

Reykjanesbær  
Tjarnargötu 12  
230 REYKJANESBÆReykjavík, 31. október 2022  
Tilvísun: OS2022060028/50.4.3  
Verknúmer: 3090000**Efni: Beiðni um umsögn um umsókn um nýtingarleyfi á jarðhita á Reykjanesi**

Orkustofnun hefur mótttekið meðfylgjandi umsókn HS Orku hf., kt. 680475-0169, dags. 15. júní sl., þar sem á grundvelli laga um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu, nr. 57/1998, er sótt um leyfi til nýtingar á jarðhita á Reykjanesi.

Samkvæmt 2. mgr. 6. gr. laga nr. 57/1998, felur nýtingarleyfi í sér heimild til handa leyfishafa til að vinna úr og nýta viðkomandi auðlind á leyfistímanum í því magni og með þeim skilmálum öðrum sem tilgreindir eru í lögum þessum og Orkustofnun telur nauðsynlega. Um veitingu leyfis, efni þess og afturköllun fer skv. VIII. kafla laganna. Orkustofnun vekur athygli á að samkvæmt 23. gr. laga nr. 57/1998 eru gögn sem afhent eru samkvæmt lögnum bundin trúnaði. Með vísan til þessa eru umsagnaraðilar beðnir um að virða þann trúnað.

Með vísan til 3. mgr. 6. gr. laga, um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu nr. 57/1998 er hér með óskað umsagnar Reykjanesbæjar um framkomna umsókn hvað varðar verksvið sveitarfélagsins. Þess er óskað að umsögnin berist Orkustofnun eigi síðar en 21. nóvember nk.

Virðingarfyllst,  
f.h. orkumálastjóra  
María Guðmundsdóttir

Sérfræðingur

  
Marta Rós Karlsdóttir

Sviðsstjóri

*Afrit sent til: Umsækjanda**Fylgiskjöl: Umsókn og fylgiskjöl*

## Orkustofnun

b.t. María Guðmundsdóttir,  
Grensásvegur 9  
108 Reykjavík



## HS ORKA

Svartsengi  
240 Grindavík  
Iceland

+354 520 9300  
hsorka@hsorka.is

[www.hsorka.is](http://www.hsorka.is)

Svartsengi, 9. júní 2022

### Efni: Umsókn um uppfært nýtingarleyfi fyrir raforkuvinnslu á Reykjanesi.

HS Orka sækir hér með um uppfært leyfi fyrir nýtingu á jarðhitasvæði Reykjanesvirkjunar með vinnslu allt að 600 kg/s að jafnaði. Núverandi leyfi gerir ráð fyrir þremur 50 MW<sub>e</sub> háþrýstihverflum og einum 30 MW<sub>e</sub> lágþrýstihverfli, samtals 180 MW<sub>e</sub>. Sér HS Orka fram á að í náinni framtíð verði virkjunin rekin með tveimur háþrýstihverflum og lágþrýsti hverflinum sem verður gangsettur á þessu ári, alls 130 MW uppsett afl. Ekki er á dagskrá eins og staðan er að reisa þriðja 50 MW<sub>e</sub> háþrýstihverfilinn. Hefur HS Orka sett niður aðgerðarplan sem miðar að frekari sjálfbærni og hagkvæmni í rekstri jarðhitakerfisins þar sem horft er til lengri tíma vinnslu. Er því hér sótt um uppfært leyfi til nýtingar þar sem dregið er úr massaupptekt í samræmi við að þriðji háþrýstihverfillinn sé ekki byggður og með niðurdælingarkröfu sem fellur að lokaáfangu niðurdælingarkröfu núverandi leyfis. Stuðst er við nýtt reiknilíkan fyrir jarðhitakerfið og niðurstöðum á spákeyrslum líkansins fyrir þróun kerfisins næstu 15 árin<sup>1</sup> og eftir þann tíma er spáin línuleg út leyfistímann. Til að ákvarða líkindadreifingu á niðurdráttarspánni var Monte Carlo hermun beitt miðað við 600 kg/s upptekt og líkindadreifingu þeirra eðliseiginleika í líkaninu sem hafa einna mest áhrif á hegðun niðurdráttar í kerfinu.

Á Reykjanesi má rekja jarðhitavinnsluna aftur til ársins 1969 en þá höfðu 8 holur verið boraðar og var hola RN-8 aðal vinnsluholan þar til hola RN-9 var boruð árið 1982. Næst var hola RN-10 boruð árið 1998 en gögn voru notuð úr þessum fyrstu djúpu holum (RN-8, RN-9 og RN-10) sem hönnunarviðmið fyrir virkjunina. Í maí 2006 var virkjunin gangsett með tveimur 50 MW<sub>e</sub> háþrýstihverflum (REY1 og REY2) en síðan þá hefur verið fylgst vel með þróun jarðhitakerfisins og breytingum sem vinnslan hefur haft í för með sér. Byggir nýtt forðafraeðilíkan m.a. á þessum beinu mælingum í kerfinu.

### Núverandi virkjunarleyfi

Núverandi leyfi<sup>2</sup> vinnslu á Reykjanesi hefur verið í gildi síðan 15. september 2011 en þá var veitt virkjunarleyfi til að reisa og reka allt að 180 MW<sub>e</sub> raforkuver í Reykjanesvirkjun. Var þar miðað við tvo 50 MW<sub>e</sub> háþrýstihverfla (REY1 og REY2) sem starfræktir hafa verið frá árinu 2006 og að auki einn 50 MW<sub>e</sub> háþrýstihverfil (REY3) og einn 30 MW<sub>e</sub> lágþrýstihverfil (REY4) sem nýtir skiljuvökva frá háþrýstihverflunum. Í leyfinu eru sett takmörk á vinnslu innan miðkerfis að hámarki 140 MW<sub>e</sub> frá gangsetningu stækkun virkjunarinnar og að hámarki 130 MW<sub>e</sub> 5 árum frá gangsetningu.

Í virkjunarleyfinu er einnig ákvæði um nýtingarheimildir sem fela í sér heimild til frumorkuvinnslu á hverju ári sem nemur allt að 40,0 PJ/a og massavinnslu allt að 28,0 Tg/a úr jarðhitageyminum. Samkvæmt leyfi er leyfishafa einnig gert skylt að mæla breytingar á eðlisástandi (hitastigi, þrýstingi og vermi) árlega í að minnsta kosti þremur borholum innan miðkerfis. Getur Orkustofnun endurskoðað virkjunarleyfið ef þrýstingur í 1600 m dýpi í holu RN-16 eða öðrum holum á jaðarsvæði miðkerfis falli um 30 bar 5 árum frá útgáfu virkjunarleyfis, 35 bar 10 árum frá útgáfu virkjunarleyfis eða 40 bar 15 árum frá útgáfu virkjunarleyfis. Einnig getur Orkustofnun endurskoðað virkjunarleyfið falli þrýstingur á 1600 m dýpi í holu RN-12 eða sambærilegri holu innan vinnslusvæðis miðkerfis um 50 bar 5 árum frá útgáfu virkjunarleyfis, 55 bar 10 árum frá útgáfu virkjunarleyfis eða 60 bar 15 árum frá útgáfu virkjunarleyfis.

<sup>1</sup> HS Orka Minnisblað 2022 - Niðurdráttarspá og Monte Carlo hermun vegna jarðhitanytingar á Reykjanesi

<sup>2</sup> Orkustofnun, 15. september 2011 - Virkjunarleyfi vegna stækkunar Reykjanesvirkjunar úr 100 MW í rafmagni í 180 MW í rafmagni



Niðurdæling skal nema að lágmarki 2,5 Tg/a þar til orkuvinnslusamstæða háþrýstihverfils og/eða lágþrýstihverfils eru gangsettar og á 1. ári frá gangsetningu skal niðurdæling á ársgrundvelli nema að lágmarki 5,0 Tg/a. Að liðnum 5 árum frá gangsetningu skal nettó massavinnsla úr jarðhitageymi nema að hámarki 20 Tg/a eða niðurdæling hafa náð 6,5 Tg/a. Að liðnum 8 árum frá gangsetningu skal niðurdæling nema að lágmarki 40% upptekins massa úr jarðhitageyminum.

#### Uppfært nýtingarleyfi út frá nýju reiknilíkani

Hönnun á nýju reiknilíkani í iTOUGH2 af jarðhitakerfinu á Reykjanesi hófst frá grunni árið 2020 innanhúss og var helsta markmiðið að ná betra samræmi við hugmyndalíkan svæðisins og beinar mælingar, með samvinnu við aðra sérfræðinga HS Orku. Einnig hefur líkanið verið tengt við gagnastrauma um ástand jarðhitakerfisins, bæði þá sem eru tiltækir innanhúss en einnig frá öðrum aðilum, svo sem ÍSOR og Mannviti. Áhersla hefur verið lögð á að koma mikilvægum jarðfræðistrúktúrum inn í líkanið og að kvarða það vel við mælingar á hitastigi, þrýstingi og vermi í holum.

Í forðafraði er þumalputtareglan að spá ekki lengra fram í tímann en sem nemur vinnsluögu svæðisins og er því miðað við 15 ár í spákeyrslu reiknilíkansins. Gert er ráð fyrir 600 kg/s upptekt úr jarðhitakerfinu, þ.e. 32% lægri massaupptekt en í núverandi leyfi því miðað er við 100+30 MW<sub>e</sub> raforkuvinnslu í stað 150+30 MW<sub>e</sub>, og gert er ráð fyrir að niðurdælingarhlutfallið sé 40%. Monte Carlo hermun var einnig framkvæmd á reiknilíkaninu en með þess konar hermun er hægt að reikna líkindadreifingu niðurdráttar út frá gefinni óvissu á þeim breytum sem líkanið byggir á. Líkindadreifing fyrir niðurdráttarspá holu RN-12 á Reykjanesi er skilgreind með árlegum útgildum (0-100%) ásamt árlegum viktildum (10-90%).

Reiknilíkanið sýnir að miðað við þróun miðgildis á niðurdrætti yfir spátímabilið er sjálfbærni í auðlindanýtingu aukin með nýjum forsendum þar sem miðað er við 600 kg/s upptekt en þá er niðurdrátturinn undir -1 bar/a sem eru mörkin í núverandi leyfi. Áætlað er að meðalvermi sé 1400 kJ/kg og ef miðað er við massavinnslu allt að 18,93 Tg/a (600 kg/s að jafnaði) þá er samsvarandi frumorkuvinnsla á hverju ári allt að 26,51 PJ/a. Farið er þess á leit að ekki verði skilgreint miðkerfi þar sem tiltækar mælingar og gögn hafa sýnt fram á að þrýstisamband sé á milli vinnslusvæðanna.

Með því að fella út 32% af massaupptekt núverandi leyfis og einn háþrýstihverfil er minni vökvi til staðar fyrir lágþrýstihverfilinn REY4 og er því óskað eftir leyfi fyrir beina nýtingu inn á hann. Þar með nýttast núverandi lágþrýstiholur betur þegar hægt er að tengja þær holur beint inn á REY4 sem ekki ná nægum þrýstingi til að tengjast inn á háþrýstihverflana. Umsókn um niðurdælingarkröfur eru í samræmi við síðustu kröfu í niðurdælingakröfum núverandi leyfis þannig að niðurdælingarhlutfall sé 40% af massaupptekt 3 árum eftir gangsetningu REY4.

#### Virkjunarleyfi

HS Orka gerir ráð fyrir því að sækja sérstaklega um virkjunarleyfi fyrir 130 MW<sub>e</sub> í samræmi við reglur OS.

Virðingarfyllst, fyrir hönd HS Orku

Lilja Magnúsdóttir  
Yfirforðafraeðingur



Dags: 01.06.2022

Svið Auðlindastýring

Höfundur: Lilja Magnúsdóttir

Efnispáttur: Niðurdráttarspá og Monte Carlo hermun vegna jarðhitanytingar á Reykjanesi

Verkefni: Uppfært nýtingarleyfi á Reykjanesi

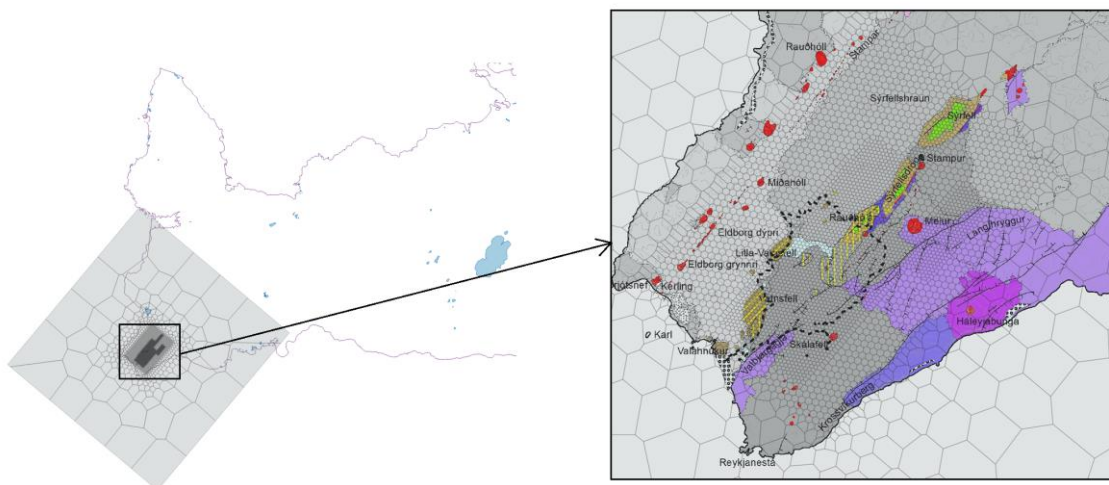
Dreifing: HS Orka

## Inngangur

Með forðafræðilegu reiknilíkani er hægt að kanna samband nýtingar og niðurdælingar með tilliti til eðli og uppbyggingar jarðhitakerfis og þannig spá fyrir um viðbragð kerfisins við vinnslu. Reiknilíkan af jarðhitakerfinu á Reykjanesi er hér notað til að gera spá um niðurdrátt í kerfinu. Í forðafræði er þumalputtareglan að spá ekki lengra fram í tímann en sem nemur vinnslusögu svæðisins og er því miðað við 15 ár í spákeyrslunni. Umfram þann tíma er spáin höfð línuleg. Monte Carlo hermun er einnig framkvæmd á reiknilíkaninu en með þess konar hermun er hægt að reikna líkindadreifingu niðurdráttar út frá gefinni óvissu á þeim breytum sem líkanið byggir á. Líkindadreifing fyrir niðurdráttarspá jarðhitakerfisins á Reykjanesi er skilgreind með árlegum útgildum (0-100%) ásamt árlegum vikgildum (10-90%).

## Líkan og forsendur

Reiknilíkanið er byggt á uppfærðu hugmyndalíkani af Reykjanesi, byggt á fyrra líkani frá Khodayar, M. ofl., 2016. Stuðst er við greiningu og túlkun jarðfræði-, jarðeðlisfræði- og jarðefnafræðigagna af svæðinu og mælinga á hitastigi, þrýstingi, vermi og endurkomu niðurdældra ferilefna í jarðhitageyminum. Reiknilíkanið samanstendur af 60.450 einingum sem ná yfir um 420 km<sup>2</sup> flatarmál og niður á 3,4 km dýpi (sjá mynd 1). Algengasta sprungustefnan er SV-NA og er eininganetið látið snúa í þá átt til að auðveldara sé að koma þekktum jarðfræðistrúktúrum inn í líkanið. Gufupúðinn myndast undir bungu í þakberginu og er því þakbergið í líkaninu látið teygja sig yfir nokkur lög í takt við hugmyndalíkanið svo hægt sé að fá góða samsvörun þegar gufupúðinn er hermdur.

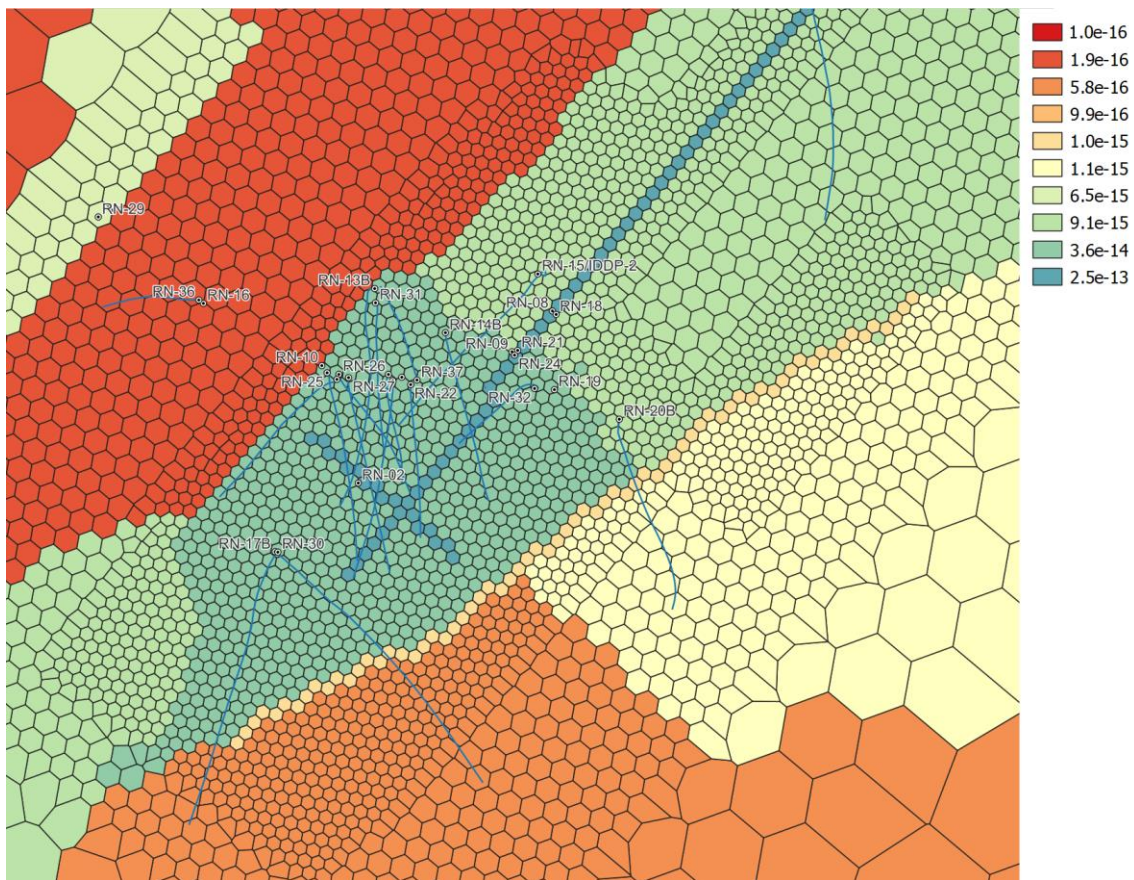


Mynd 1: Einingarnet reiknilíkans yfir jarðfræðikorti.



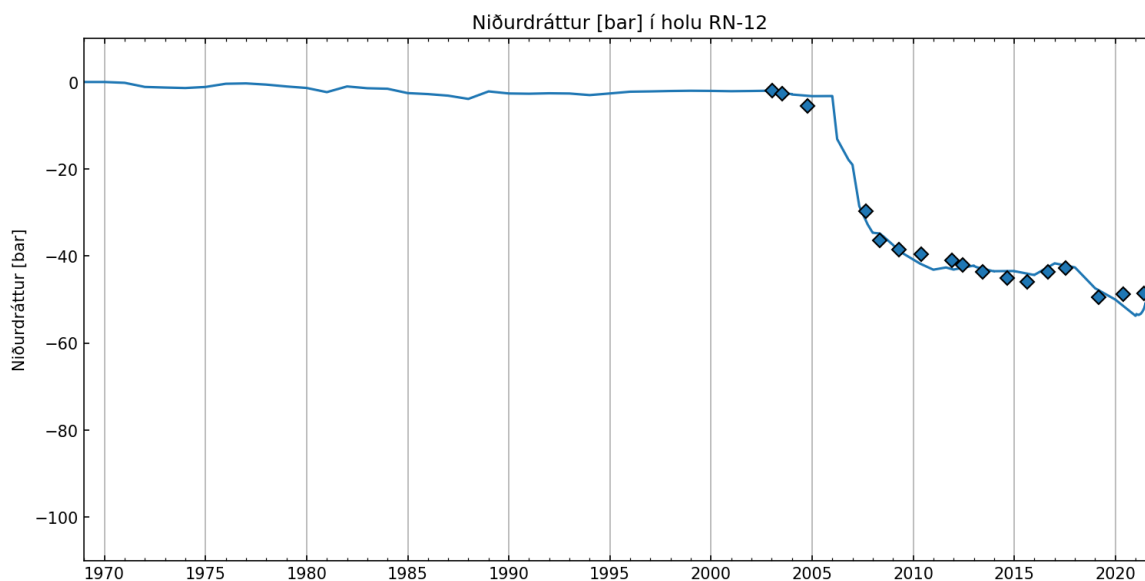


Í reiknilíkaninu er skipting á bergtegundunum auk helstu eiginleika þeirra metin í samráði við sérfræðinga HS Orku en svo er andhverf greining notuð til að áætla eðliseiginleika hvorrar bergtegundar. Í andhverfu greiningunni er kvarðað að þeim hita- og þrýstingsmælingum sem safnað hefur verið ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi áður en vinnsla hófst. Lektin minnkar almennt með dýpi en á Reykjanesi er þó aukin lekt á um 2200 m dýpi. Í samræmi við það er lektin í líkaninu látin minnka log-línulega frá 1000 m dýpi niður á 1900 m dýpi. Lektin eykst síðan á 2200 m dýpi en minnkar aftur log-línulega að 3400 m dýpi. Þó lektin í hverju lagi sé mismunandi þá helst svipuð lárétt skipting á bergtegundum í lögum fyrir neðan þakbergið. Mynd 2 sýnir lektardreifingu í reiknilíkaninu á 1825 m til 2125 m dýpi neðan sjávarmáls.



Mynd 2: Lektardreifing ( $m^2$ ) í reiknilíkani frá 1825 m til 2125 m neðan sjávarmáls.

Vel tókst til að kvarða reiknilíkanið að mælingum á kerfinu og að herma sögulegan niðurdrátt út frá vinnslu- og niðurdælingasögu. Á mynd 3 má sjá hermdan niðurdrátt borinn saman við mælingar í holu RN-12. Taka skal fram að hola RN-11 sem mælingar hafa sýnt að sé vel tengd holu RN-12 datt út af kerfi fyrir mitt ár 2021 og hafði áhrif á mælingar í holu RN-12, þ.e. að þrýstingur mældist hærri í holu RN-12 vegna þrýstisambands þeirra á milli.

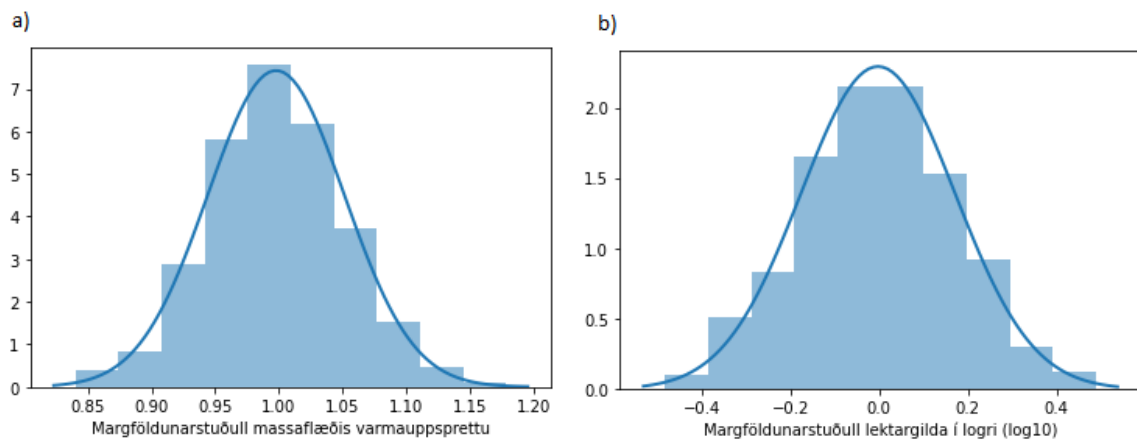


Mynd 3: Sögulegur niðurdráttur á 2200 m dýpi neðan sjávarmáls í holu RN-12. Heila línan táknar niðurstöður reiknilíkans og mæld gögn eru táknud með tígum.

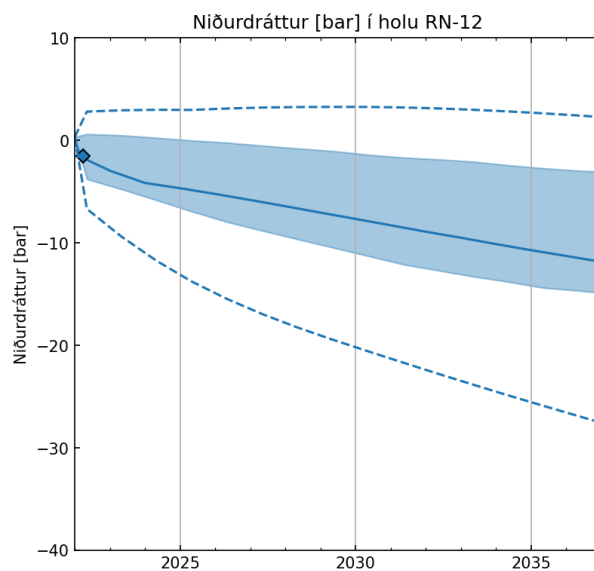
### Monte Carlo hermun og niðurdráttarspá

Reiknilíkanið er notað til að spá fyrir um niðurdrátt til næstu 15 ára miðað við 600 kg/s vinnslu og 40% niðurdælingarhlutfall og Monte Carlo hermun er framkvæmd til að spá fyrir um líkindadreifingu niðurdráttarins. Í hermuninni eru lárétt og lóðrétt lektargildi dregin úr log-normaldreifingu í kringum áætlaðar lektir líkansins. Einnig eru gildi fyrir vermi og massaflæði frá varmauppsprettum nálægt botni líkansins látin fylgja normalkúrfu. Á mynd 4 má sjá a) normaldreifingu margföldunarstuðuls massaflæðis varmauppspretta en margföldunarstuðull fyrir vermi fylgir sömu dreifingu, og b) dreifingu margföldunarstuðla lektargilda í logri (log10) en lektargildin fylgja log-normal dreifingu. Massaflæði, vermi, auk láréttra og lóðréttra lektargilda eru þær breytur líkansins sem hafa einna mest áhrif á hegðun niðurdráttar í kerfinu og gefa því góða mynd af líkindadreifingu niðurdráttarins.

Í Monte Carlo hermuninni er samtals notast við 640 ítranir og viktildi (10-90%) og útgildi (0-100%) reiknuð. Fleiri hermanir voru þó framkvæmdar en ekki var notast við þær keyrslur sem ekki náðu að keyra út allt spátímabilið. Heila línan á mynd 5 sýnir niðurdráttarspá fyrir holu RN-12 miðað við 600 kg/s vinnslu og 40% niðurdælingarhlutfall frá upphafi árs 2022 til 2037 og tígullinn sýnir mældan niðurdrátt í holunni úr mælingu sem framkvæmd var 26. mars 2022. Brotalínurnar táknar hæstu og lægstu gildi og frávikin eru táknud með skyggðu svæði, þ.e. í 10% tilfella er gildið lægra en neðri hluti skyggða svæðisins og í 90% tilfella lægra en hærri hluti svæðisins.



Mynd 4: Dreifing fyrir a) massaflæði og vermi er gefin með margföldunarstuðli með normal dreifingu og b) lárétt og lóðrétt lektargildi er gefin með margföldunarstuðli í logri (log10) og fylgja log-normal dreifingu.



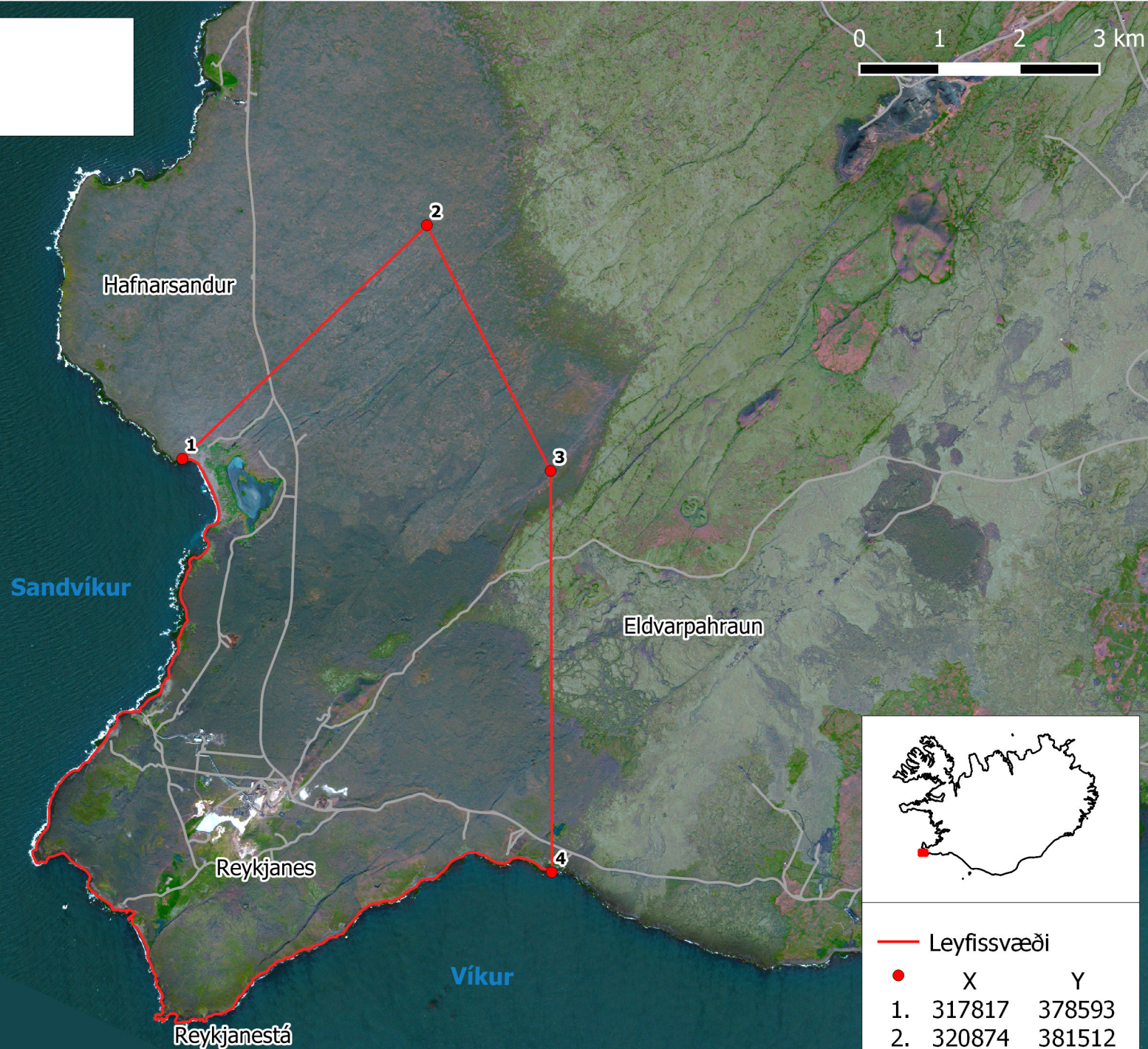
Mynd 5: Niðurdráttarspá og líkindadreifing fyrir holu RN-12 á Reykjanesi á 2200 m dýpi neðan sjávarmáls. Mæling er táknuð með tígli og heila línan tákna miðgildi dreifingarinnar. Brotalínurnar tákna hæstu og lægstu gildi og frávikin (10-90%) eru táknuð með skyggðu svæði.

#### Heimildir

Khodayar, M., Nielsson, S., Hickson, C., Guðnason, E., Harðarson, B., Guðmundsdóttir, V., Halldórsdóttir, S., Óskarsson, F., Weisenberger, T., og Björnsson, S.: The 2016 Conceptual Model of Reykjanes Geothermal System, SW Iceland. Prepared for DEPEEGS, ÍSOR-2016/072, 2016.



Drög



— Leyfissvæði

•	X	Y
1.	317817	378593
2.	320874	381512
3.	322421	378442
4.	322434	373429



## NIÐURDRÁTTUR Á NÝTINGARSVÆÐI:

Pegar séð er fram á niðurdrátt eða lækkun vatnsborðs þarf að leggja fram áætlun um niðurdrátt.

Skilgreina þarf árleg útgildi (0-100% líkindi) og árleg völgildi (10-90% líkindi) og skal reiknilíkan endurskoðað áður en vikmörkum er náð.

Reiknilíkan skal endurskoðað á a.m.k. 5 ára fresti.

Skilgreina skal viðmiðunarholu þar sem þrýstingur er mældur á ákveðnu dýpi sem er til grundvallar reiknilíkaninu.

Viðmiðunarholur geta verið fleiri en ein.

Sein dæmi má benda á nýtingarleyfi á jarðhita á beistareykjum, gefið út 28. mars 2014, og nýtingarleyfi á jarðhita á Helliðshéið, gefið út 2. nóvember 2015.

Viðmiðunarhola 1:   
 Upphafsviðmið [bar]:  Dýpi [m]:

Viðmiðunarhola 2:   
 Upphafsviðmið [bar]:  Dýpi [m]:

Viðmiðunarhola 3:   
 Upphafsviðmið [bar]:  Dýpi [m]:

Ár	Neðra útgildi	Neðri vikmörk	Miðgildi	Efri vikmörk	Efra útgildi
	[bar-a]				
2022	0	0	0	0	0
2023	-7,03	-4,11	-2,96	0,28	2,47
2024	-9,76	-5,11	-4,16	0,16	2,60
2025	-12,12	-6,19	-4,68	-0,08	2,65
2026	-14,13	-7,28	-5,24	-0,35	2,64
2027	-15,82	-8,30	-5,83	-0,56	2,77
2028	-17,29	-9,15	-6,44	-0,85	2,87
2029	-18,59	-9,98	-7,06	-1,12	2,92
2030	-19,78	-10,79	-7,67	-1,37	2,93
2031	-20,91	-11,61	-8,29	-1,73	2,93
2032	-22,01	-12,43	-8,92	-2,01	2,88
2033	-23,11	-13,02	-9,5	-2,19	2,78
2034	-24,17	-13,62	-10,13	-2,41	2,65
2035	-25,22	-14,13	-10,72	-2,76	2,49
2036	-26,23	-14,72	-11,29	-3,05	2,30
2037	-26,91	-15,30	-11,86	-3,30	2,09
2038	-27,58	-15,88	-12,43	-3,54	1,88
2039	-28,25	-16,46	-13	-3,78	1,67
2040	-28,92	-17,04	-13,57	-4,02	1,46
2041	-29,59	-17,62	-14,14	-4,26	1,25
2042	-30,26	-18,20	-14,71	-4,50	1,04
2043	-30,93	-18,78	-15,28	-4,74	0,83
2044	-31,60	-19,36	-15,85	-4,98	0,62
2045	-32,27	-19,94	-16,42	-5,22	0,41
2046	-32,94	-20,52	-16,99	-5,46	0,20
2047	-33,61	-21,10	-17,56	-5,70	-0,01
2048	-34,28	-21,68	-18,13	-5,94	-0,22
2049	-34,95	-22,26	-18,7	-6,18	-0,43
2050	-35,62	-22,84	-19,27	-6,42	-0,64

2051	-36,29	-23,42	-19,84	-6,66	-0,85
2052	-36,96	-24,00	-20,41	-6,90	-1,06

