

Áhrif niðurdælingar í holu KG-26, Kröflu. Spá
reiknilíkans um breytingar

Ómar Sigurðsson

Greinargerð Ómar-2001-05



ÁHRIF NIÐURDÆLINGAR Í HOLU KG-26, KRÖFLU Spá reiknilíkans um breytingar

INNGANGUR

Kröfluvirkjun ráðgerðir að dæla niður skiljuvatni frá lágþrýstingsþrepi í holu KG-26. Hola KG-26 er vestan til á Leirbotna svæðinu nálægt svokölluðu "Auga við veg" eða nánar tiltekið í hlíðinni þar sem vegurinn liggur upp úr Hlíðardal og upp á sléttuna milli Leirhnjúks og Kröflu. Holan var boruð í tveimur áföngum í 2127 m á árinu 1991 og fððruð niður á 1200 m. Helstu vatnsæðar holunnar eru taldar vera á bilinu 1700 m og niður að botni holunnar. Niðurdæling hefur verið reynd áður í holu KG-26, en á árunum 1992-1996 var dælt í holuna vatni úr borlóni, ferskvatni og skiljuvatni frá holu KG-24 (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 2001). Við niðurdælinguna stífluðust botnæðar holu KJ-26 og holan grynkaði í tæpa 2000 m. Vegna stíflunar dýpstu vatnsæðanna getur vatnsæð á tæpum 1400 m haft meiri áhrif á hegðun holunnar nú.

Á árunum 1997-1999 var unnið að gerð reiknilíkans af vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar (Grímur Björnsson o.fl., 1997, Grímur Björnsson og Ómar Sigurðsson, 1999). Reiknilíkaninu var ætlað að herma hita- og þrýstingsástand í vinnslusvæðunum við upphaf vinnslu og síðan að líkja eftir vinnslusögu einstakra borholna. Fyrri hluta árs 1999 var til líkan sem hermdi hita og þrýsting í jarðhitakerfunum og gat líkt vel eftir vinnslusögu all flestra holnana sem boraðar höfðu verið á Kröflusvæðinu fram að þeim tíma. Þetta reiknilíkan var notað hér til að fá hugmynd um breytingar á hita- og þrýstingsástandi í jarðhitakerfinu vegna mismikillar niðurdælingar í holu KG-26.

REIKNILÍKAN

Fyrri hluta árs 1999 var að mestu lokið gerð reiknilíkans af jarðhitakerfunum sem Kröfluvirkjun nýtir. Reiknilíkanið nær yfir austur helming Kröfluðskjunnar, en þar eru vinnslusvæðin Leirbotnar, Suðurhlíðar og Hvíthólar. Reiknilíkanið er svokallað þrívítt kubbalíkan. Líkanið er gert af átta lágréttum lögum sem síðan er skipt niður í smærri lóðréttar einingar sem kallaðar eru kubbar. Kubbarirnir eru minnstir og flestir inni á vinnslusvæðunum en verða stærri og færri utan þeirra. Eiginleikar hvers kubbs geta verið breytilegir, en í líkaninu er notast við 25 aðalgerðir fyrir bergeiginleikana lekt, grop, varmarýmd o.s.frv. Alls eru um 5500 kubbar í líkaninu sem setur það í flokk með stærstu reiknilíkönnum af jarðhitasvæðum í heiminum. Varðveislujöfnur orku og massa eru leystar fyrir hvern kubb með reikniforritinu TOUGH2.

Frá árinu 1999 eru til keyrslur reiknilíkansins sem má nota sem upphafsástand til að meta áhrif af niðurdælingu til jarðhitakerfanna í holu KG-26. Valin var ein af síðustu keyrslunum sem gerðar voru í maí 1999 og líkir keyrslan eftir vinnslusögu holnana til áramóta 1999/2000. Útkoma þessarar keyrslu er notuð sem upphafsástand fyrir þá athugun sem lýst er í næsta kafla. Síðan reiknilíkanið var síðast keyrt árið 1999 hafu holur 33 og 34 bætst við vinnsluholur Kröfluvirkjunar. Staðsetningu þessara holna var bætt inn í líkanið. Ekki var reynt að stilla vinnslu þeirra af, en notaðir eiginleikar sem settir höfðu verið á holu 32 í líkaninu. Upphaf niðurdælingar í holu KG-26 var sett við áramótin 2000, en ekki er talið að heildarniðurstöðurnar um áhrif niðurdælingarinnar breytist mikið yfir 30 ára reiknitímabil þó niðurdælingin hefjist í raun ári seinna.

SPÁREIKNINGAR FYRIR NIÐURDÆLINGU

Eins og áður hefur komið fram var upphaf spátímabilsins sett við áramótin 1999 til 2000. Þannig var hægt að notast við upphafsástand í jarðhitakerfunum frá hermireikningum af vinnslusögu Kröfluvirkjunar frá árinu 1999. Í reynd hefur eitt ár bætst við þá vinnslusögu og er aðalbreytingin sú að holur 33 og 34 hafa bætst í hóp vinnsluholnana. Báðar eru holurnar gjöfular vinnsluholur, þannig að vinnslustýringin sem gert var ráð fyrir 1999 getur hafa breyst. Ekki var eitt tíma í að reyna að stilla rennsli holna 33 og 34 inn á raun vinnslu fyrir árið 2000, heldur voru holunum gefnir svipaðir vinnslueiginleikar og hola 32 hafði fyrir í líkaninu. Þetta gerði það að massavinnslan úr holu 34 varð um tvöfalt meiri en hún í raun er. Þetta gæti haft smávægileg neikvæð áhrif á niðurstöður spáreikninga og niðurstöður þannig í reynd eitthvað betri en reikningar bentu til.

Fyrir 60 MW_e raforkuframleiðslu er miðað við að virkjunin þurfi 126 kg/s af háþrýstigufu. Til að taka tillit til að við hermun vinnslusögunar náðist ekki að herma vermi úr holum 14, 20 og 21 nógu vel er reynt að leiðrétta fyrir því með því að láta 118 kg/s af háþrýstigufu frá skiljustöð duga til framleiðslu 60 MW_e. Þar sem spáreikningar hefjast við upphaf árs 2000 eru holur 33 og 34 láttnar bætast við þegar háþrýstigufan fellur undir 118 kg/s milli reikniskrefa. Þetta þýðir að vinnsla hefst úr holu 33 strax á árinu 2000, en vinnsla úr holu 34 kemur inn síðar þegar aukinnar gufu er þörf.

Spáreikningar voru gerðir fyrir þrjú tilfelli sem voru:

- Engin niðurdæling og núverandi vinnsluholur nýttar næstu 30 árin.
- Niðurdæling 20 kg/s af um 115 °C heitu skiljuvatni í holu KG-26 í 30 ár.
- Niðurdæling 50 kg/s af um 115 °C heitu skiljuvatni í holu KG-26 í 30 ár.

Vinnsluholurnar sem eru nýttar á spátímabilinu eru holur 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16a, 17, 19, 20, 21, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 og 34. Niðurdælingunni í holu KG-26 er skipt jafnt á neðstu lögin í líkaninu (lög G og H) sem svarar til 1600-2200 m dýpis í jarðhitakerfinu og er þar reiknað með að helstu vatnsæðar holunnar taki við niðurdælingarvökvanum. Niðurstöður spáreikninganna eru sýndar á myndum 1 til 7. Myndir 1 til 3 sýna gufuhluta, hita og þrýsting í lagi H í reiknilíkaninu (á um 2050 m dýpi) fyrir hvert tilfelli í lok 30 ára spátímabilsins. Með því að bera myndirnar saman má sjá hver helsta breytingin er milli einstakra tilfella. Þannig sést að þrýstingur í jarðhitakerfinu við holu KG-26 hækkar um tæp 10 bar við 20 kg/s niðurdælingu og um rúm 20 bar fyrir 50 kg/s niðurdælingu. Þrýstingshækkunin nær aðallega til vesturs þar sem jarðhitakerfið er í vatnsfasa. Þá sést að kælingin breiðist nokkuð jafnt í allar áttir út frá holu KG-26 og nær austur fyrir holur 11 og 24 fyrir 20 kg/s niðurdælingu og austur að vegslóða upp að holum 27, 7, 5 og fleirum fyrir 50 kg/s niðurdælingu. Vegna þrýstingshækkunar og kælingar þéttist gufa í jarðhitakerfinu í nágrenni holu KG-26 og jarðhitakerfið fer í vatnsfasa þar. Vermi holu 11 lækkar vegna niðurdælingarinnar en einnig lækkar vermi holu 29 og hugsanlega holu 15 síðar á tímabilinu, en áhrif virðast lítil í holu 27.

Myndir 4 til 6 sýna svo nokkrar vinnslustærðir eins og þær myndu mælast í skiljustöð yfir spátímabilið, en á mynd 7 hefur varmaorkunni sem dælt er niður í holu KG-26 verið dregin frá varmaorkunni eins og ætti að mælast í skiljustöð. Mynd 4 sýnir heildar massarennslíð frá vinnsluholunum. Vinnsla frá holu 33 byrjar við upphaf spátímabilsins og vinnsla úr holu 34 hefst rúmu ári seinna eins og sést greinilega á myndinni. Einnig sést að heildarrennslið eykst um allt að 20 kg/s og 40 kg/s vegna niðurdælingarinnar. Mynd 5 sýnir svo háþrýstigufuna sem fæst úr heildarrennslinu. Þar sést að niðurdæling 20 kg/s hefur lítil áhrif á gufuvinnsluna fyrr en eftir um 17 ár. Gufuvinnslan eykst hins vegar örlítið snemma á spátímabilinu fyrir 50 kg/s niðurdælingu. Ef vinnslu yrði háttáð eins og mynd 5 sýnir þyrfti að bæta við nýrri holu eftir um 16 ár fyrir tilfellið án niðurdælingar. Niðurdæling 20 kg/s lengir þann tíma um rúmt ár og niðurdæling 50 kg/s lengir tímann upp í 19 ár. Í reynd yrði vinnslunni háttáð eitthvað öðruvísi eða þannig að meðan sem mest gufa fæst úr holu 34 yrði eitthvað af hinum vinnsluholunum hvíldar. Þannig ættu núverandi vinnsluholur að duga fyrir framleiðslu 60 MW_e næstu 30 árin.

Mynd 6 sýnir varmaorkuvinnsluna, en það er margfeldi af massatöku og vermi vökvans. Á mynd 7 hefur verið dregin frá varmaorkan sem skilað er til baka til jarðhitakerfana með niðurdælingunni í holu KG-26. Þannig sést að aukning í varmaorkuvinnslu er óveruleg og gerist aðallega á síðari helmingi spátímabilsins.

SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður spáreikninga með reiknilíkani af jarðhitakerfum vinnslusvæða Kröfluvirkjunar gera ráð fyrir því að niðurdælingin fari til djúp æðana í holu KG-26. Reiknað er fyrir niðurdælingu af 20 kg/s og 50 kg/s af um 115 °C heitu skiljuvatni yfir 30 ára tímabil.

- Kæling vegna niðurdælingarinnar dreifist jafnt umhverfis holu KG-26 og nær geisli hennar austur fyrir holu 11 fyrir fyrra tilfellið og austur að vegslóða að holum 27, 5 og fleirum fyrir síðara tilfellið.
- Þrýstingur hækkar næst holu KG-26 og vestur af henni, en getur lækkað aðeins inni á vinnslusvæði Leirbotna (neðra kerfi) vegna minni suðu.
- Hækkun þrýstings og kæling veldur því að suða hættir í næsta nágrenni við holu KG-26.
- Áhrifin koma aðallega fram hjá holum 11 og 29, en hjá holu 15 síðar á spátímabilinu.
- Vinnsla háþrýstigufu eykst lítið vegna 20 kg/s niðurdælingar, en örlítill aukning verður snemma á spátímabilinu fyrir 50 kg/s niðurdælingu.
- Óveruleg aukning í nettó vinnslu varmaorku verður á spátímabilinu.

HEIMILDIR

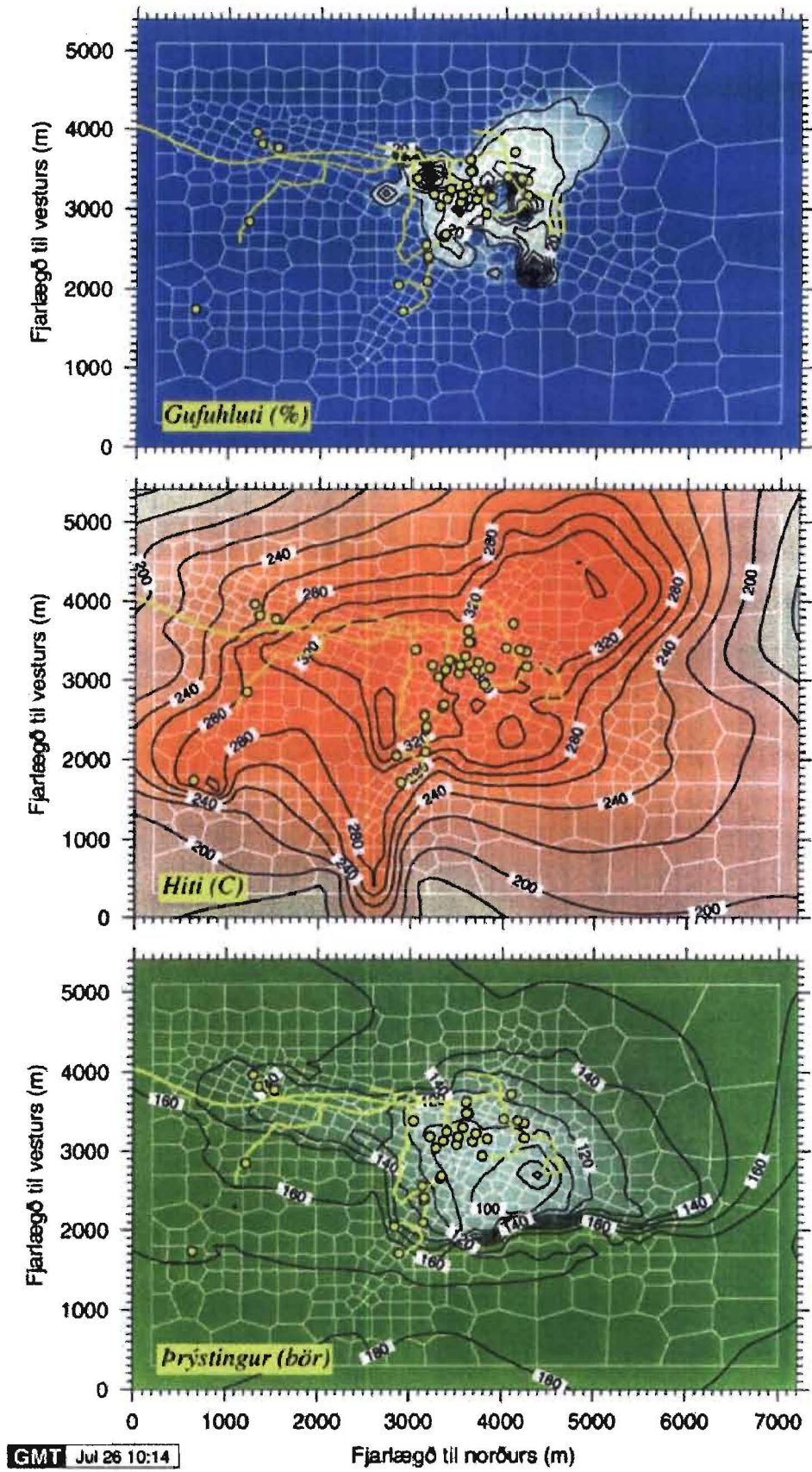
Ásgrímur Guðmundsson, Ómar Sigurðsson og Benedikt Steingrímsson, 2001: Krafla. Niðurdæling í holu KG-26. Greinargerð Orkustofnunar ÁsG-Ómar-BS, 2001/04. 13s.

Grímur Björnsson, Guðmundur S. Bödvarsson, Helga Tulinius, Ómar Sigurðsson og Sigvaldi Thordarson, 1997: Áhrif nýborana á suðurhlíðar Kröflu. Skýrsla Orkustofnunar, OS-97027, 106s.

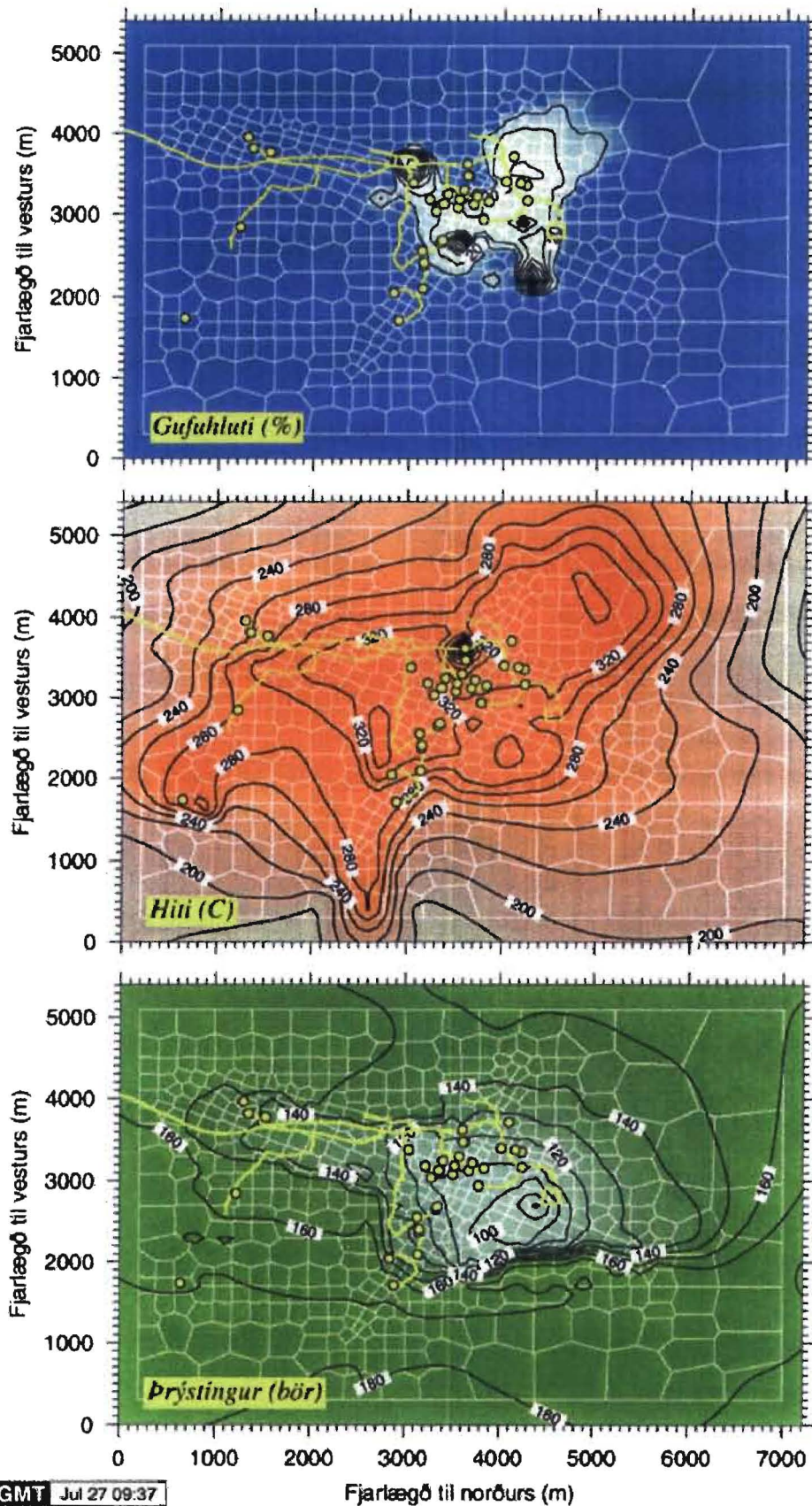
Grímur Björnsson og Ómar Sigurðsson, 1999: Þrívítt reiknilíkan af Kröflusvæðinu staða og horfur í janúar 1999. Greinargerð Orkustofnunar GrB-Ómar, 1999/02.

Reykjavík 1. ágúst 2001

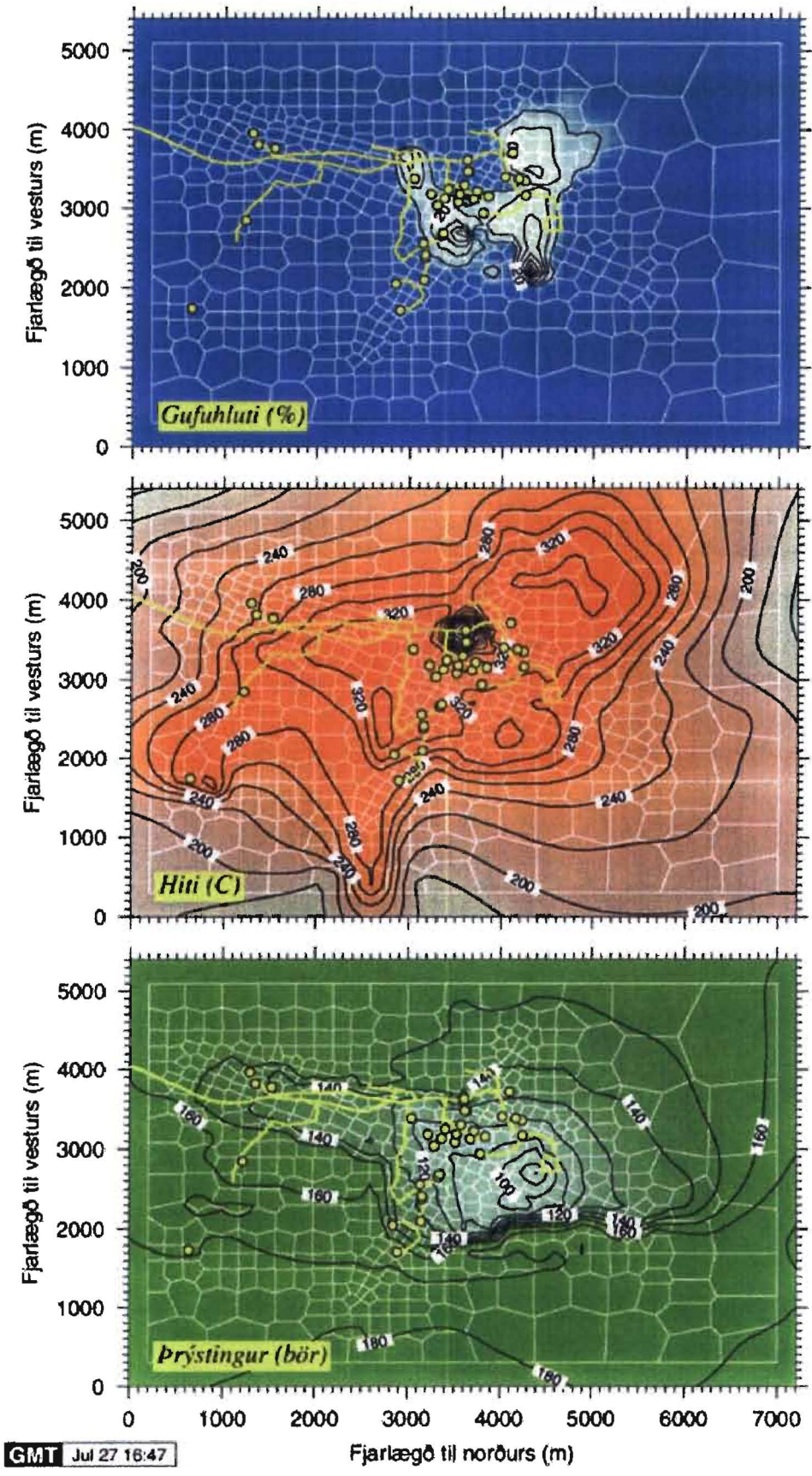
Ómar Sigurðsson



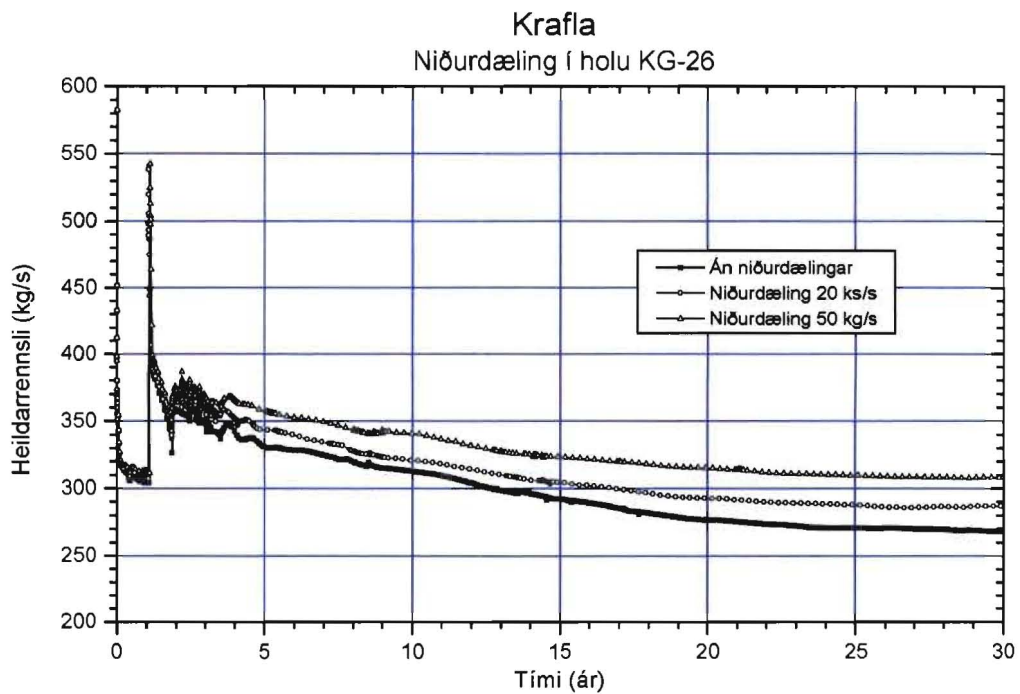
Mynd 1. Gufuhluti, hiti og þrýstingur í lagi H án niðurdælingar í holu KG-26.



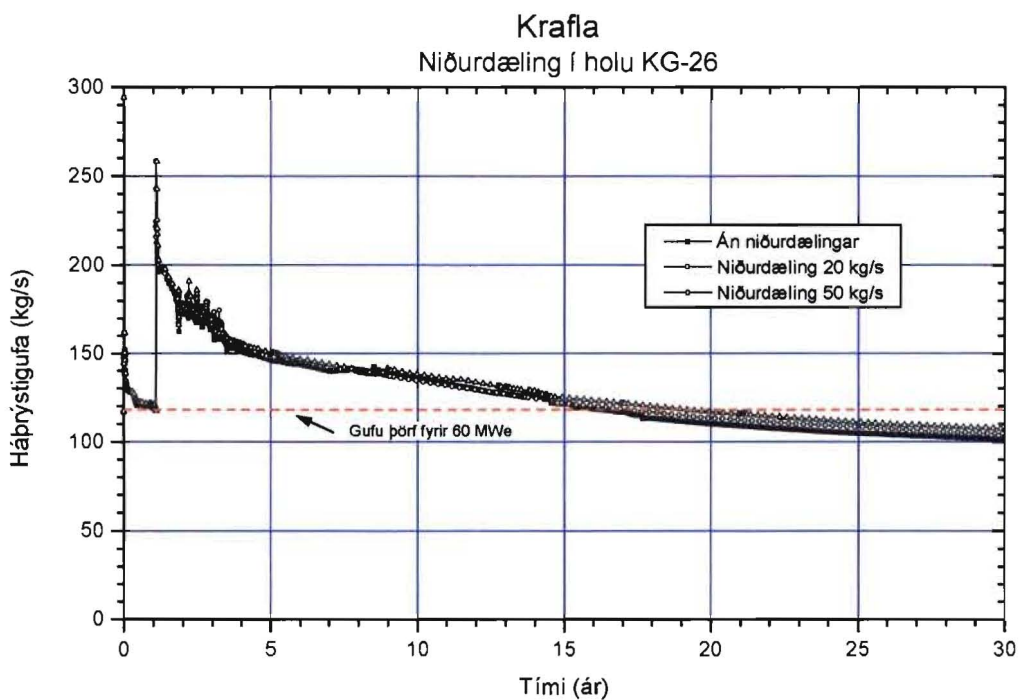
Mynd 2. Gufuhluti, hiti og þrýstingur í lagi H með 20 kg/s niðurdælingu í holu KG-26.



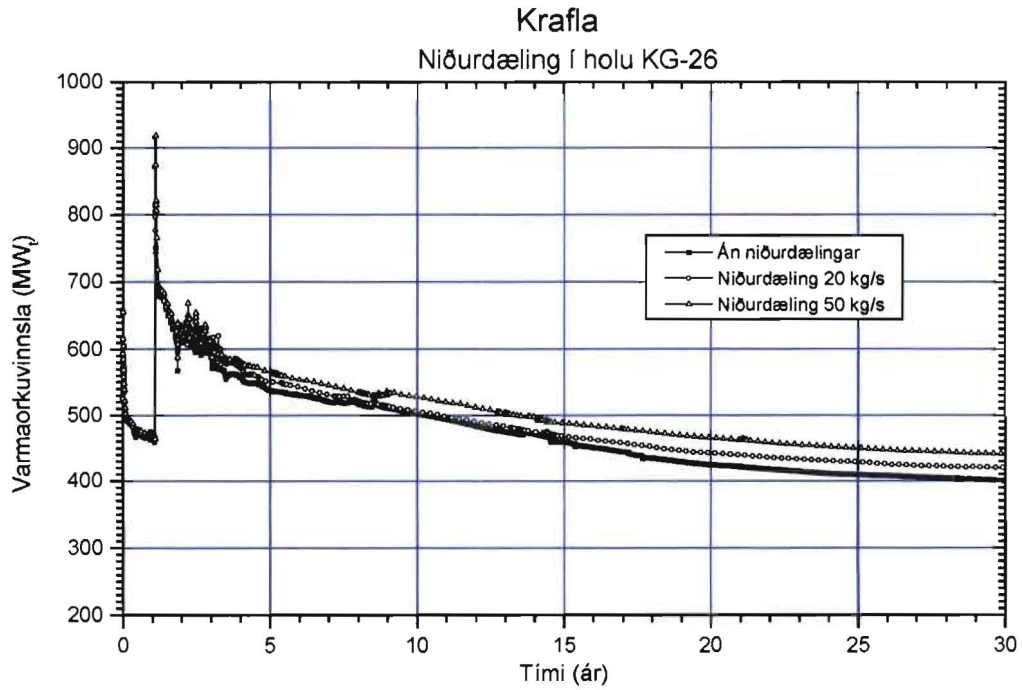
Mynd 3. Gufuhluti, hiti og þrýstingur í lagi H með 50 kg/s niðurdælingu í holu KG-26.



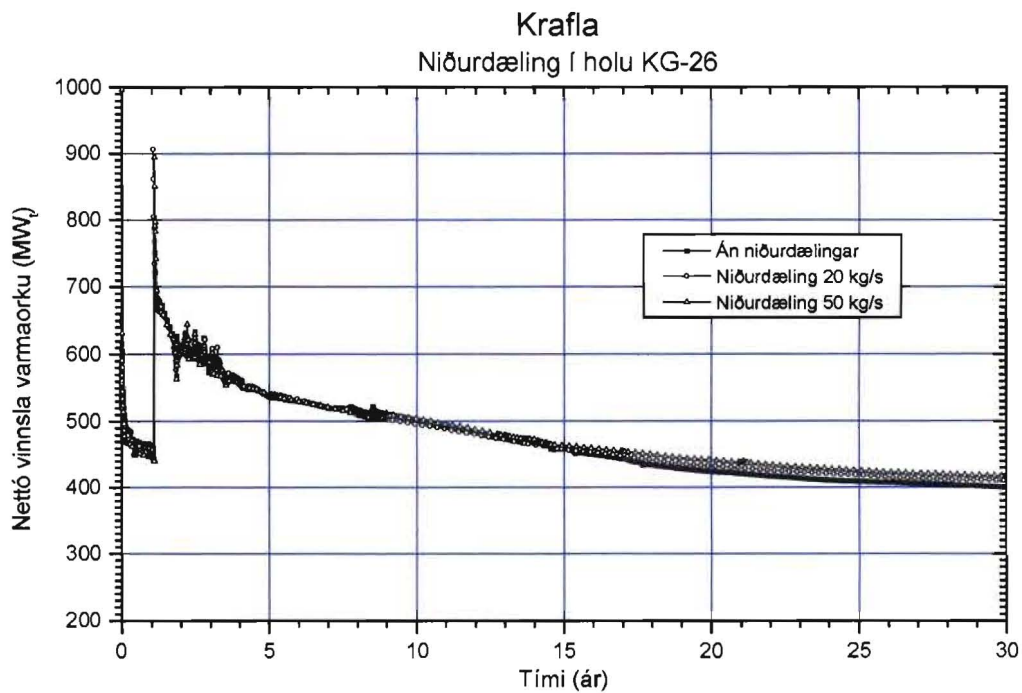
Mynd 4. Heildarvinnsla úr vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar á 30 ára spátímabili.



Mynd 5. Vinnsla háþrýstingufa við skiljustöð á 30 ára spátímabili.



Mynd 6. Heildar vinnsla varmaorku úr jarðhitakerfum Kröfluvirkjunar á 30 ára spátímabili.



Mynd 7. Nettó vinnsla varmaorku úr jarðhitakerfum Kröfluvirkjunar á 30 ára spátímabili.