

**Nesjavellir hermireikningar. Yfirlit og helstu
niðurstöður**

**Benedikt Steingrímsson,
Grímur Björnsson,
Ómar Sigurðsson**

Greinargerð BS-GrB-ÓS-2000-02



NESJAVELLIR HERMIREIKNINGAR. Yfirlit og helstu niðurstöður

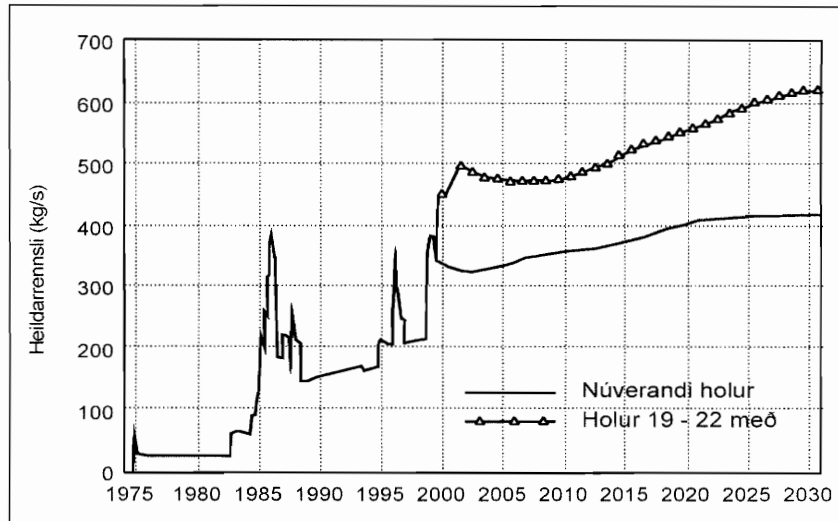
Prívítt reiknilíkan, svonefnt hermilíkan, var þróað fyrir jarðhitakerfið á Nesjavöllum á árabílinu 1984-2000. Líkanið byggir á hugmyndalíkani af jarðhitakerfinu og innri gerð þess, einkum hvað varðar aðstreymi vökva og varma að kerfinu og dreifingu hita og þrýstings. Þá er einnig tekið tillit til rennslisgagna úr borholum og þekktu þrýstibreytinga í kerfinu vegna vinnslu. Reiknilíkanið hefur verið þróað af Guðmundi Böðvarssyni við Lawrence Berkeley National Laboratory í Kaliforníu í nánú samstarfi við sérfræðinga Hitaveitu Reykjavíkur (nú Orkuveitu Reykjavíkur) og Orkustofnunar.

Þróun fyrstu gerðar hermilíkansins og frumniðurstöðum er lýst í skýrslu frá 1987 (Guðmundur Böðvarsson, 1987). Líkanið hermdi strax mjög vel upphafsástand jarðhitakerfisins og vinnslusögu borholnanna fyrstu ár þeirra. Síðan 1987 hefur vinnsla vatns og gufu úr svæðinu verið skráð reglulega og grannt fylgst með því hvernig jarðhitakerfið og borholurnar svara stöðugri vinnslu. Fljótlega kom í ljós að reiknilíkanið frá 1987 spáði meiri breytingum í svæðisþrýstingi, en raun varð á. Í ljósi þessa var líkanið uppfært á árinu 1992. Nauðsynlegt reyndist að breyta rennslieiginleikum líkanins, þótt sjálf grunnbygging þess, reikninetið, væri áfram það sama, enda var hugmyndalíkanið óbreytt (Guðmundur Böðvarsson, 1993). Önnur uppfærsla líkanins var gerð á árinu 1998 og sú þriðja nú í ársbyrjun 2000 (Guðmundur Böðvarsson, 1998; Grímur Björnsson og fleiri, 2000). Í báðum þessum uppfærslum var einungis nauðsynlegt að gera smávægilegar líkanbreytingar.

Vinnu við síðustu uppfærslu Nesjavallalíkanins er nýlokið. Líkanið er í öllum aðalatriðum hið sama og eldri útgáfur, en hermir nú upphafsástand Nesjavalla og öll tiltæk vinnslugögn til ársloka 1999. Hér á eftir verður fjallað um nýjustu niðurstöður hermireikninganna og einkum skoðuð framtíðaviðbrögð svæðisins til ársins 2030 fyrir tvö vinnslutilfelli:

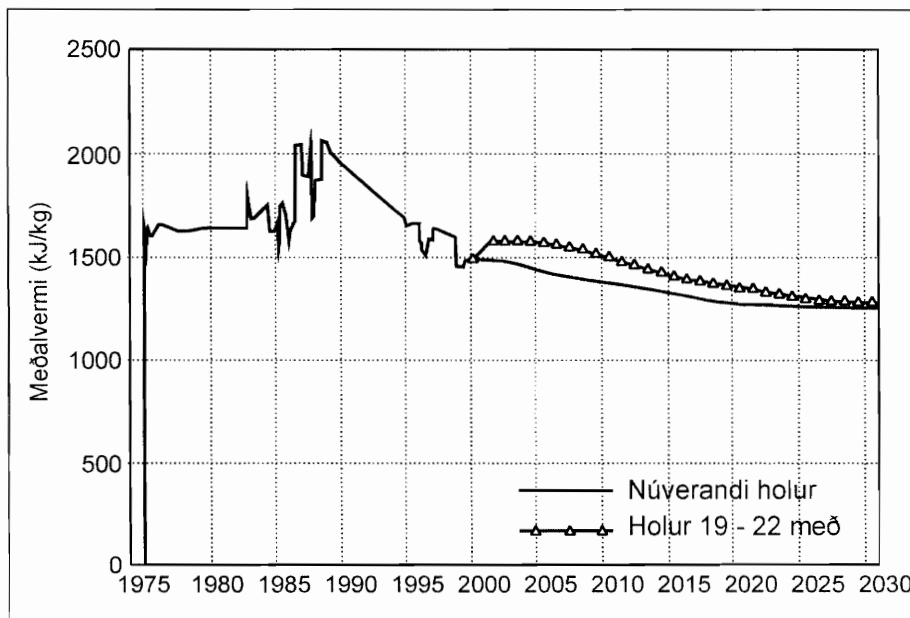
1. Annars vegar spár um svæðisafköst, ef eingöngu verður unnið úr þeim holum sem nú eru tengdar orkuveri (holur 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14 og 16). Á myndum nefnt "*núverandi holur*"
2. Hins vegar spár um svæðisafköst ef holur 19, 20 sem fóru í blástur á árinu 1999 og að holur 21 og 22 fari í blástur um mitt ár 2000 og allar holurnar blási út spátímann. Á myndum nefnt: "*holur 19 - 22 með*".

Mynd 1 sýnir reiknað heildarrennsli í kg/s upp úr öllum holum, bæði reiknaða fortíð og eins spár fram til 2030. Framan af vinnslusögunni eru áberandi toppar kringum árabilið 1985-1987 og síðan 1996 og veldur báðum prófun á borholum og upplýsingasöfnun um afkastagetu svæðisins. Vinnslan stekkur síðan upp haustið 1998 þegar nýja orkuverið fer í gang. Síðan sést í framtíðarspám að heildarrennsli helst stöðugt eða hægvaðandi út spátímann. Hermireikningarnir sýna sígandi svæðisþrýsting út spátímabilið og er niðurdrátturinn í lok spátímans um 2-5 börum lægri ef holur 19-22 blása miðað við núverandi holublástur.



Mynd 1 Reiknað heildarrennsli úr Nesjavallasvæðinu árabilið 1975-2030.

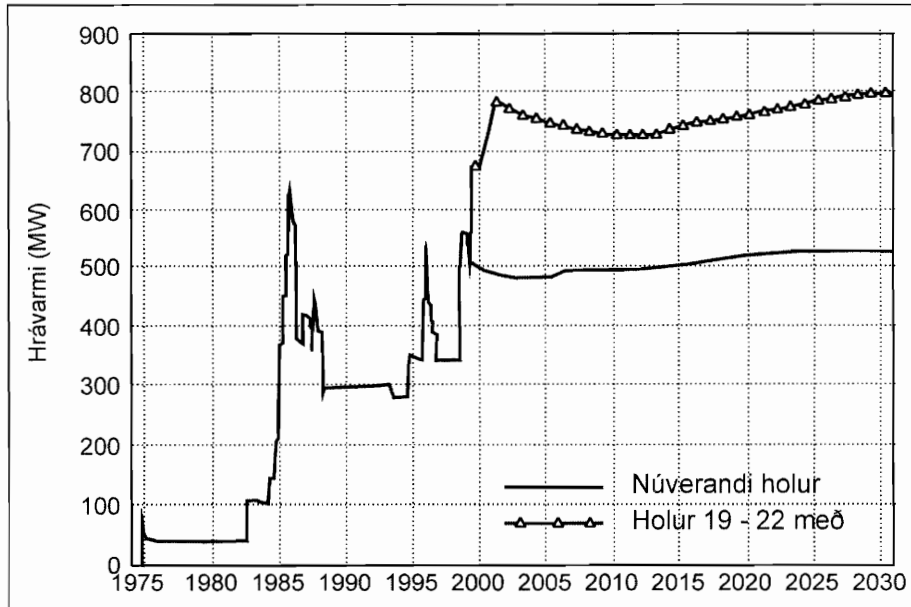
Mynd 2 sýnir meðalvermi reiknaða massaflaumsins á mynd 1. Áberandi eru stökk í vermi upp úr 1985-6 þegar hinar þurru holur 11, 13 og 16 fara að blása. Meðalvermið sígur svo niður á við í samræmi við blotnun þessara holna. Meðalvermið lækkar síðan seint á árinu 1998 þegar blautar holur númer 7 og 14 eru teknar í rekstur. Smáhækkun verður haustið 1999 er hola 19 fer í gang en á móti hamlar svo tiltölulega lágt vermi holu 20. Vermið er síðan furðu líkt milli spátílvikanna, þó almenna reglan sé sú að svæðið hneigist til hærra vermis með aukinni vinnslu. Reiknast meðalvermið í lok spátímans á bilinu 1250-1300 kJ/kg. Það er ígildi 280-300°C vatnshita.



Mynd 2 Reiknað meðalvermi úr Nesjavallasvæðinu árabilið 1975-2030.

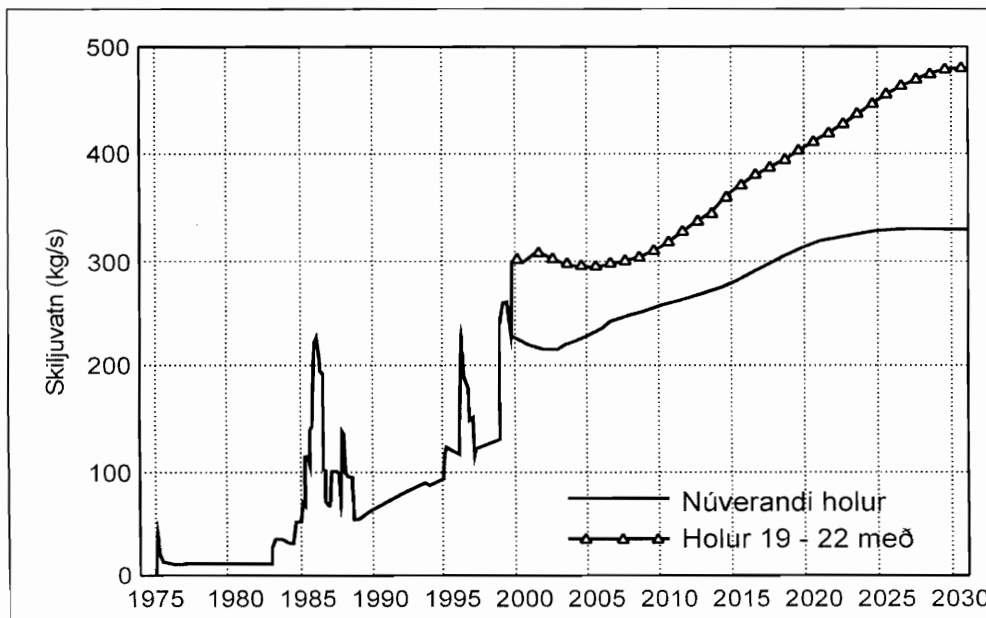
Á mynd 3 hafa svo gögnin á myndum 1 og 2 verið margfölduð saman og þannig reiknuð vinnsla hrávarma úr svæðinu. Hér sýnist almenna reglan að hvort tilvik skilar tiltöluga stöðugum varmastraum upp úr svæðinu. Nota má myndina til að slá á nýtni orkuversins. Er þá gert ráð fyrir að það skili 150-200 MW varma í húshitun og annað hvort 60 eða 90 MW rafmagns. Nýting

upptekins varma verður þá á bilinu 30-50% eftir reikningsaðferð, sem er mjög góð nýtni miðað við jarðvarmavirkjanir almennt.



Mynd 3 Reiknaður hrávarmi upp úr Nesjavallasvæðinu árabilið 1975-2030.

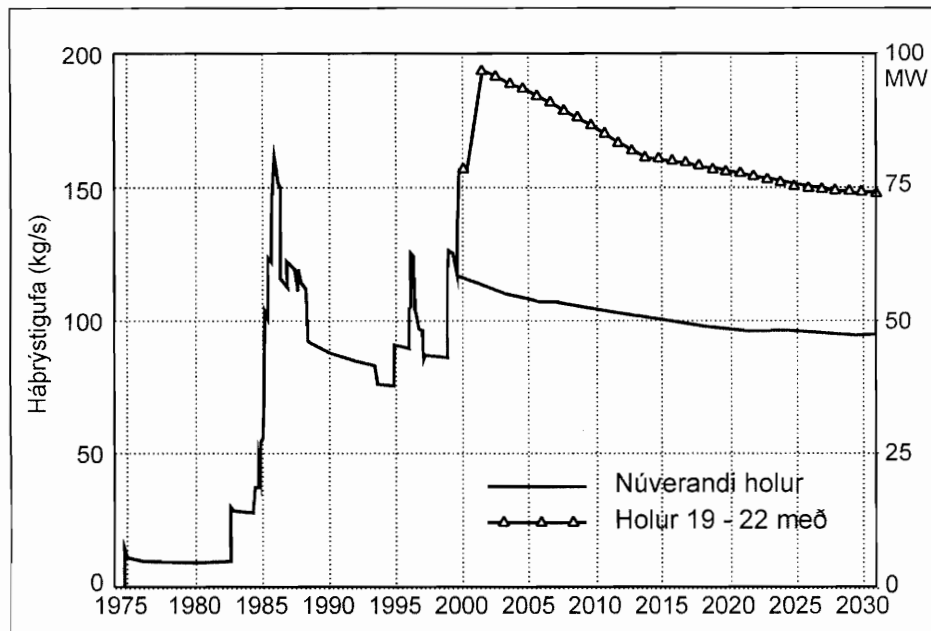
Mynd 4 sýnir reiknað magn skiljuvatns til Nesjavallavirkjunar, miðað við að vatn og gufa séu skilin að við 12 bör. Spárnar sýna að skiljuvatnið eykst með tímanum sem er í samræmi við sígandi meðalvermið á mynd 2. Skiljuvatnið er 190°C heitt og sýnist því vel séð fyrir þörfum hitaveituhluta orkuversins allan spátímann. Mun afkastageta hans fremur aukast en hitt.



Mynd 4 Reiknað rennsli 190° heits skiljuvatns upp úr Nesjavallalíkani árabilið 1975-2030.

Mynd 5 sýnir reiknað streymi háþrýstigufu úr Nesjavallaholum fram til ársins 2030. Spáð rennsli minnkar í öllum tilvikum og er ástæðan sú að rúmmál sjóðandi hluta svæðisins minnkar eftir því

sem tíminn líður. Áfram er miðað við að skiljuþrýstingur sé 12 bör. Á hægri ás myndarinnar er svo sýnd áætluð rafmagnsframleiðsla miðað við að 2 kg/s háþrýstigufu þurfi til framleiðslu hvers MW.



Mynd 5 Reiknað rennsli háþrýstigufu upp úr Nesjavallalíkani árabilið 1975-2030.

Samkvæmt spánni nægir að tengja holur 19 og 20 við orkuverið svo núverandi orkuframleiðsla haldist allan spátímann. Eins að ef holurnar sem bora á í ár, holur 21 og 22, hitta í meðallekar æðar, duga þær með fyrri holum til að standa undir 90 MW raforkuframleiðslu í upphafi. Síðar á spátímanum verði hins vegar að bæta við 2-3 meðalholum. Hér er enn í gangi ákveðin bjartsýni um holufjölda og verður að gera ákveðinn fyrirvara um núverandi spár, að frumstæð aðferð er notuð til að meta innrennsli í borholur. Því er sá holufjöldi sem stendur undir spánum á myndum 1-5 vanmat og er gert ráð fyrir að bæta þurfi við fleiri holum á næstu 30 árum til að sjá við þeirri rýrnun. Í allt er spáð að 5-6 viðbótarholur þurfi á næstu 30 árum til að halda 90 MW raforkuframleiðslu og samsvarandi varmavinnslu.

Helstu niðurstöður af endurkvörðun reiknilíkans Nesjavalla og spár um afkastagetu jarðhitasvæðisins, eru eftirfarandi:

- Núverandi Nesjavallalíkan er í höfuðatriðum það sama og fyrri reiknilíkön af svæðinu. Það hermir að jafnaði vel upphafshita- og þrýsting Nesjavalla, mælt rennsli og vermi holna og auk þess mældan niðurdrátt fram til janúar 2000. Frá þessu eru að sjálfsögðu undantekningar. Oftast sökum þess að ekki hefur tekist að fylgja nákvæmlega skammtíma sveiflum í rennsli og vermi. Þessi frávik eru talin hafa óveruleg áhrif á langtímaspár.
- Gerðar hafa verið spár um áhrif vinnslu á svæðið fram til ársins 2030. Er þá miðað tvö tilvik: 1) að þær holur sem nú eru tengdar orkuverinu blási einar út spátímann, 2) að holur 19 og 20 frá 1999 og holur 21 og 22, sem bora á nú í sumar, blási jafnframt allan tímann.
- Almennt skilar hvort spátílvik tiltölulega jöfnum orkustraum fram til 2030, en meðalvermi vinnsluholna mun hins vegar síga niður á við. Fellur það úr núverandi u.þ.b. 1500 kJ/kg í 1250-1300 kJ/kg árið 2030. Þessi dölun mun koma fram í minnkandi magni háþrýstigufu með tímanum, en hægvoxandi magni 190°C heits skiljuvatns. Áframhaldandi keyrsla núverandi 200

MW varmaorkuvers samhliða 60-90 MW raforkuframleiðslu, skilar því gnægri orku til upphitunar á köldu vatni til hitaveitu, meðan lækkandi vermi er rafmagnsframleiðslunni í óhag, til lengri tíma litið.

- Þá sýnist sem tenging holna 19 og 20 við orkuver nægi til áframhaldandi reksturs þess fram til ársins 2030 a.m.k. Stækkun í 90 MW rafmagns útheimtir borun holna 21 og 22 árið 2000, og síðan 5-6 viðbótarholur fram til ársins 2030 vegna þrýstilækkunar og kælingar í svæðinu.

Í heild sýnist því sem jarðhitageymir Nesjavalla þoli vel að rafmagnsframleiðsla þar verði aukin í 90 MW auk þeirra a.m.k. 200 MW sem framleiða má í varmaorkuverinu. Þrýstingur fellur hægt í svæðinu og eykst niðurdráttur einungis um 2-5 börum verði virkjunin stækkuð í 90 MW. Þá er ljóst að svæðið dugar áfram vel til heitavatnsframleiðslu eftir árið 2030, meðan meiri óvissa ríkir um rafmagnshlutann vegna minnkandi hlutfalls háþrýstigufu með tímanum og kælingar í útjörðum svæðisins. Þá getur lækkað meðalvermi holna leitt til þess að lækka verði skiljuþrýsting á spátímanum.

Heimildir:

Grímur Björnsson, Ómar Sigurðsson, Guðmundur Böðvarsson og Benedikt Steingrímsson, 2000. Nesjavellir – Endurkvarðað reiknilíkan og spár um ástand jarðhitakerfis við aukna vinnslu. Orkustofnun OS-2000/017. Skýrsla til Orkuveitu Reykjavíkur.

Guðmundur Böðvarsson, 1987: Líkanreikningar fyrir jarðhitakerfi Nesjavalla. I. The Nesjavellir geothermal field, Iceland. Skýrsla til Hitaveitu Reykjavíkur.

Guðmundur Böðvarsson, 1993: Recalibration of the three-dimensional model of the Nesjavellir geothermal field. Skýrsla til Hitaveitu Reykjavíkur.

Guðmundur Böðvarsson, 1998: Update of the three-dimensional model of the Nesjavellir geothermal field – The 1998 model. Skýrsla til Orkuveitu Reykjavíkur.

Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Ómar Sigurðsson