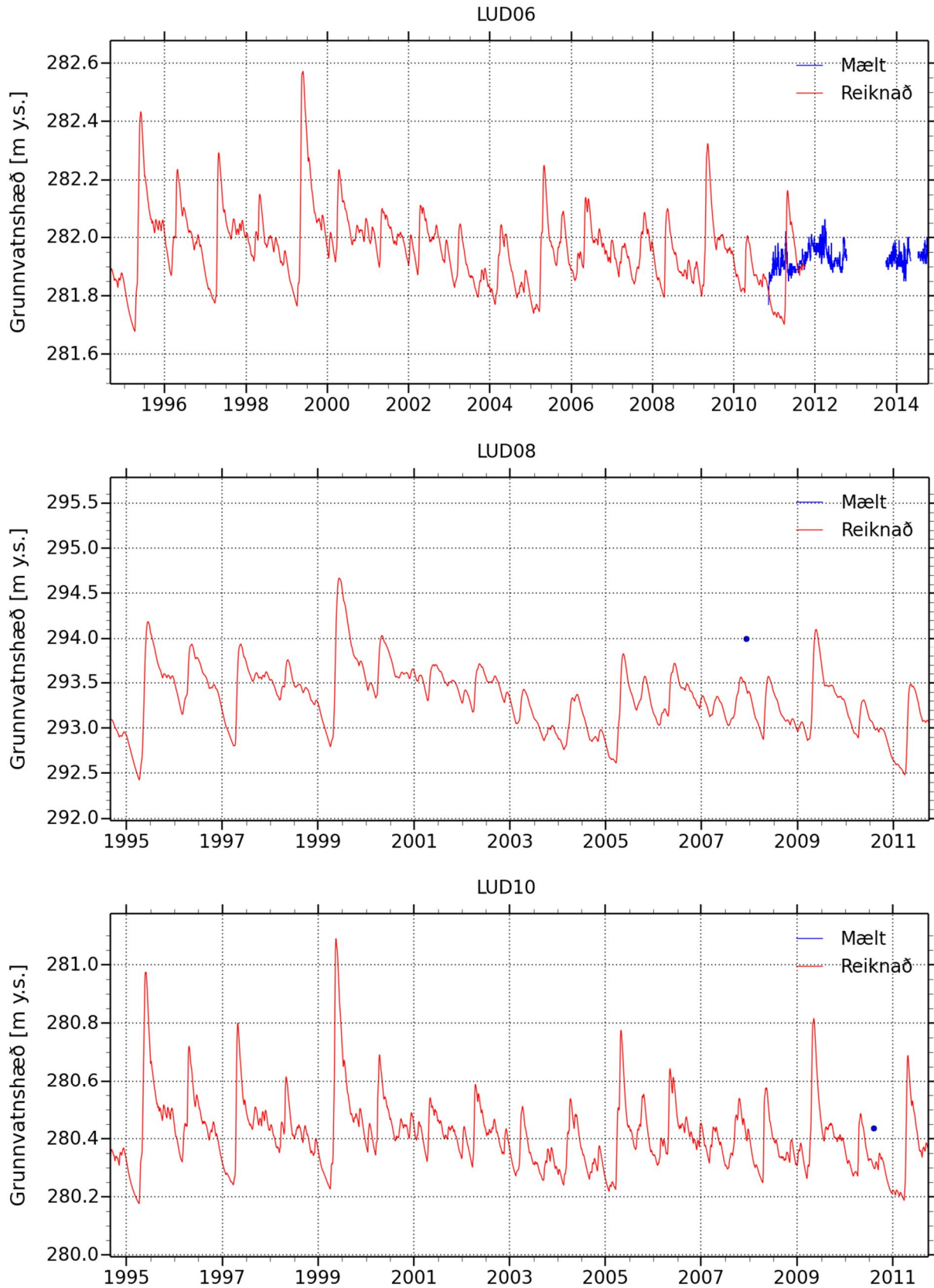
Mynd 70. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mýatns (HVG, KL og KV).



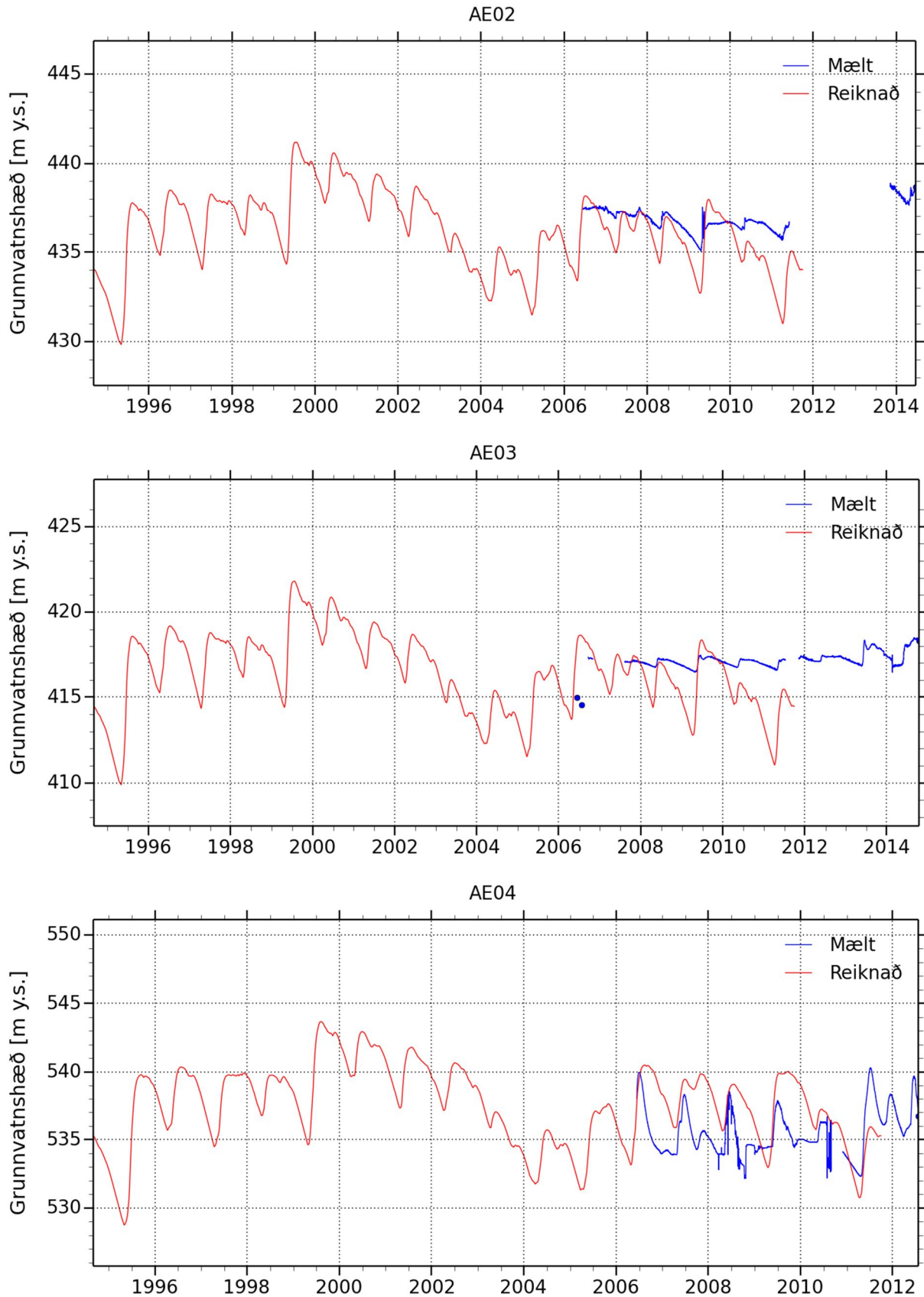
Mynd 71. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mýatns (LN, LUD01 og LUD02).



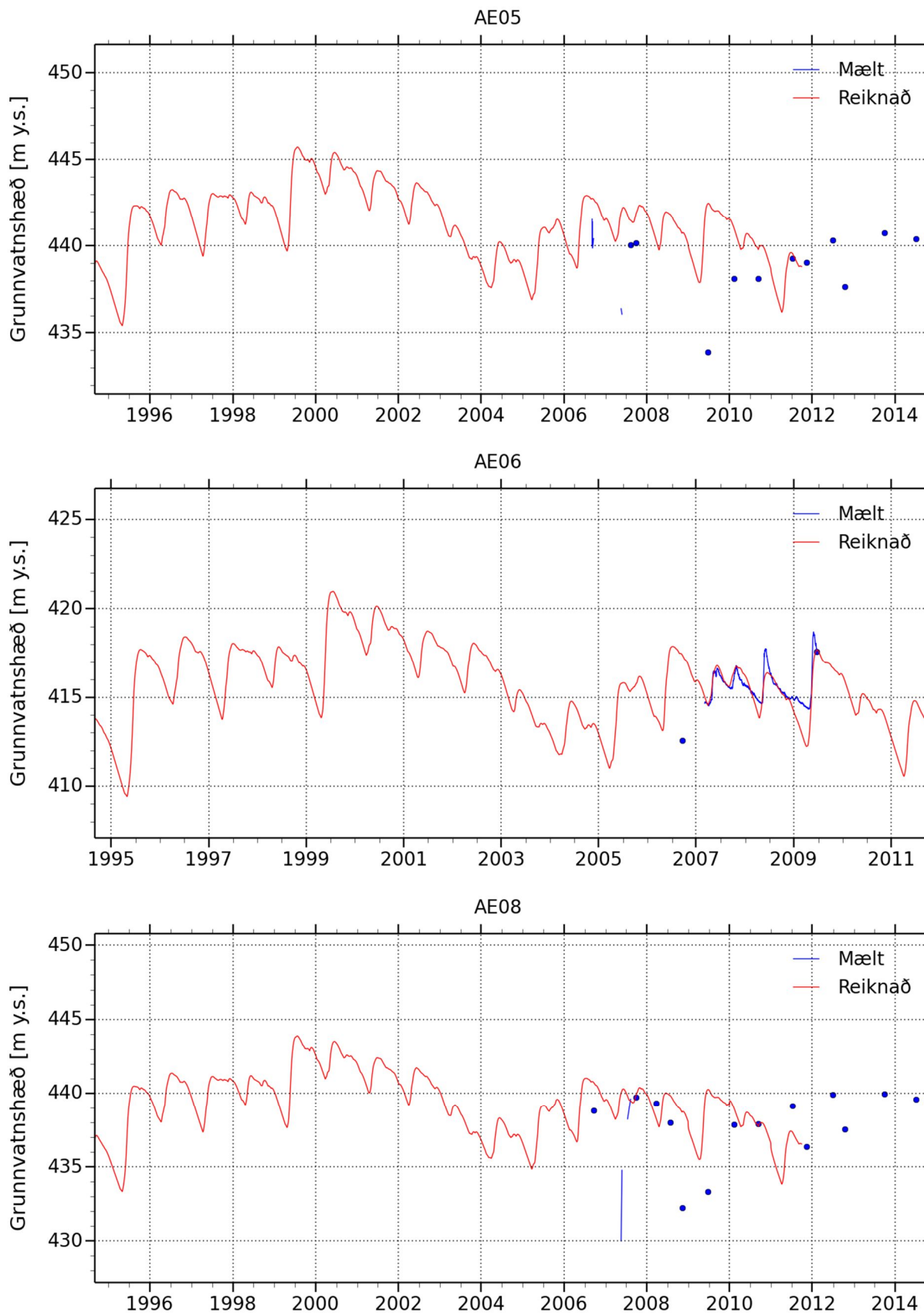
Mynd 72. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mýatns (LUD03, LUD04 og LUD05).



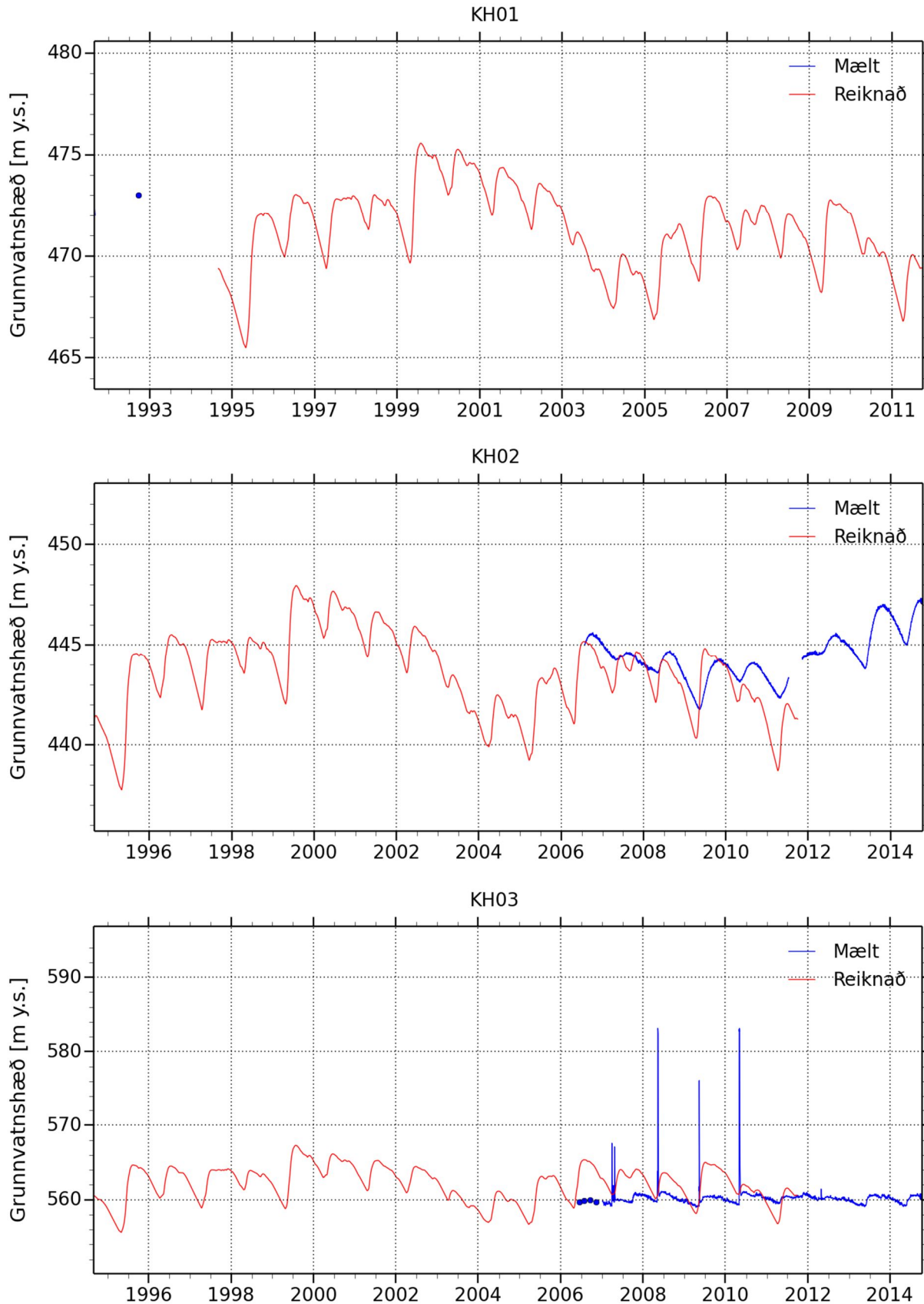
Mynd 73. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í nágrenni Mýatns (LUD06, LUD08 og LUD10).



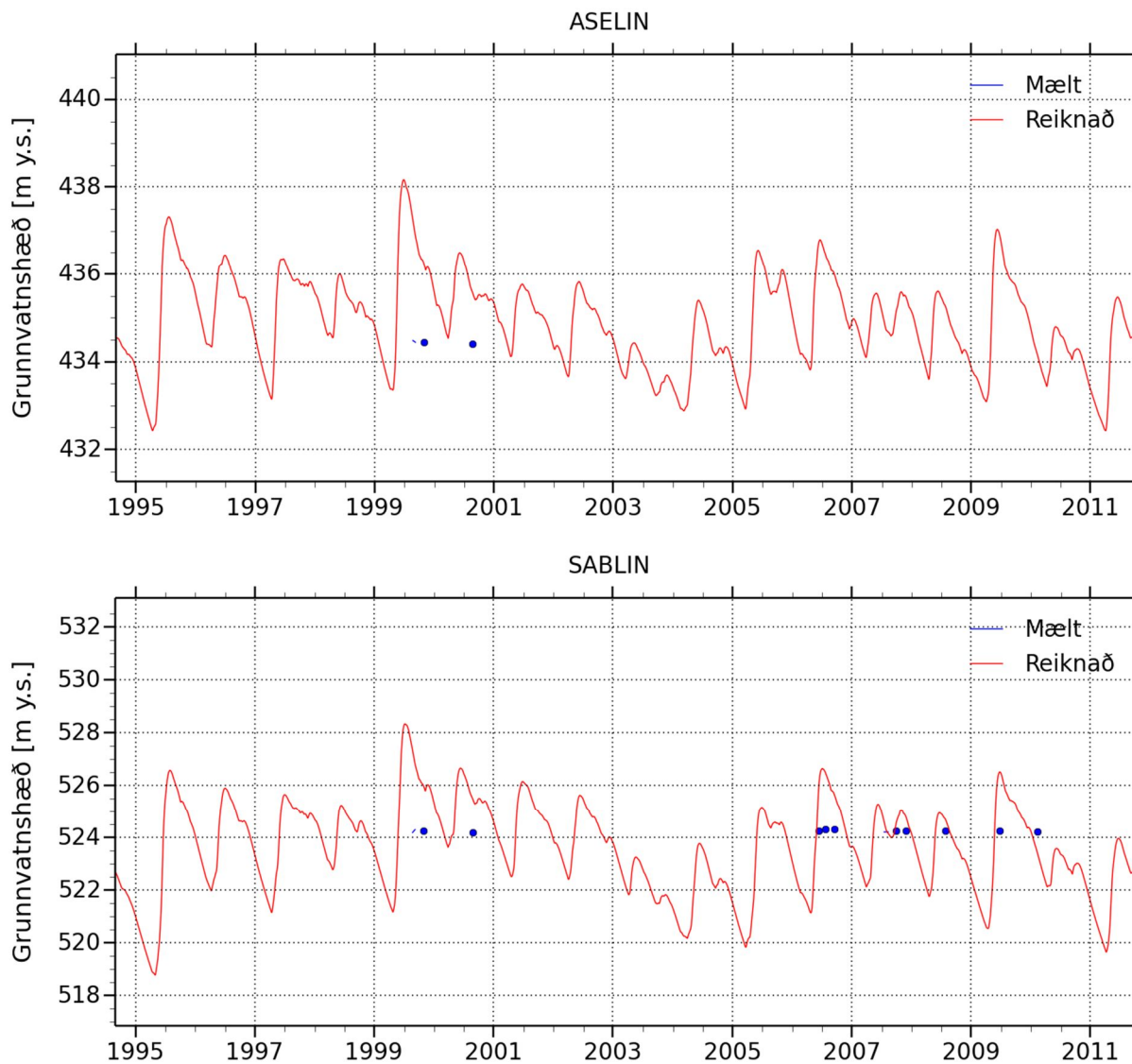
Mynd 74. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (AE02, AE03 og AE04).



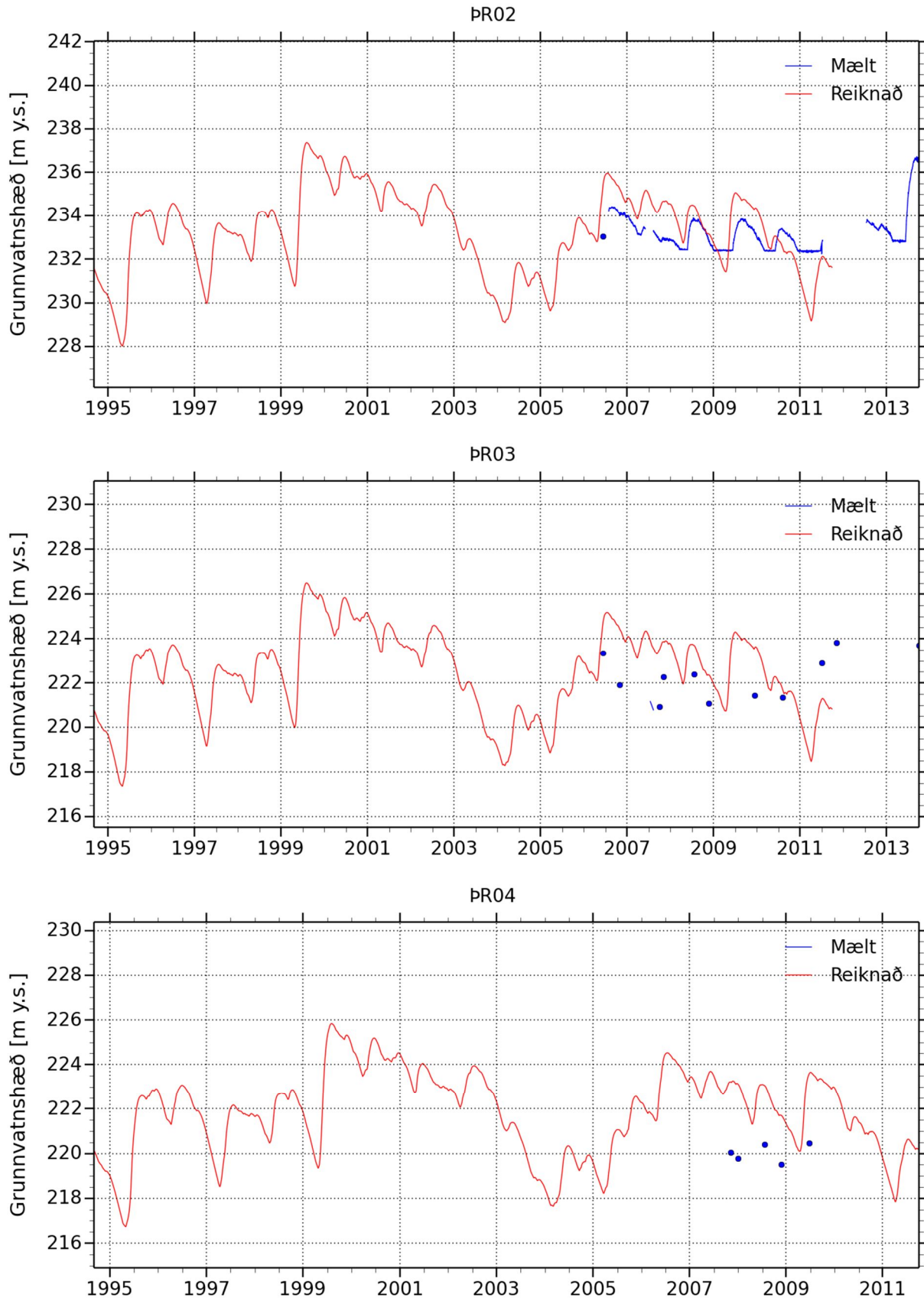
Mynd 75. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (AE05, AE06 og AE08).



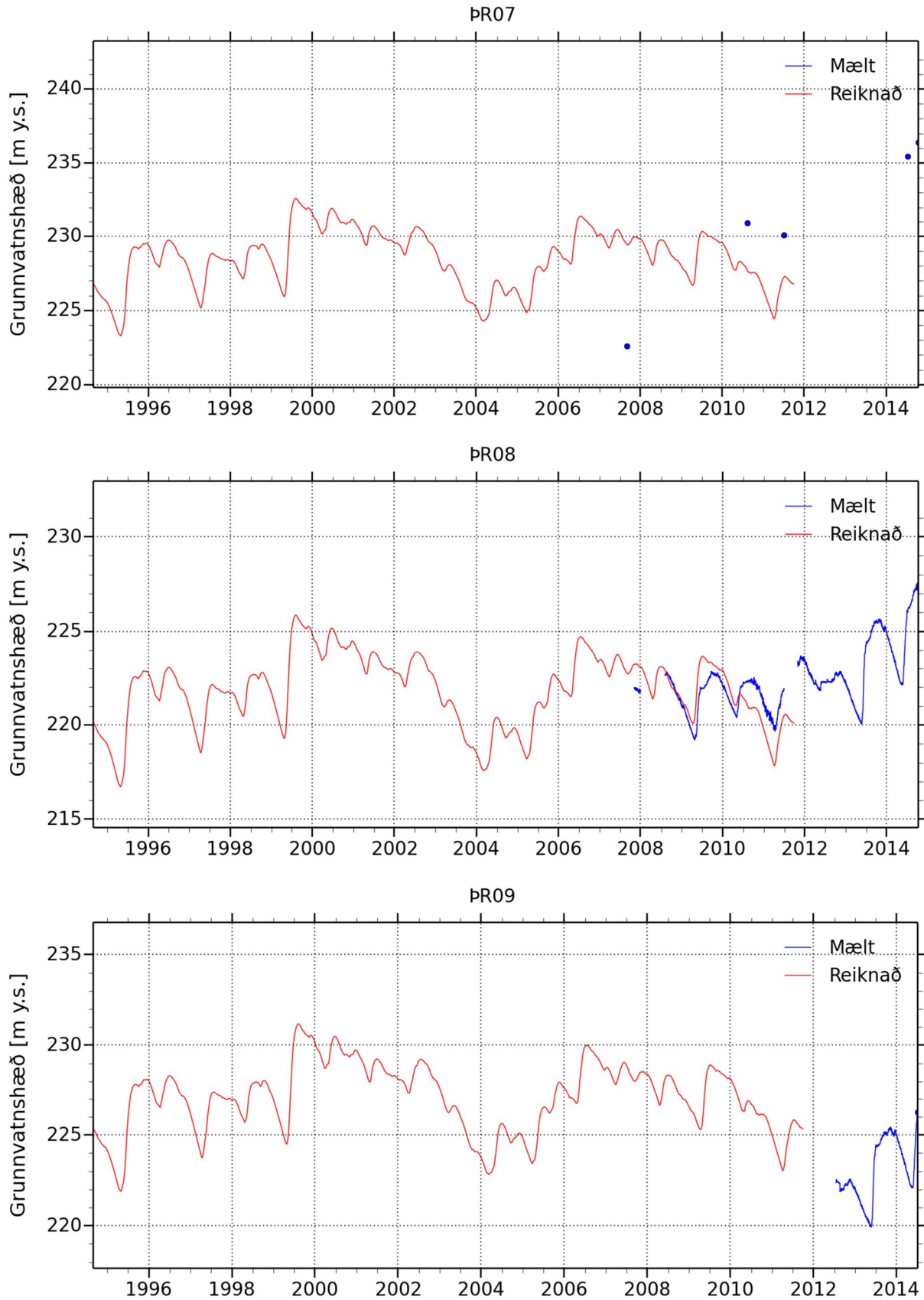
Mynd 76. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (KH01, KH02 og KH03).



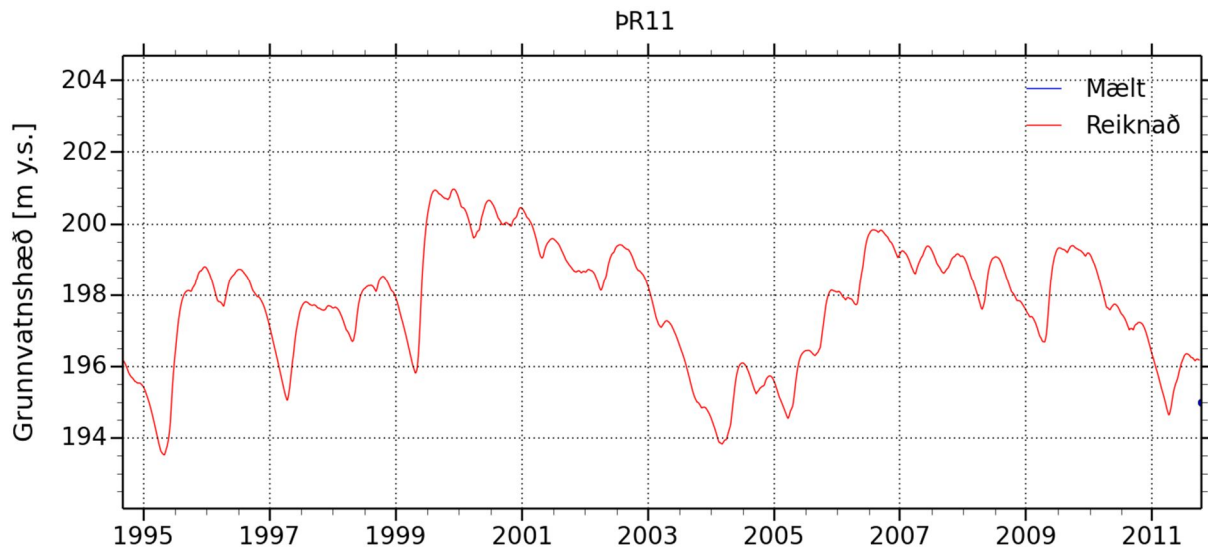
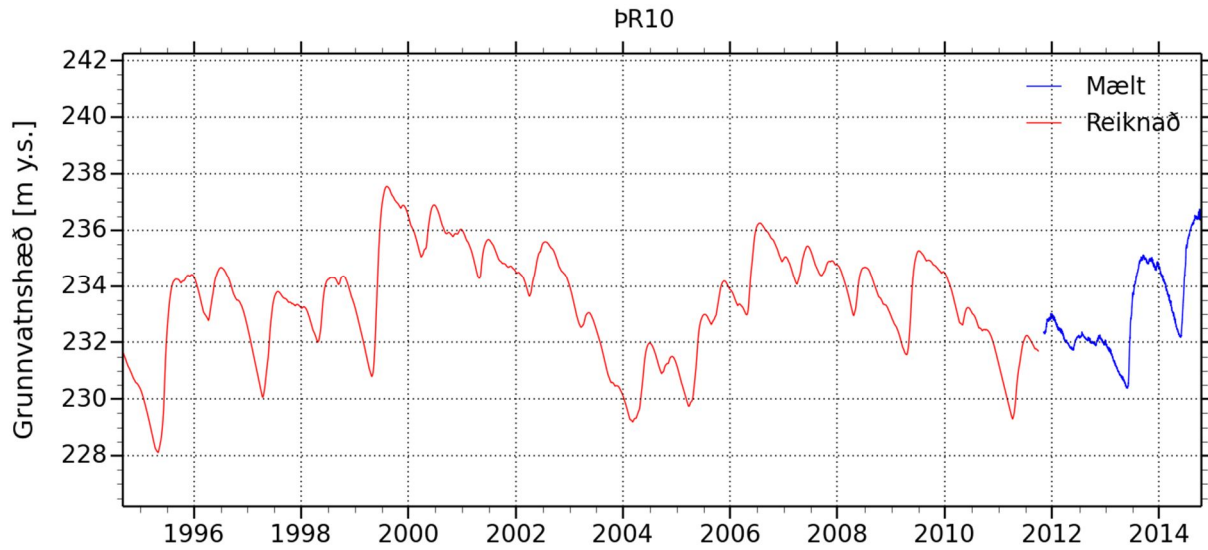
Mynd 77. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð við Kröflu (ASELIN og SABLIN).



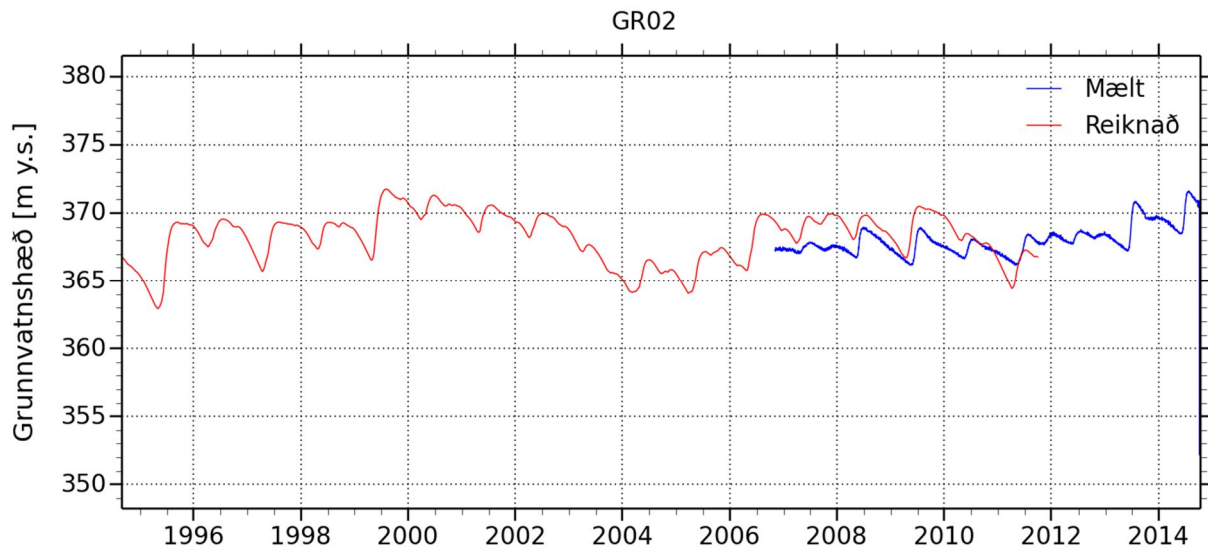
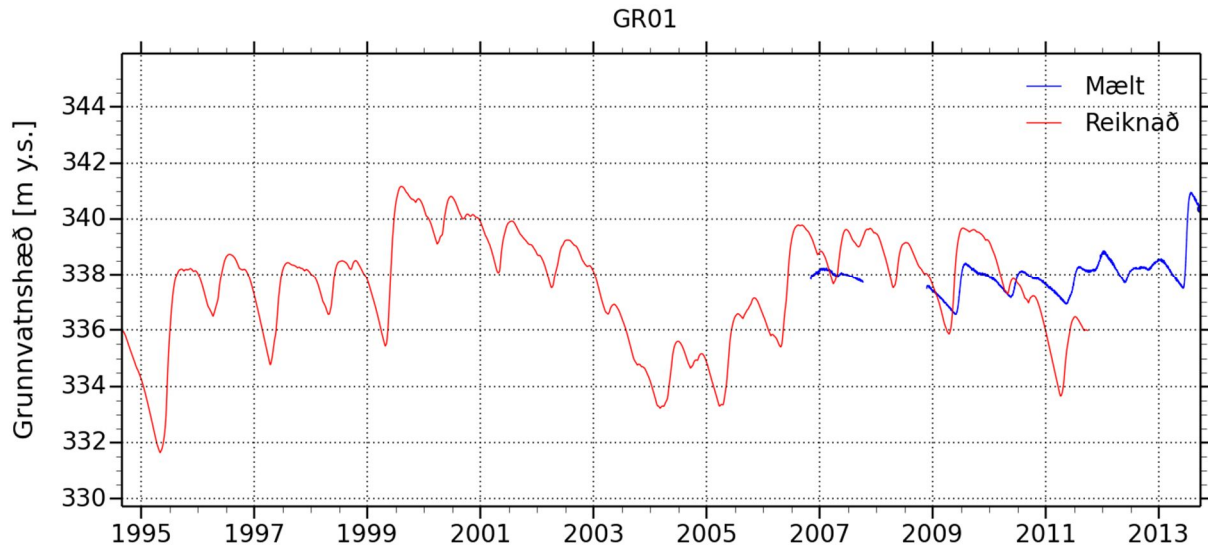
Mynd 78. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð á Þeistareykjum (ÞR02, ÞR03 og ÞR04).



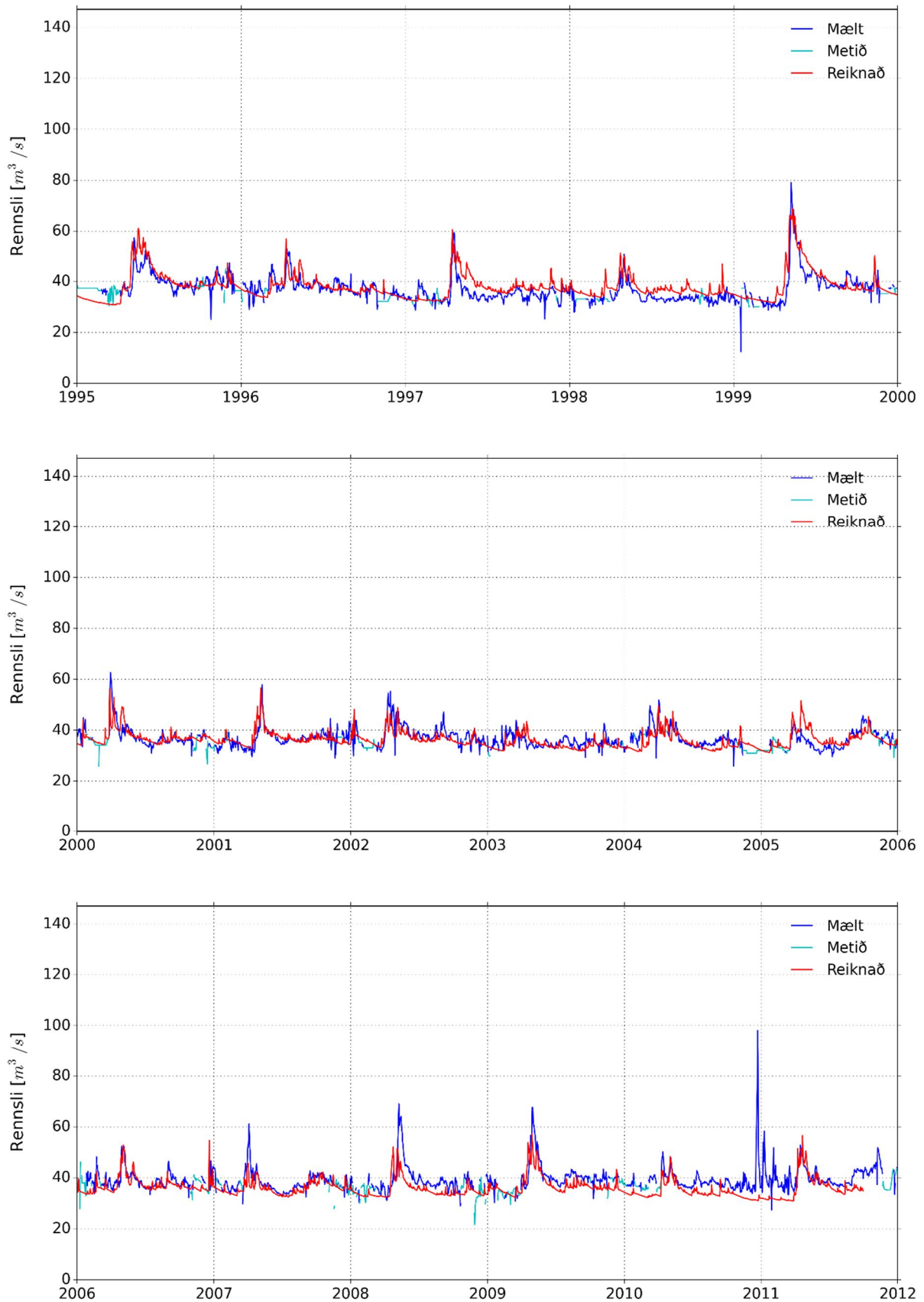
Mynd 79. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð á Þeistareykjum (ÞR07, ÞR08 og ÞR09).



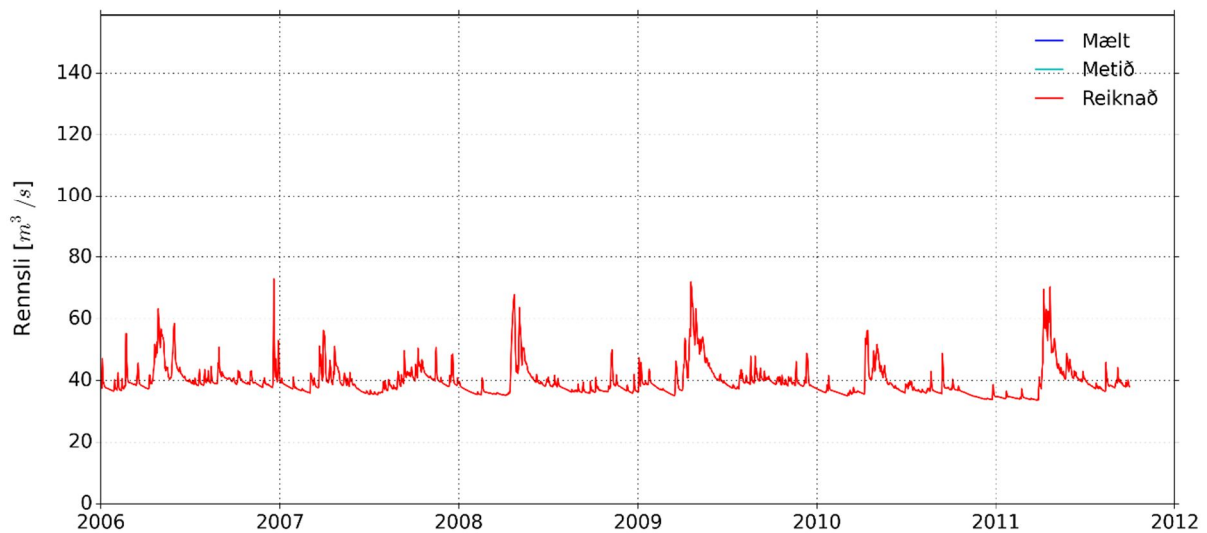
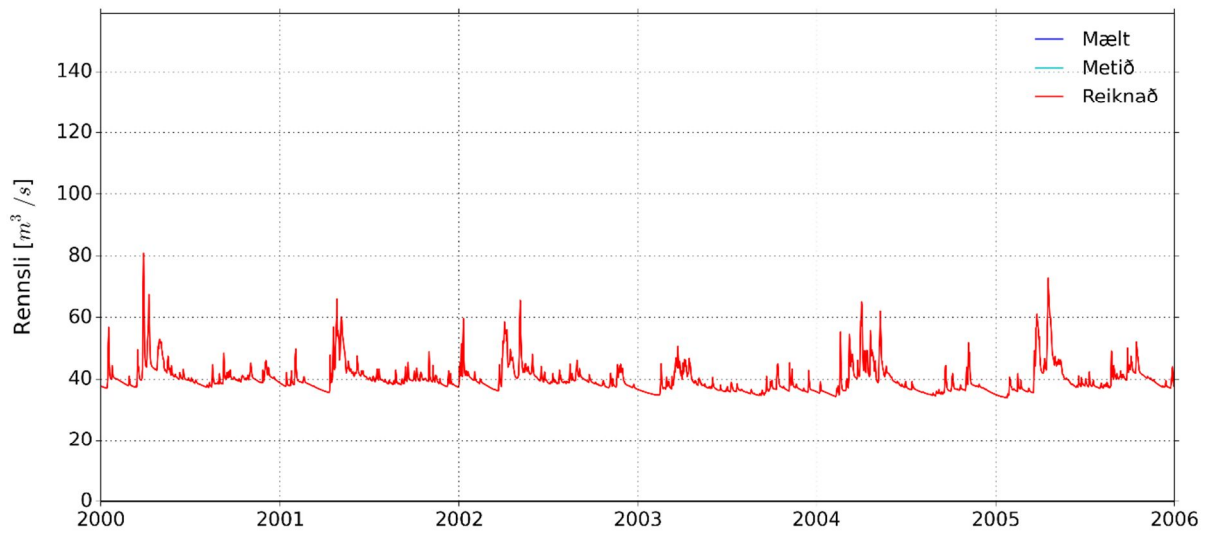
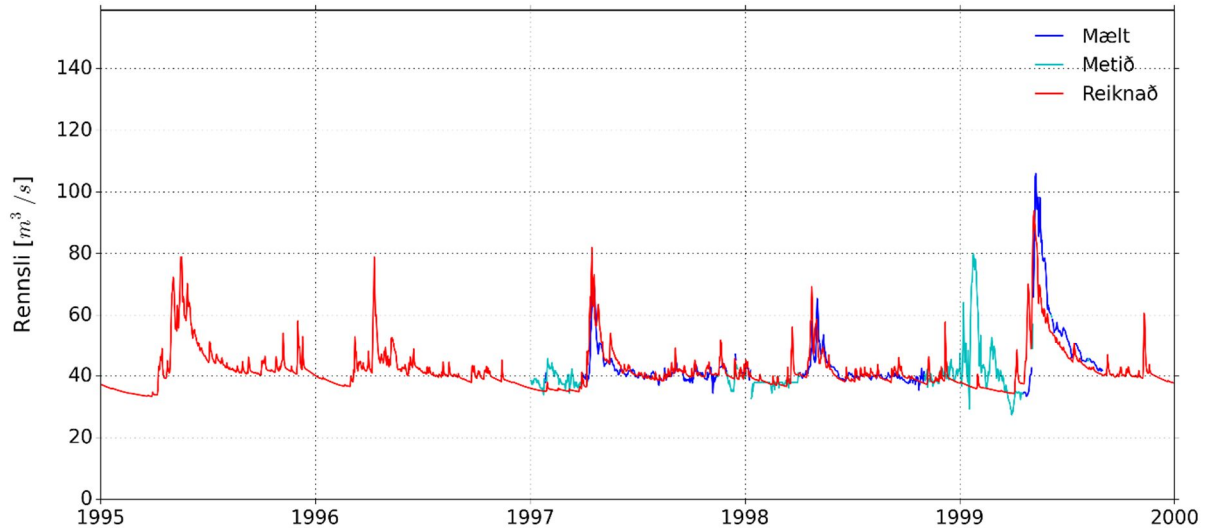
Mynd 80. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð á Þeistareykjum (ÞR10 og ÞR11).



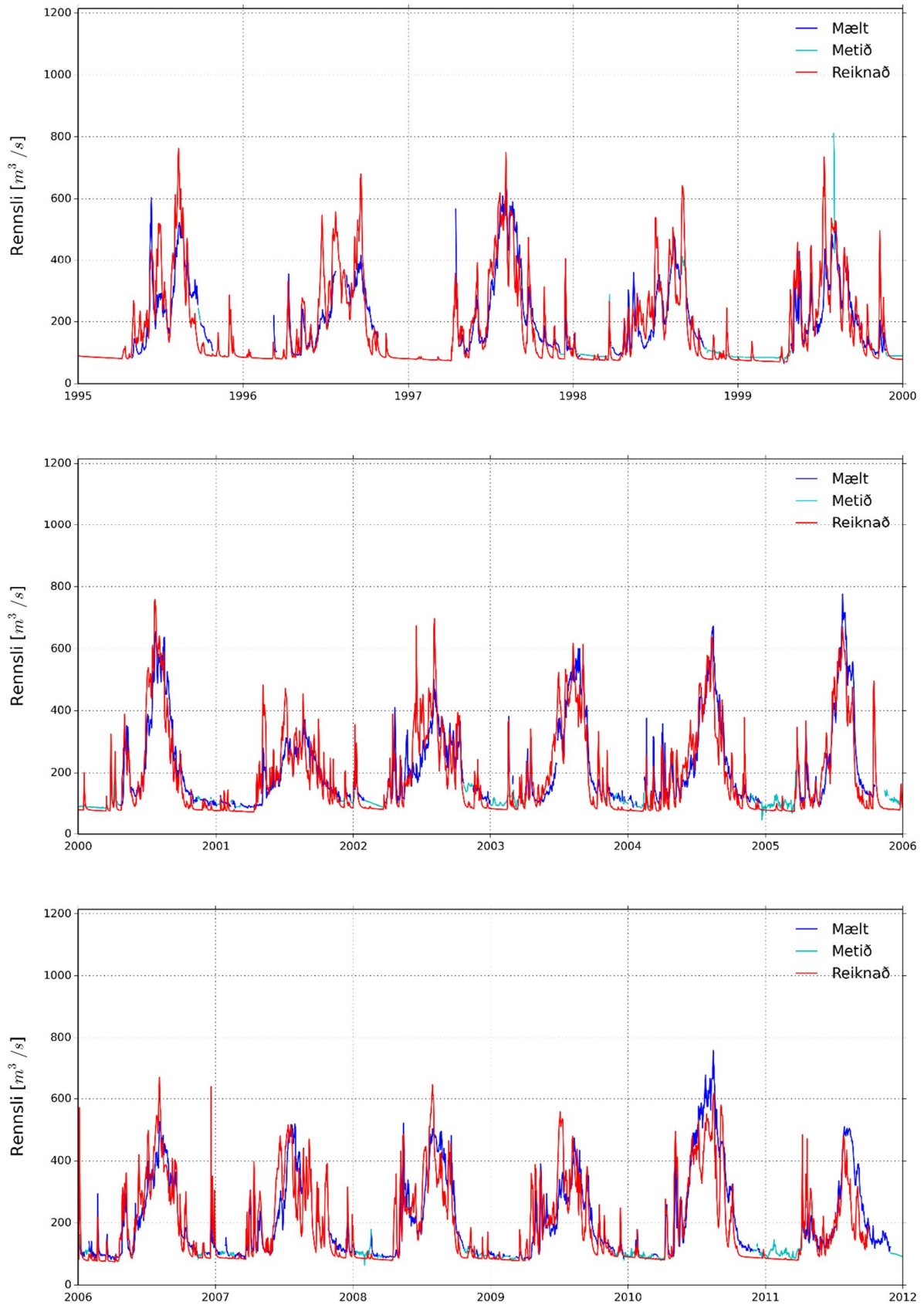
Mynd 81. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í Gjástykki (GR01 og GR02).



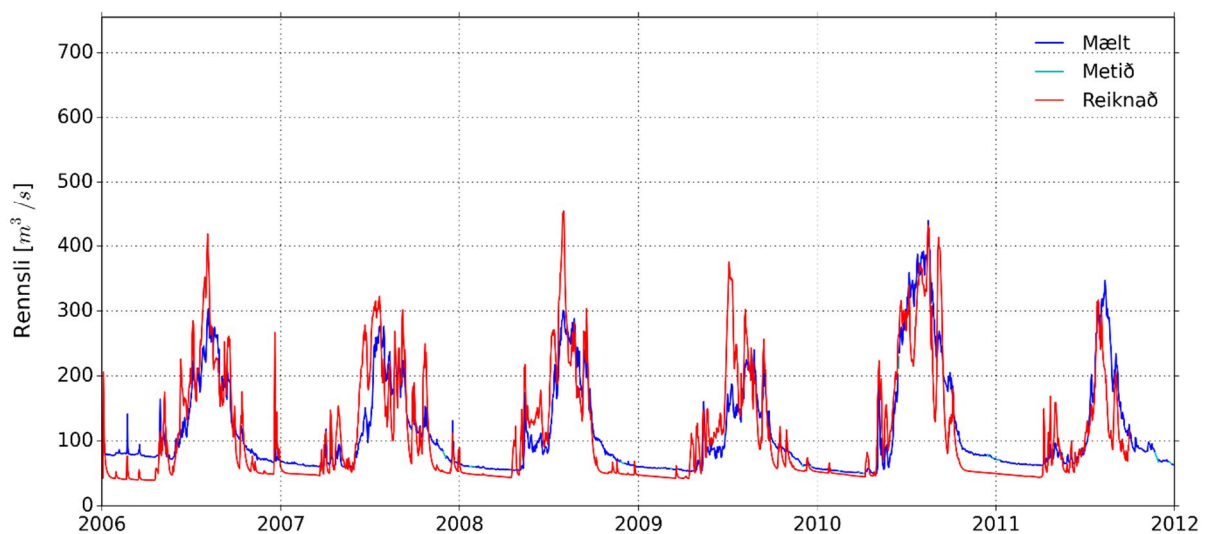
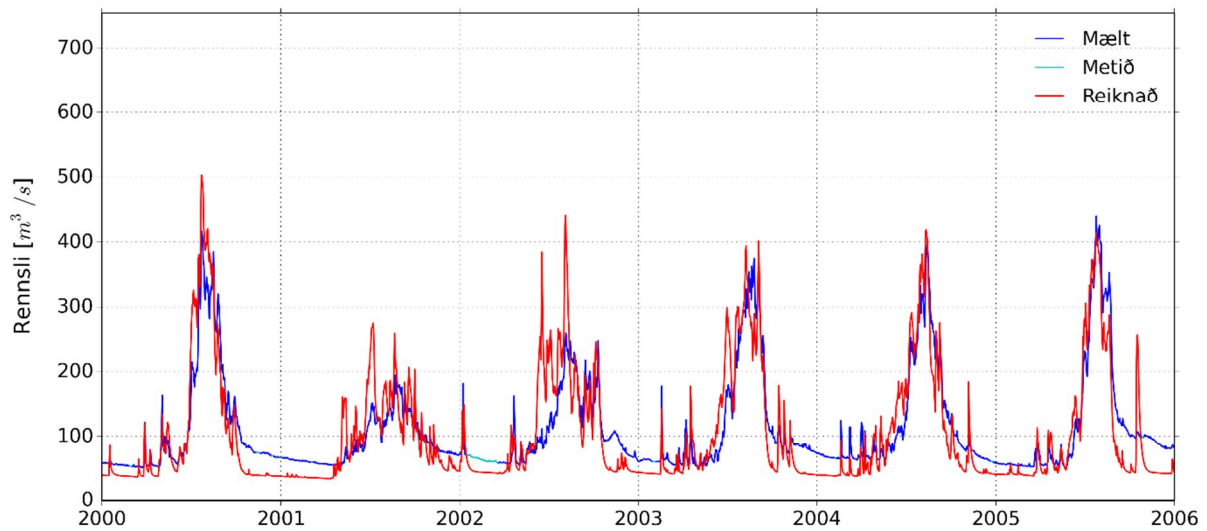
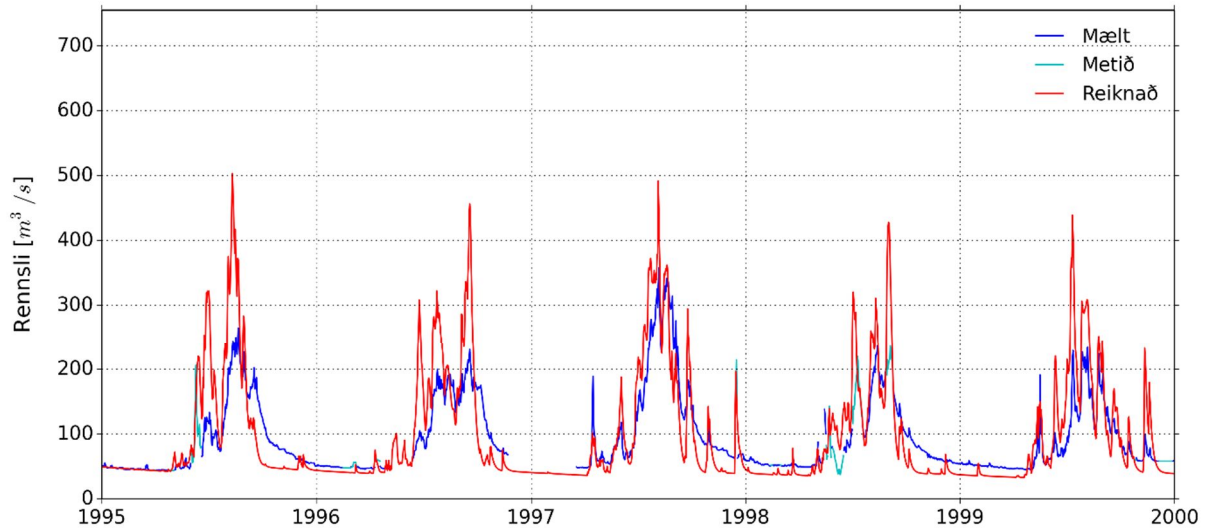
Mynd 82. Mælt og reiknað rennsli í VHM-105 Mývatn.



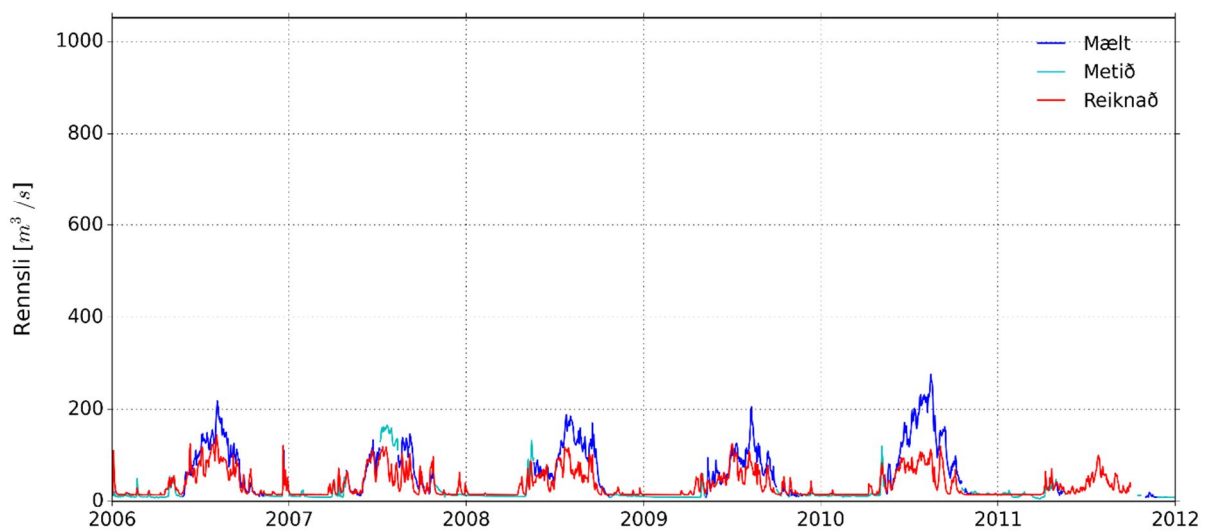
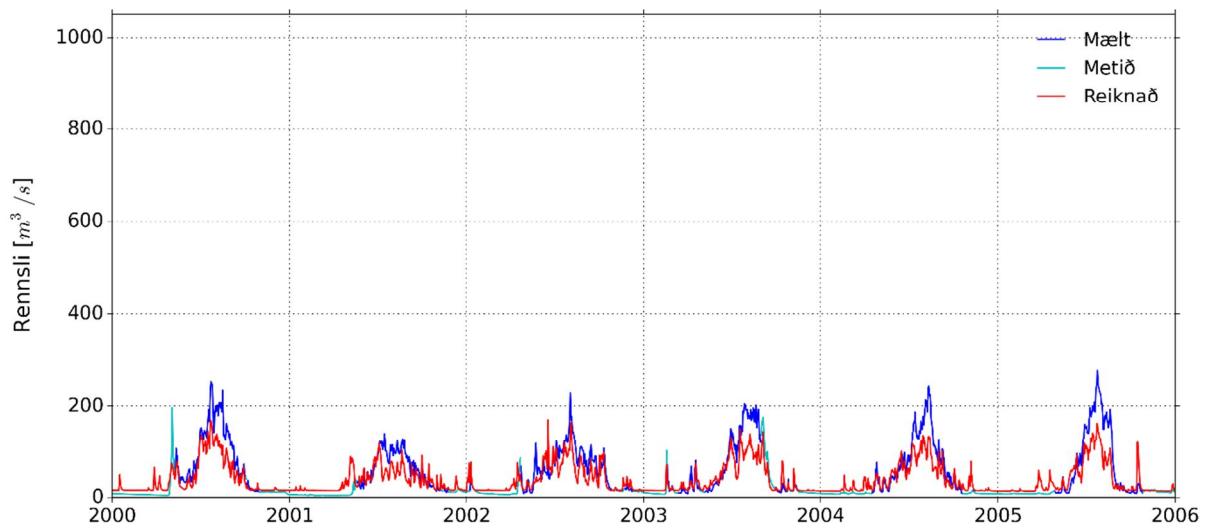
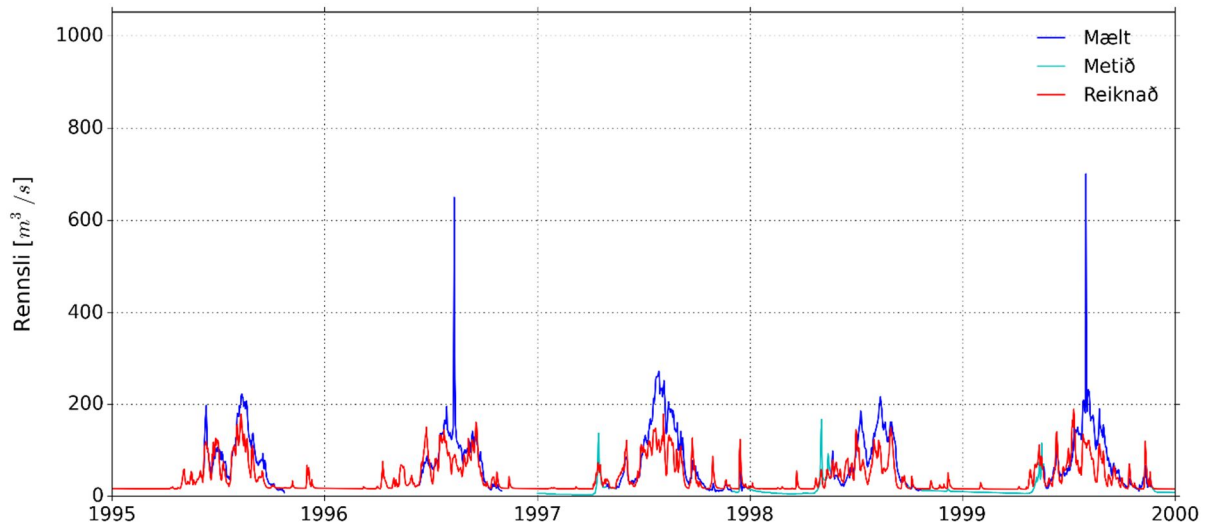
Mynd 83. Mælt og reiknað rennsli í VHM-32 Laxá í Aðaldal.



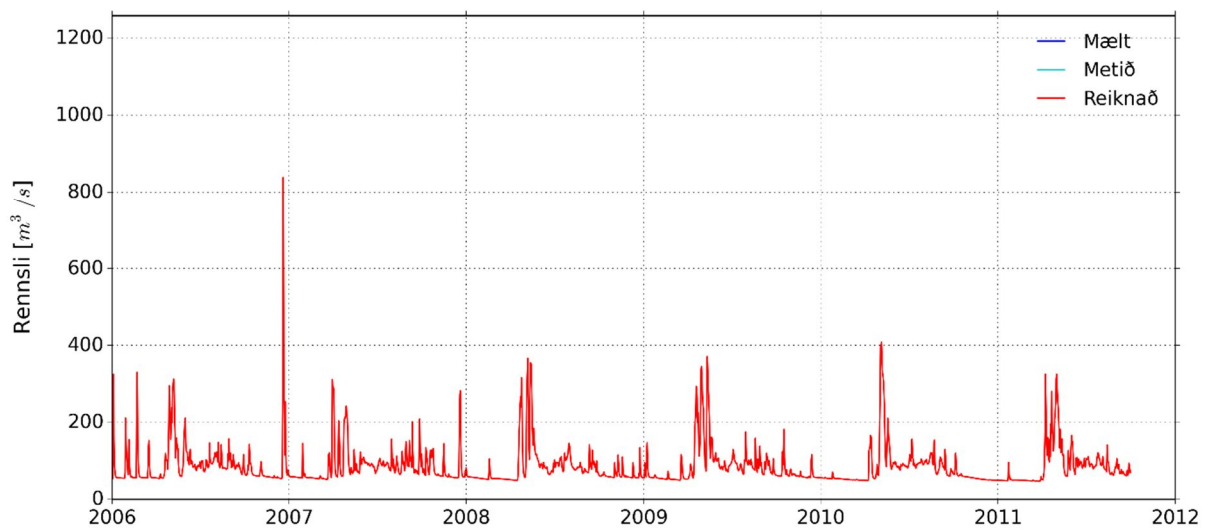
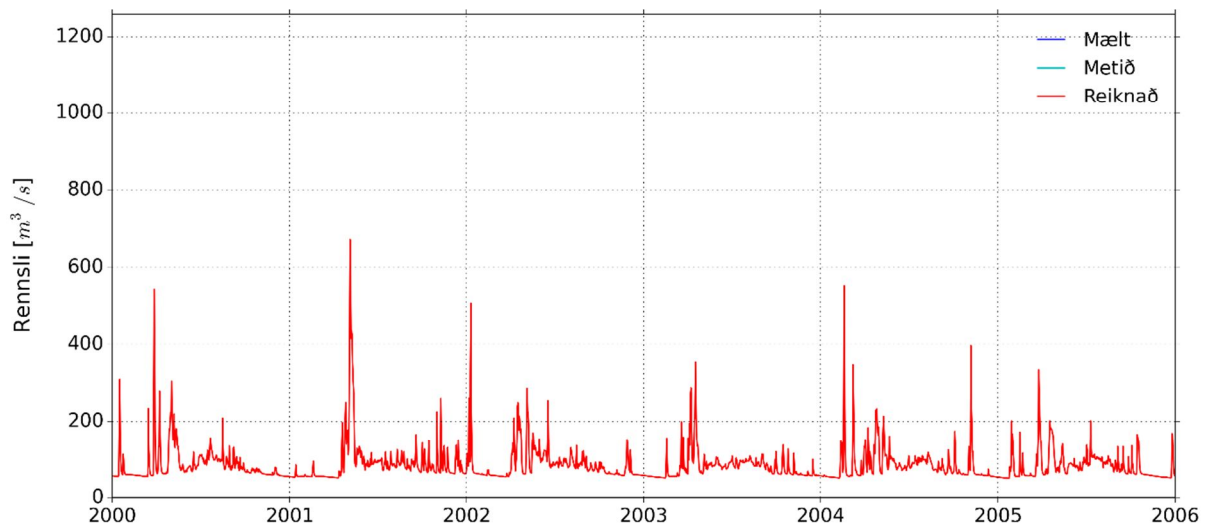
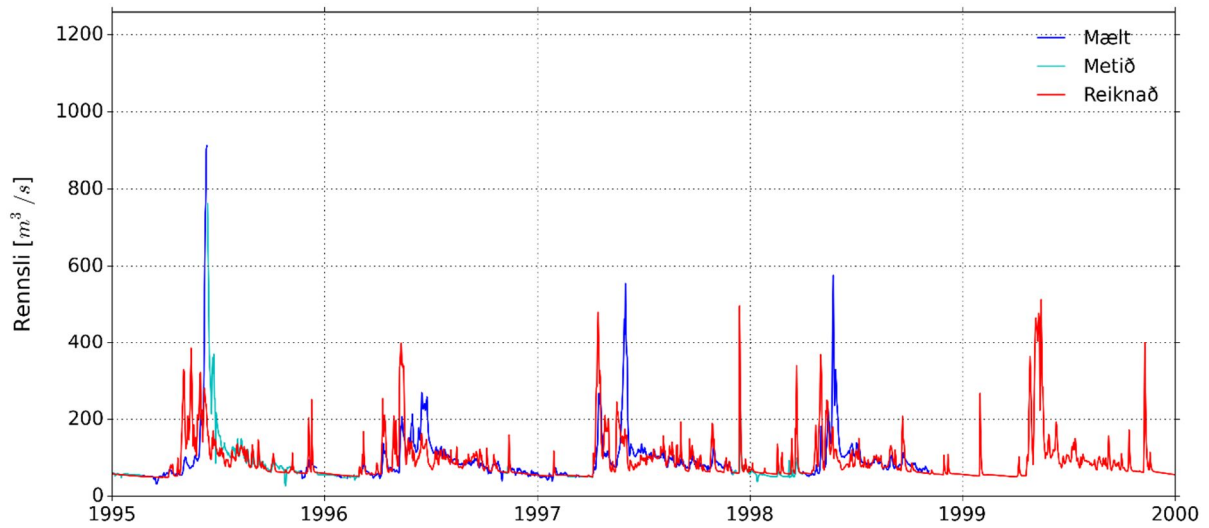
Mynd 84. Mælt og reiknað rennsli í VHM-102 Jökulsá á Fjöllum við Grímstaði.



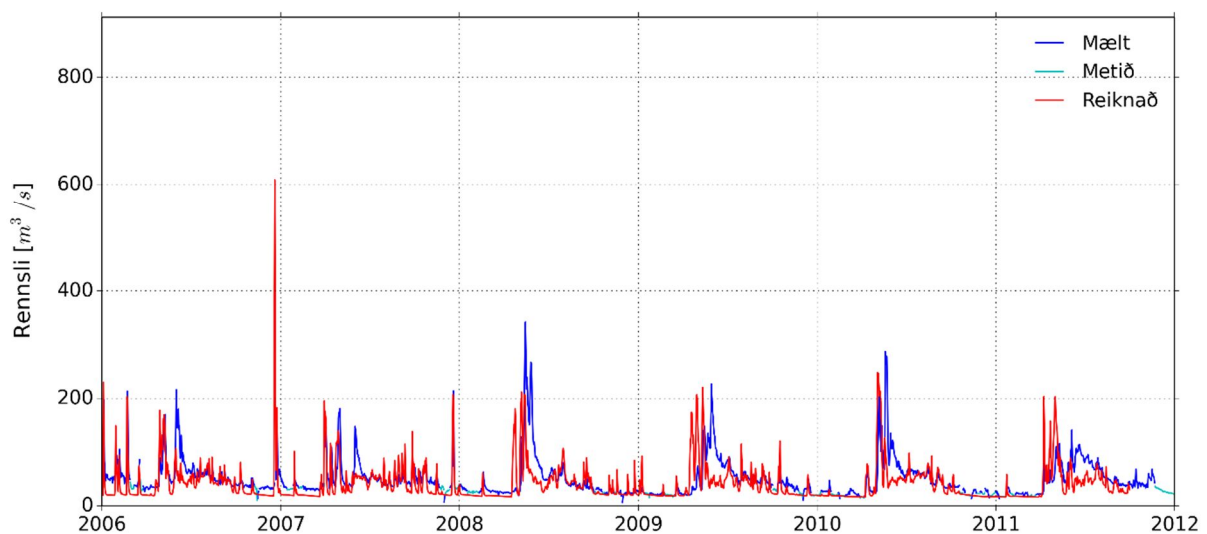
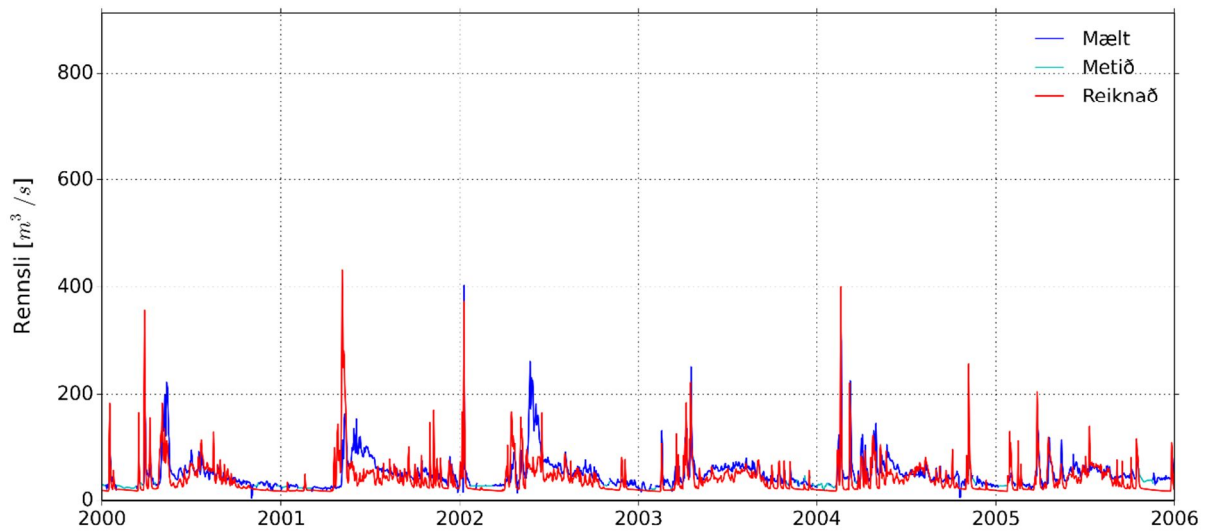
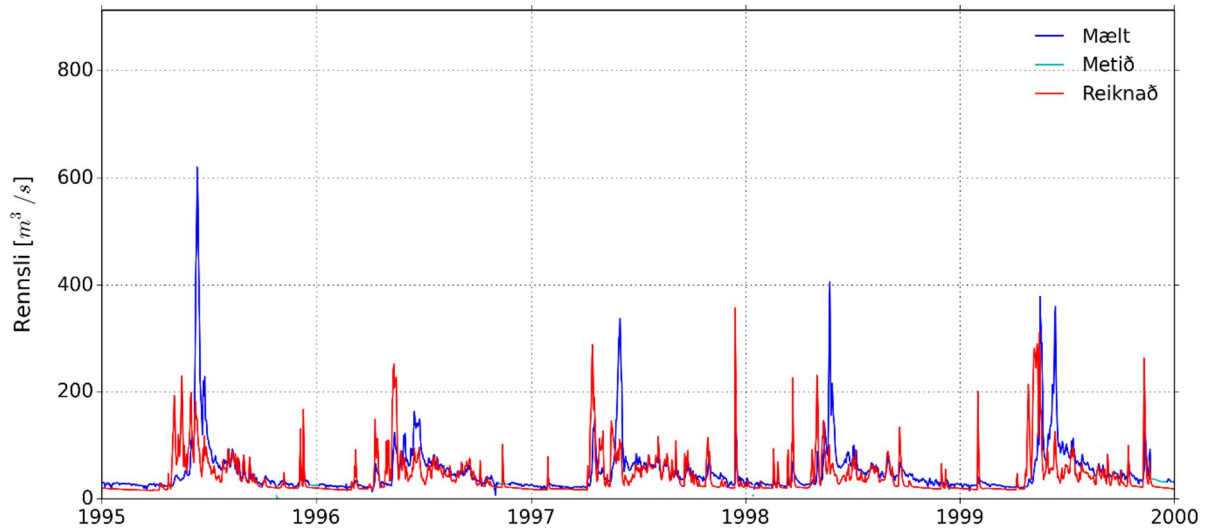
Mynd 85. Mælt og reiknað rennsli í VHM-162 Jökulsá á Fjöllum við Upptýppinga.



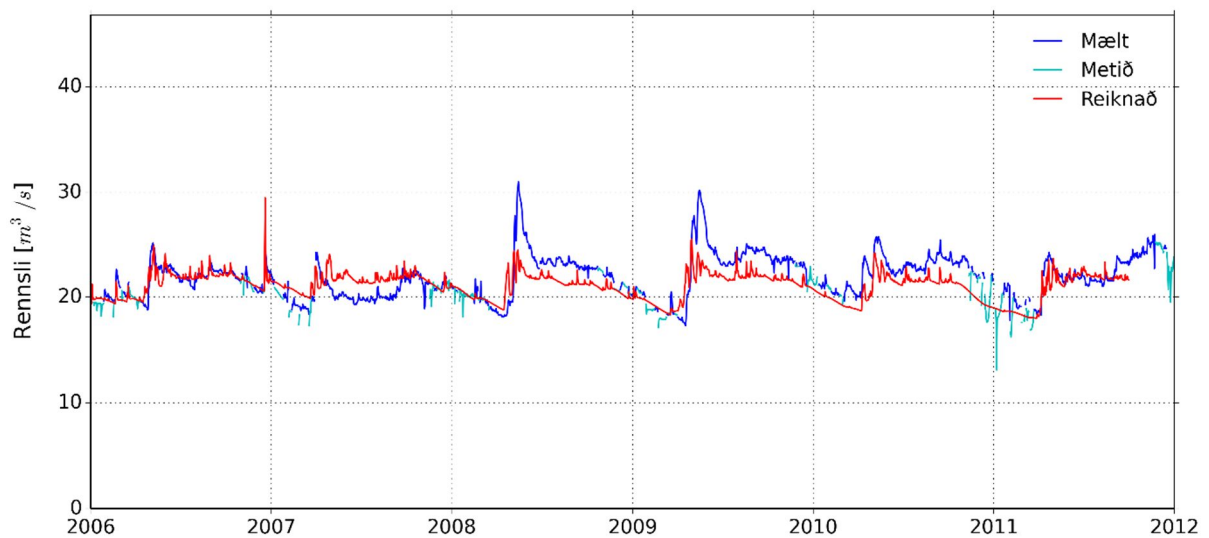
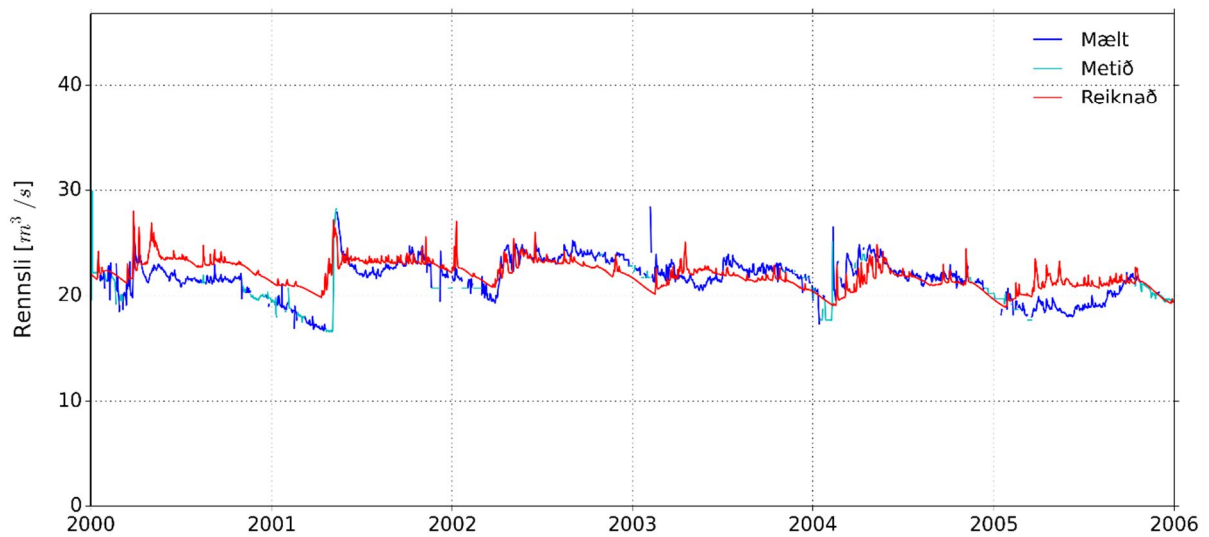
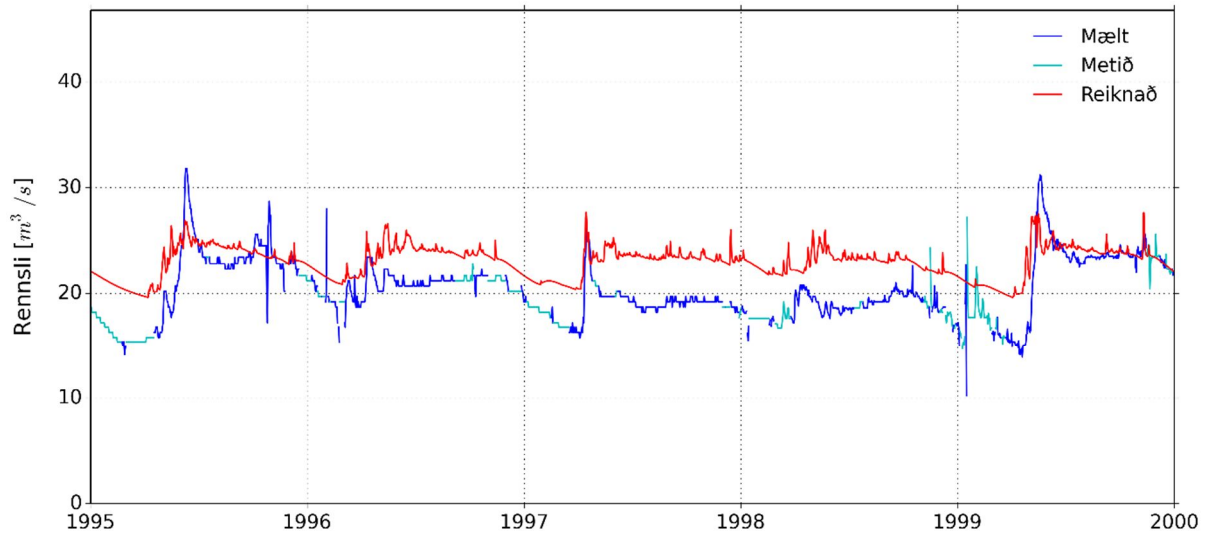
Mynd 86. Mælt og reiknað rennsli í VHM-233 Kreppa við Lónshnjúk.



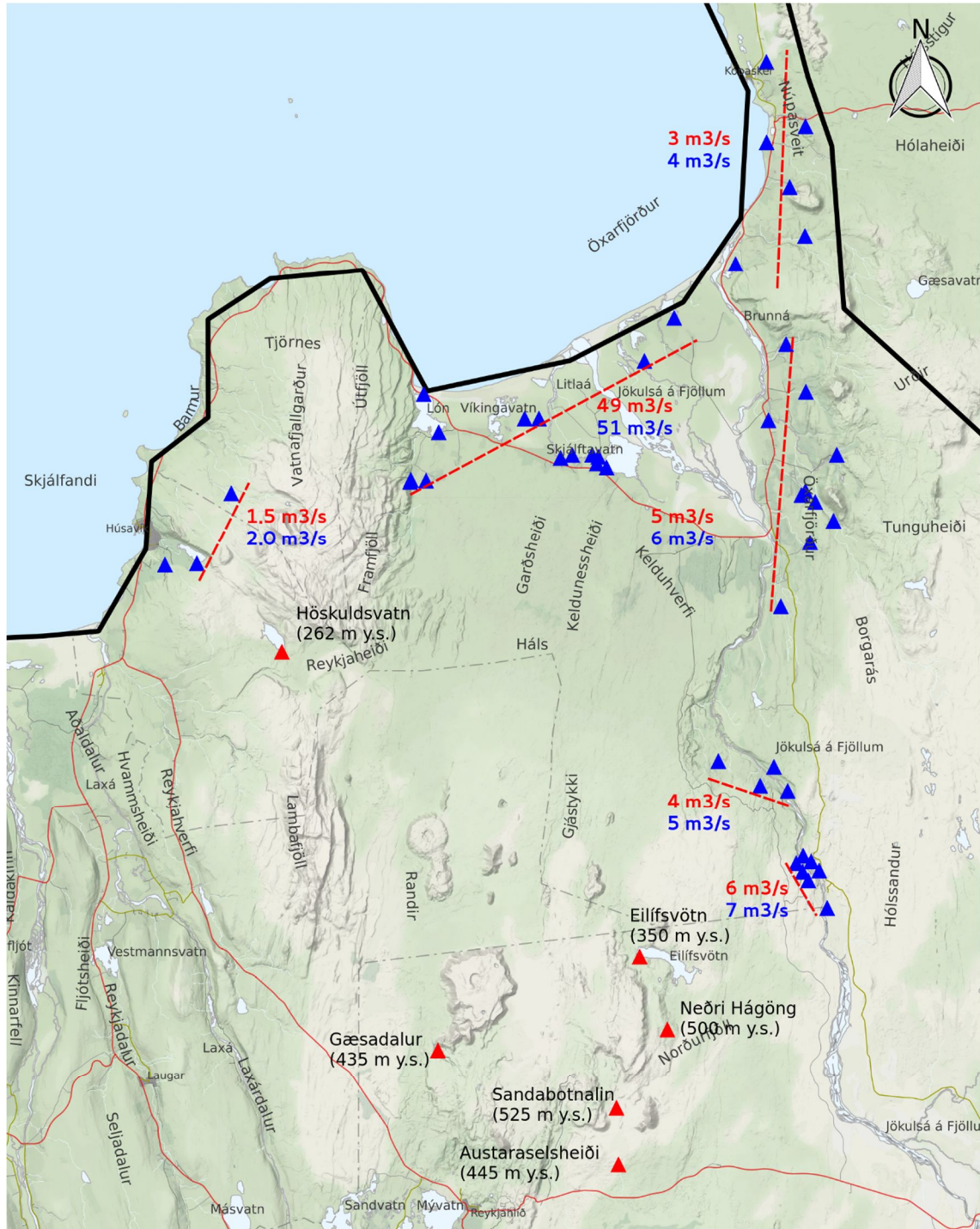
Mynd 87. Mælt og reiknað rennsli í VHM-50 Goðafoss í Skjálfandafljóti.



Mynd 88. Mælt og reiknað rennsli VHM-238 Aldeyjarfoss í Skjálfandafjöti.



Mynd 89. Mælt og reiknað rennsli í VHM-116 í Svartá Bárðardal.



Dags. 10.3.2015
Grunnkort: Loftmyndir ehf.
2 0 2 4 6 8 km

Mynd 90. Mælt og reiknað rennsli í lindum.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

