

Jarðhitavirkjanakostir á Norðausturlandi & Hágöngur

Kynning fyrir Rammaáætlun 2
19. nóvember 2009

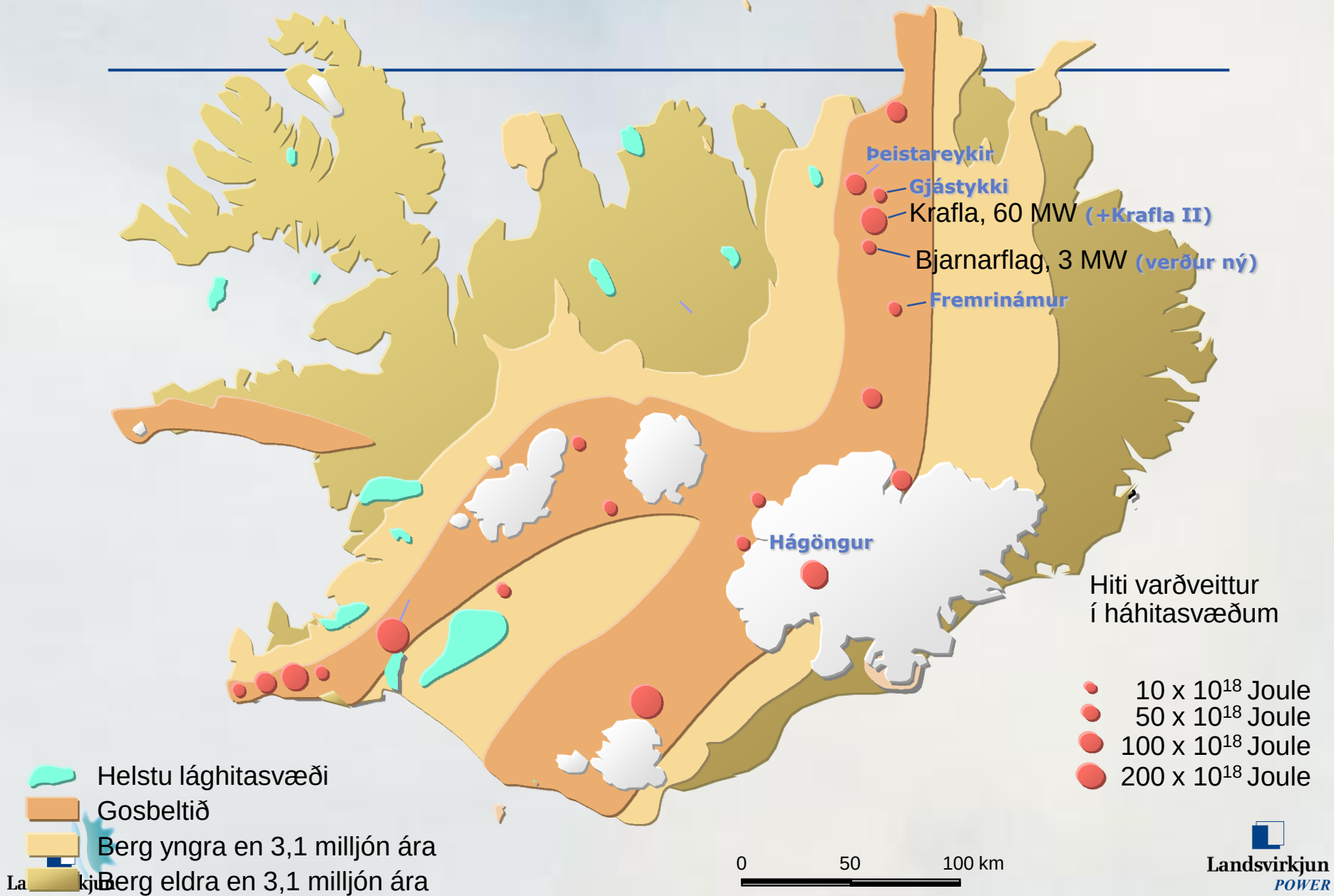
Bjarni Pálsson, LV Power
Ásgrímur Guðmundsson, LV Power

Yfirlit

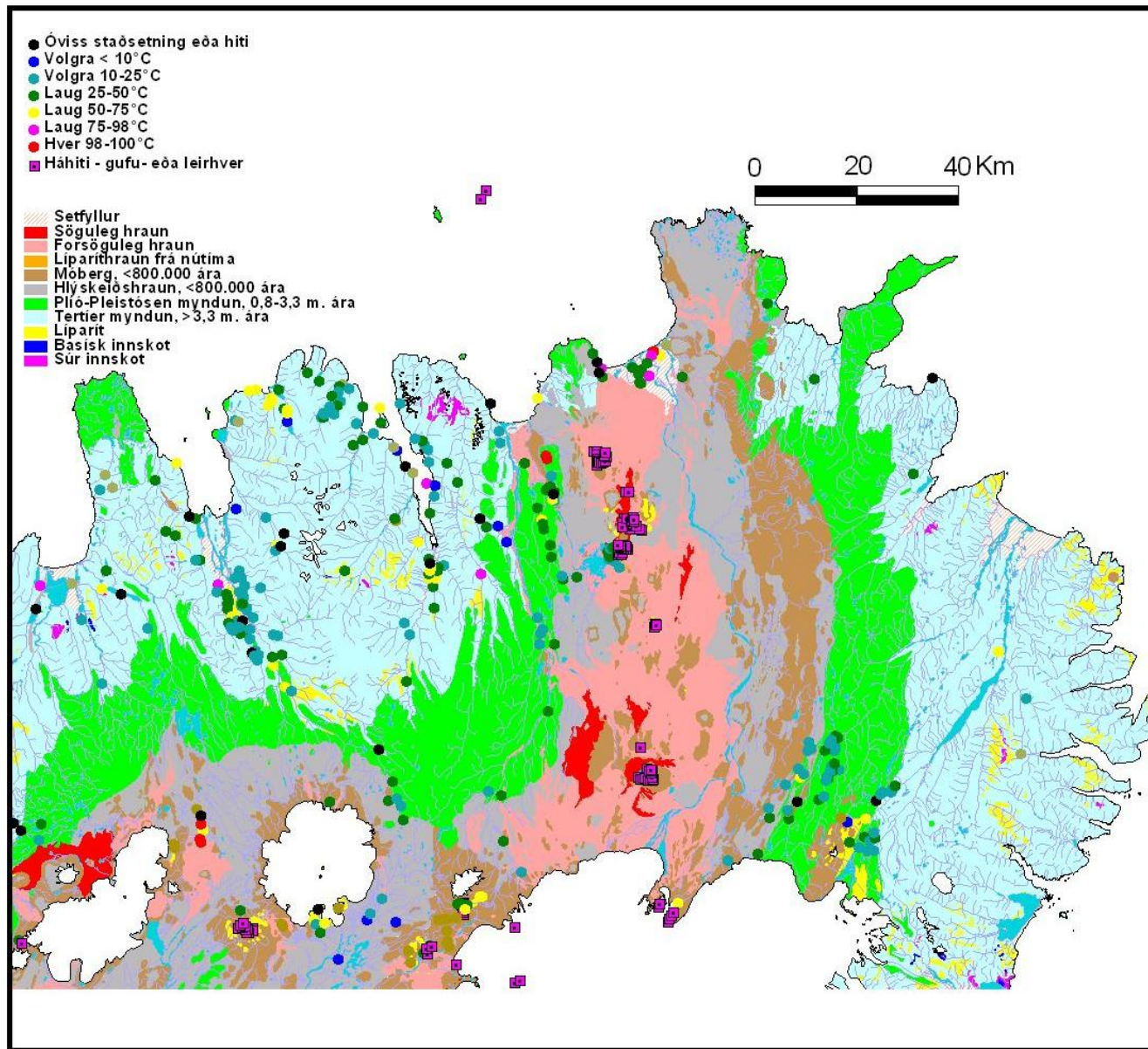
- Yfirlit yfir jarðhitakosti á Norðurlandi
- Yfirlit yfir virkjanaundirbúning
 - Tegund jarðhitakerfis
 - Stærð
 - Hiti
 - Möguleg afköst o.s.frv.
 - Rannsóknarleyfi
- Tafla með stöðu rannsókna
 - Jarðhitarannsóknir
 - Umhverfisrannsóknir

Yfirlit yfir virkjanasvæði á Norðurlandi

Jarðfræði og jarðhitasvæði á Íslandi



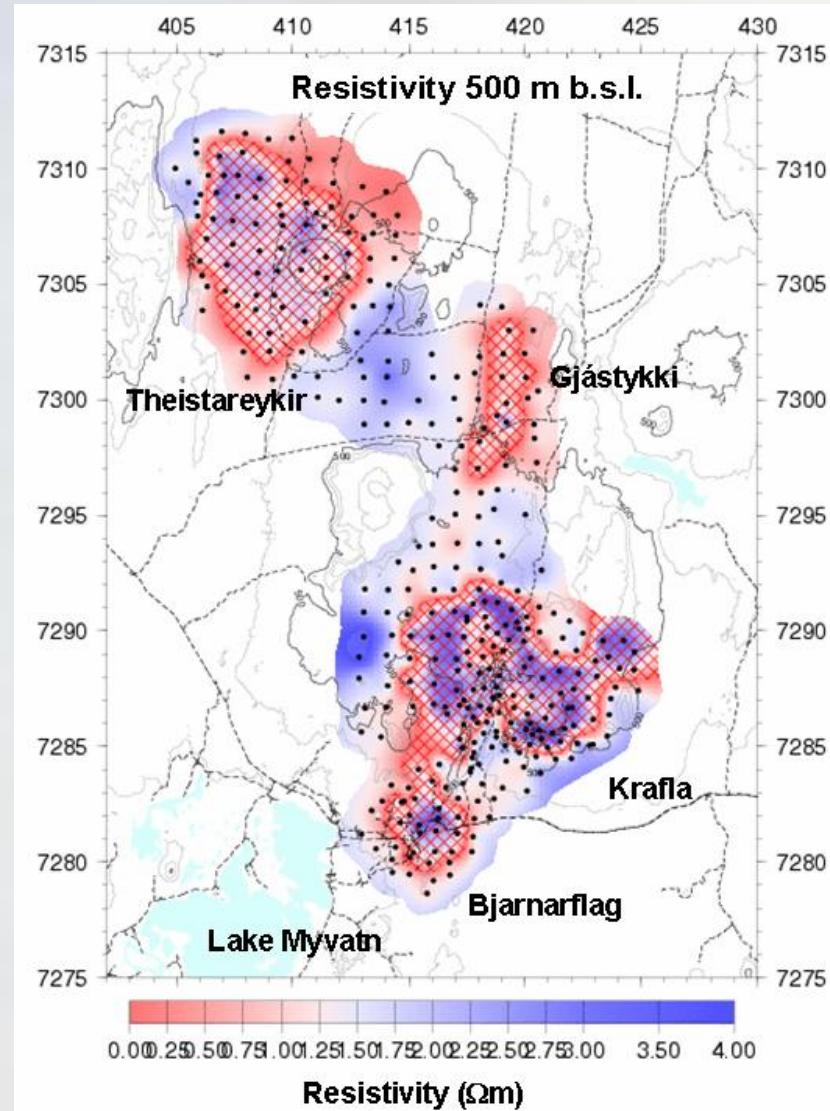
Háhiti á NA-landi



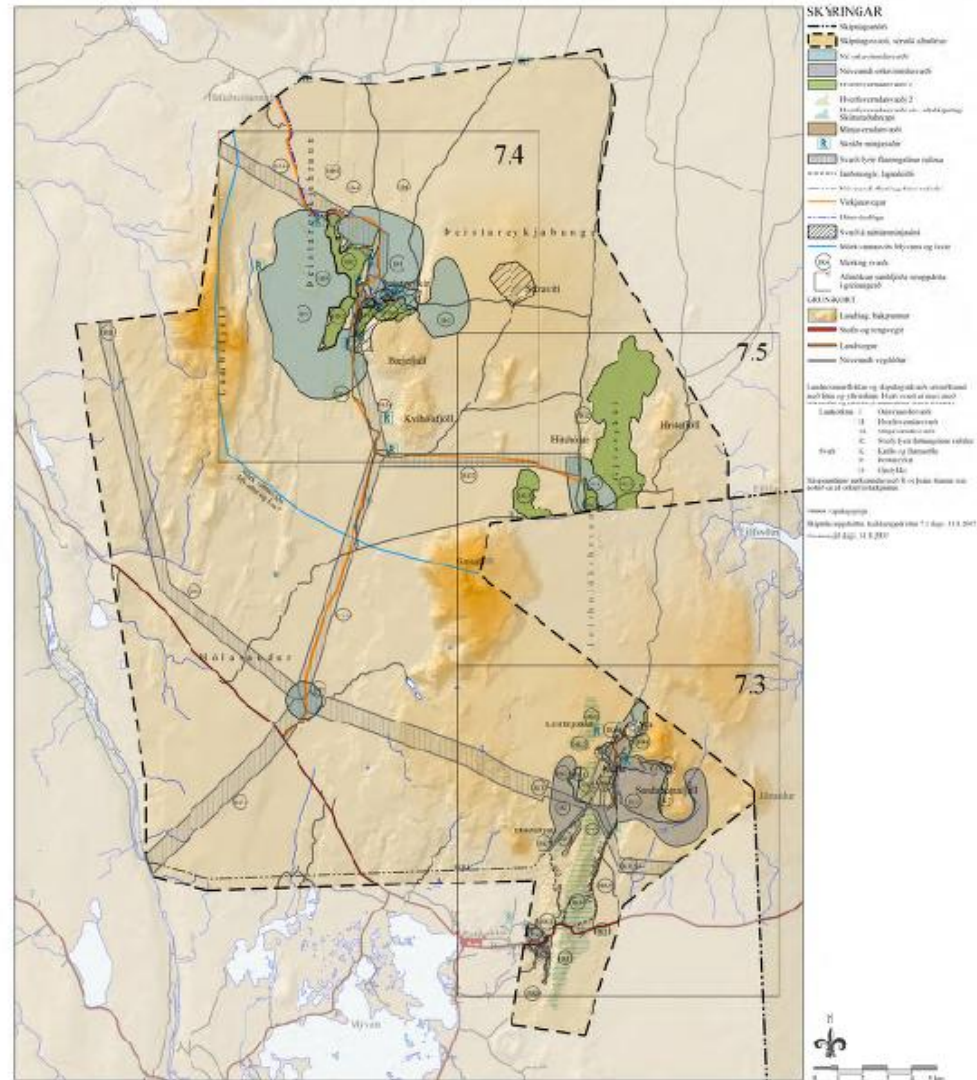


Yfirlit um háhitasvæði vestan Vatnajökuls norður til Öxarfjarðar

- Þeistareykir
- Gjástykkki
- Krafla
- Bjarnarflag
- Fremrinámur
- Hrúthálsar
- Askja
- Kverkfjöll
- Vonarskarð
- Hágöngur



Skipulagsupphráttur, sérstök afmörkun. Tillaga 31.8.2007



Sjá nánar:
www.teikna.is

Yfirlit yfir virkjanaundirbúning

Þrepaskiptar jarðhitarannsóknir

- Yfirborðsrannsóknir

- Markmið:

- Leggja mat á auðlindina til að ákvarða hvort leggja skuli í dýrar boranir

- Rannsóknir:

- Jarðfræðikortlagning
 - Jarðeðlisfræðimælingar, einkum TEM-viðnámsmælingar
 - Jarðefnafræðirannsóknir, einkum gashiti

- Rannsóknarboranir

- Markmið:

- Staðfesta tilvist háhita

- Ef óvissa um háhita eða erfitt að komast að með stóran bor er stundum borað 400-750 m með minni bor
 - Fyrstu djúpu holurnar nærri uppstreymi

Þrepaskiptar jarðhitarannsóknir

- Frekari yfirborðsrannsóknir
 - Markmið:
 - Nánari skilingur á jarðhitakerfinu
 - Dýrari og flóknari rannsóknaraðferðir
 - T.d. MT, jarðskjálftarannsóknir o.fl.
 - Ítarlegri túlkun í ljósi fyrirliggjandi upplýsinga
 - Uppfært jarðvarmamat og líkangerð
- Uppbyggingarboranir
 - Borað víðar um svæðið til að meta umfang og álagsprófa
- Viðhaldsboranir (á rekstrartíma)
 - Borað víðar til að viðhalda og/eða auka vinnslugetu eftir því sem reynsla gefur til kynna að sé óhætt

Umhverfisrannsóknir

- Jarðfræði
- Gróðurfar og dýralíf
- Grunnvatn
- Veðurfar
- Náttúruvá
- Samfélag

Þeistareykir

Stærð þeistareykjavæðis

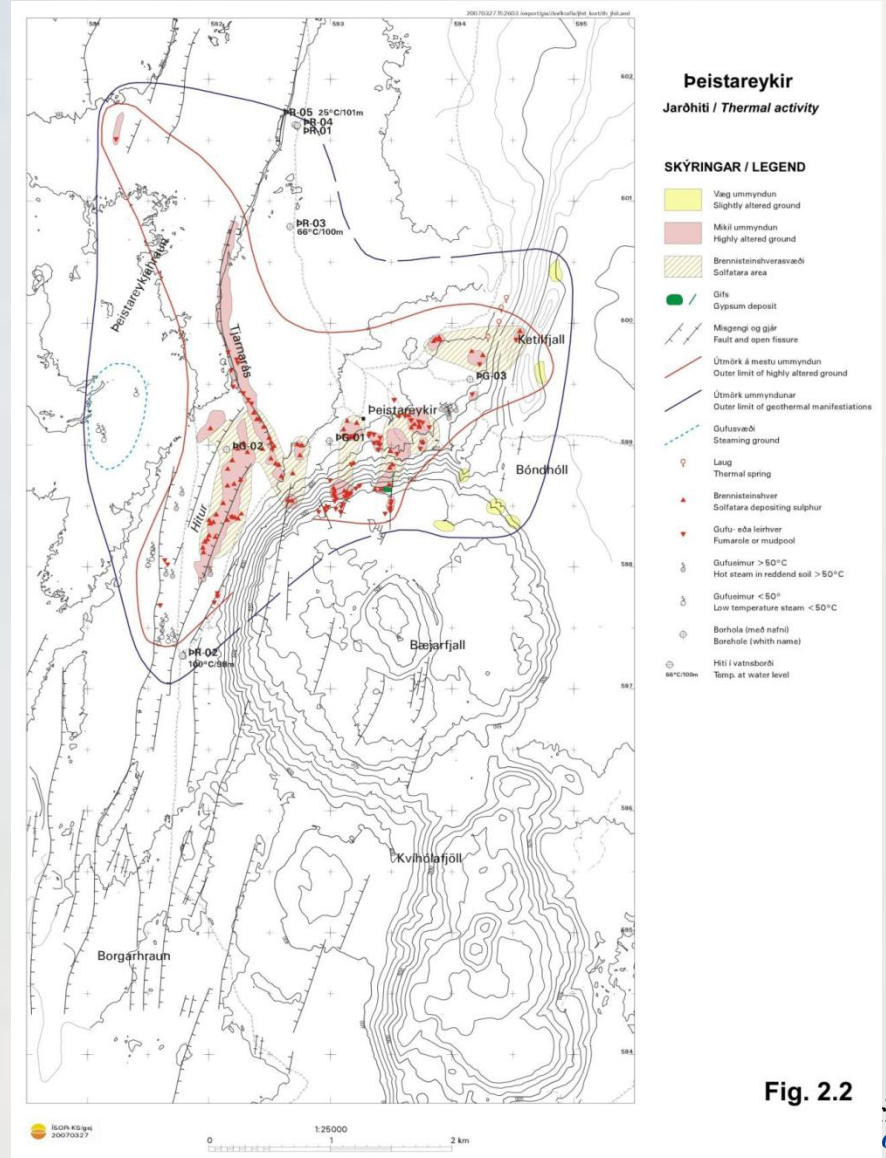
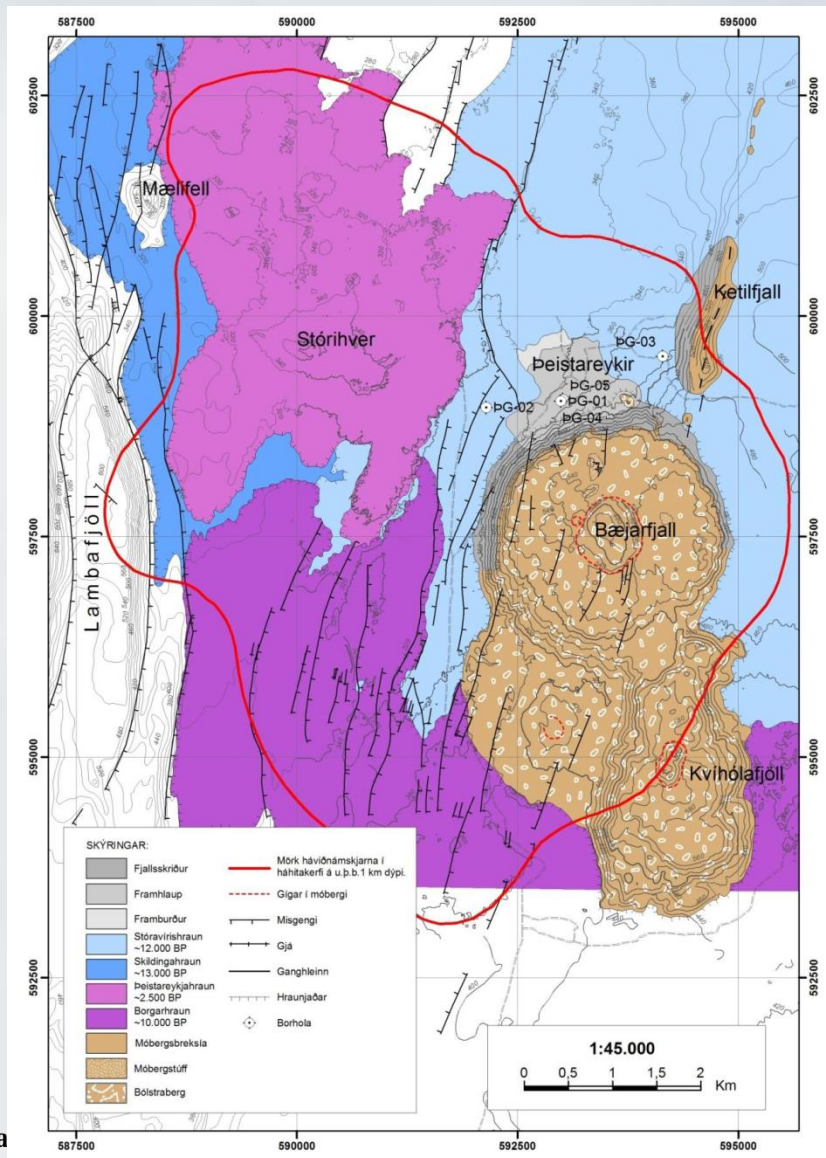


Fig. 2.2

Þeistareykir

Tjarnarás í forgrunni, horft yfir til Þeistareykjabungu



Þeistareykir

Horft yfir til Þeistareykjabungu



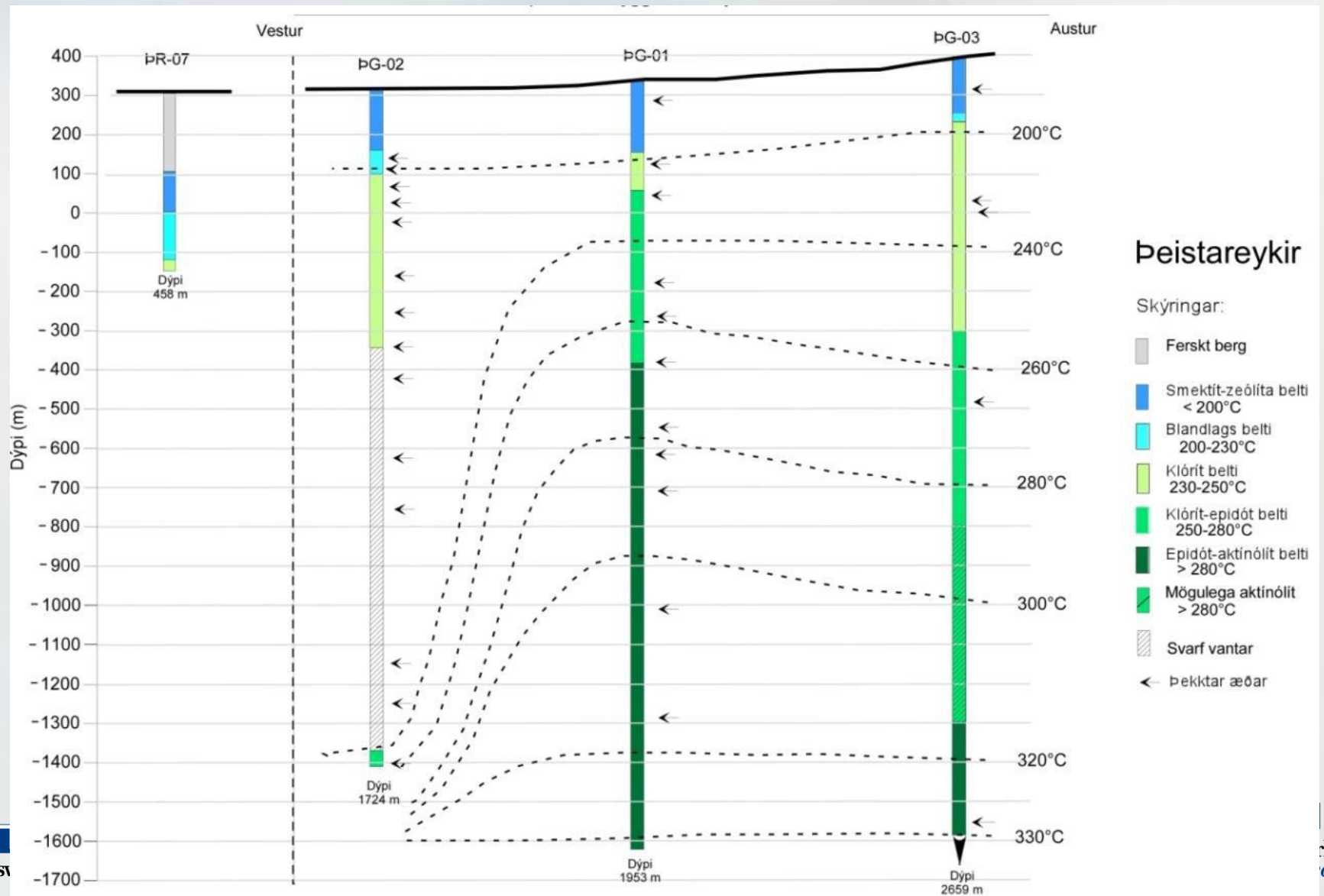
Þeistareykir

Horft ofan af Bæjarfjalli til norðvesturs



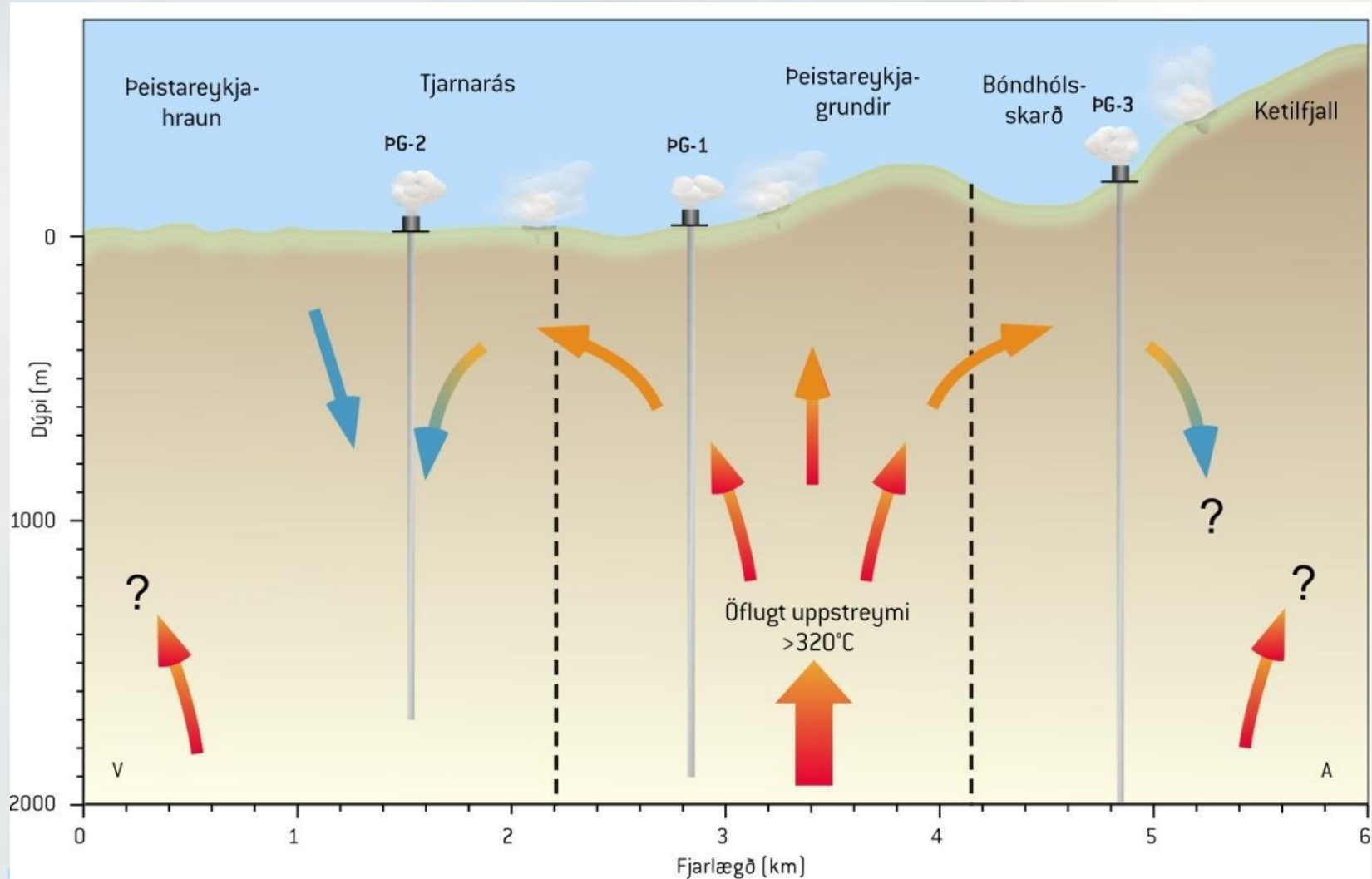
Þeistareykir

Hitadreifing í vestur-austur sniði



Þeistareykir

Einfalt hugmyndalíkan

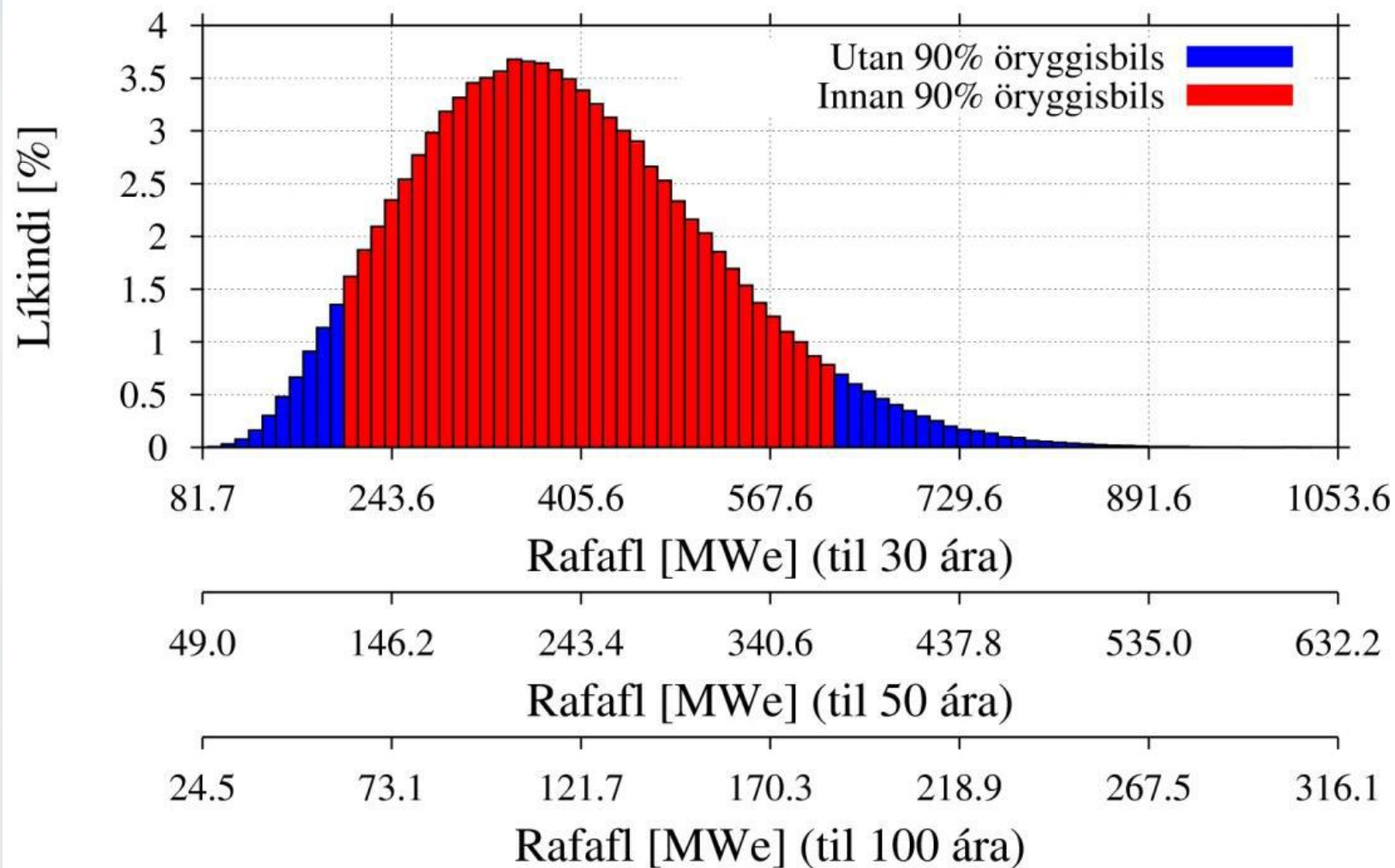


Þeistareykir

Yfirlit um breytur sem notaðar eru við útreikning á varmaforða og rafafli

<i>Nafn breytu</i>	<i>Breyta</i>	<i>Tegund/tilvísun</i>	<i>Lægsta gildi</i>	<i>Líklegasta gildi</i>	<i>Hæsta gildi</i>
Heildarvarmi	Q	<i>jafna 5</i>			
Yfirborðsflatarmál	F	<i>líkindadreifing</i>	10 km ²	27,5 km ²	45 km ²
Varmarýmd	C	<i>jafna 3</i>			
Eðlisvarmi vatns	sv	<i>fasti</i>		5200 J/(kg°C)	
Eðlisvarmi bergs	sB	<i>fasti</i>		880 J/(kg°C)	
Eðlismassi vatns	ρv	<i>fasti</i>		760 kg/m ³	
Eðlismassi bergs	ρB	<i>fasti</i>		3000 kg/m ³	
Poruhluti	Φ	<i>líkindadreifing</i>	0,05	0,10	0,25
Hitastig	$T(z)$	<i>jafna 4</i>			
Viðmiðunarhiti	T_{Ref}	<i>fasti</i>		5°C/180°C	
Hlutfall af suðuferli	X	<i>líkindadreifing</i>	0,8	0,9	1,0
Dýptarmörk	$z0/z1=z2$	<i>fastar</i>		0 m/3000 m	
Rafafi	Pe	<i>jafna 7</i>			
Varmaheimtustuðull	R	<i>líkindadreifing</i>	0,10	0,15	0,20
Nýtingarstuðull	ηe	<i>fasti</i>		0,13	
Nýtingartími	T	<i>fasti</i>		30 ár/50 ár/100 ár	

Líkindadreifing fyrir rafafli



Náttúrufyrirbæri

- Heimild:
 - Samantekt Hauks Jóhannessonar og Kristjáns Sæmundssonar



Aðdráttarafl fyrir ferðamenn

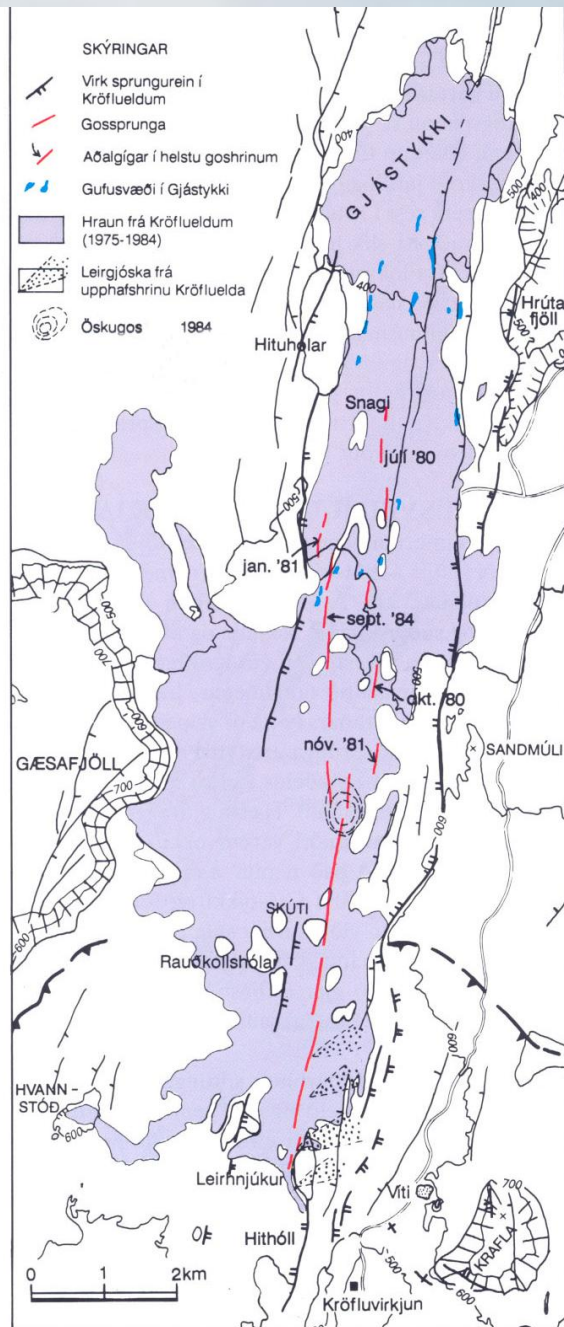


Kemur fyrir

	Hágöngur	Vannarskóð	Ki erkjöll	Askja	Hrúðalsar	Fremrinámur/Heilagadalur	Hr eravind/Námafjall	Bjarnarflog	Krafth/Leirbotnar	Vesturs að/Sáur	Leirhúðar	Sáuravíð	Krókólur önn	Gjafylda	Beitarreykir
Djúpvatn (hverir með klóríku vatni)															
Kísilhverir															
Djúpvatnsblandaðar laugar															
Goshverir															
Gufuhverasvæði (djúpvatnssuða leiðir til blöndunar gufu og gastegunda við yfirborðsvatn)															
Brennisteinsþúfur															
Hverasölt															
Rauðþúfur															
Gufuaugu í sandi															
Heit jörð eða skellur með gufuaugum og hverasöltum															
Gufuhverir (gufustrókar)															
Yfirhitaðir gufuhverir															
Leirhverir (leirpyttaklasar)															
Soðstampar og soðpönnur															
Sortulækir															
Volg jörð, sést best sem afbræðslur á vetrum, stundum á gróðri															
Heit leirflög															
Lækargosar (vatn rennur ofan í op á gufuhverum)															
Gufuhitaðar laugar															
Sprengigigar															
Gosgigar sem þróaast í gufusprengigiga															
Minniháttar hverasprengigigar															
Kolsýrusprengigigar															
Kolsýruhverir, -laugar og ölkeldur (dvínandi virkni eða afrennsli)															
Kolsýruhverir (ólgandi, nærri suðumarki)															
Kolsýruhverir og -laugar með kalkhrúður															
Kalkhrúður															
Ölkeldur (kaldar eða volgar, jafnan með rauðalit)															
Afrennsli frá háhitasvæðum															
Djúpvatnsblandað afrennsli															
Gufur af heitu grunnvatni															
Hverasvæði í jöklum															
Sigkatlar															
Göt og hellar															
Mannaverk á hverasvæðum															
Virkjanir															
Sýningarholur															
Blásandi þurrugufuholur															
Gufusprengigigar (út frá borholum)															
Lífgaður goshver															
Tilbúinn goshver															
Kolsýruvinnsla															
Affallsión															
Baðstaðir															
Merki um brennisteinsvinnslu															
Paldrar															
Útkulnað fyrirbrigði															
Gifshellur og -kristallar															
Kísilhrúður															
Hverajárn															
Kulnaðir hverabollar															
Útkulnaðir goshverir															
Köld leirflög															
Ummyndunarsvæði í rofnu landi (litauðgi)															
Yfirborðsummyndun við >250°C hita															

Gjástykki

Gjástykki

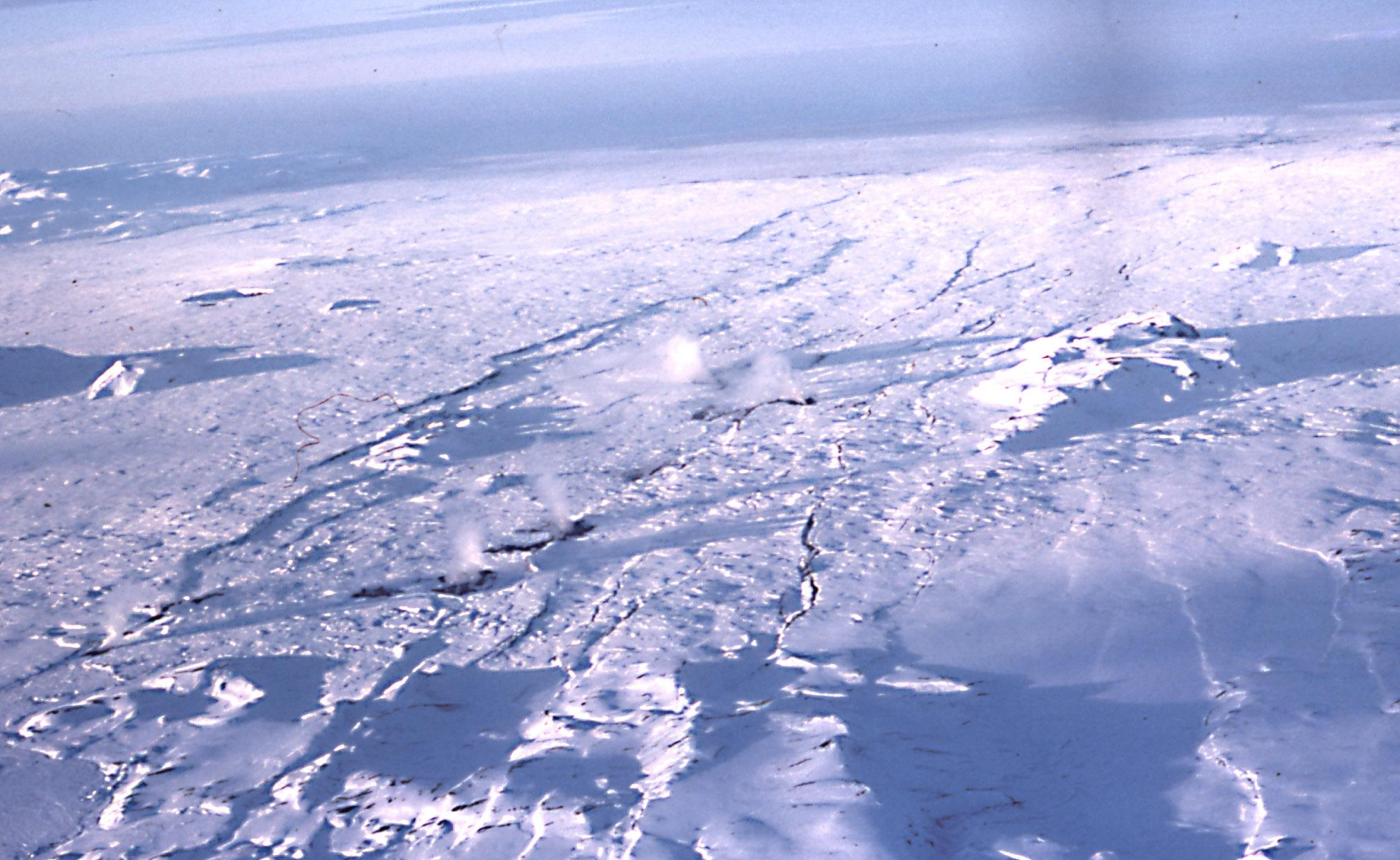


- Stærð svæðis á yfirborði 10 km²
- Aðgengilegt til vinnslu 100%
- Raforkugeta 28 TWst
- Jafngildir 552 GWh/a í 50 ár
- Á náttúruminjakra 50%
- Hæð y.s. 400-500 m









Krafla

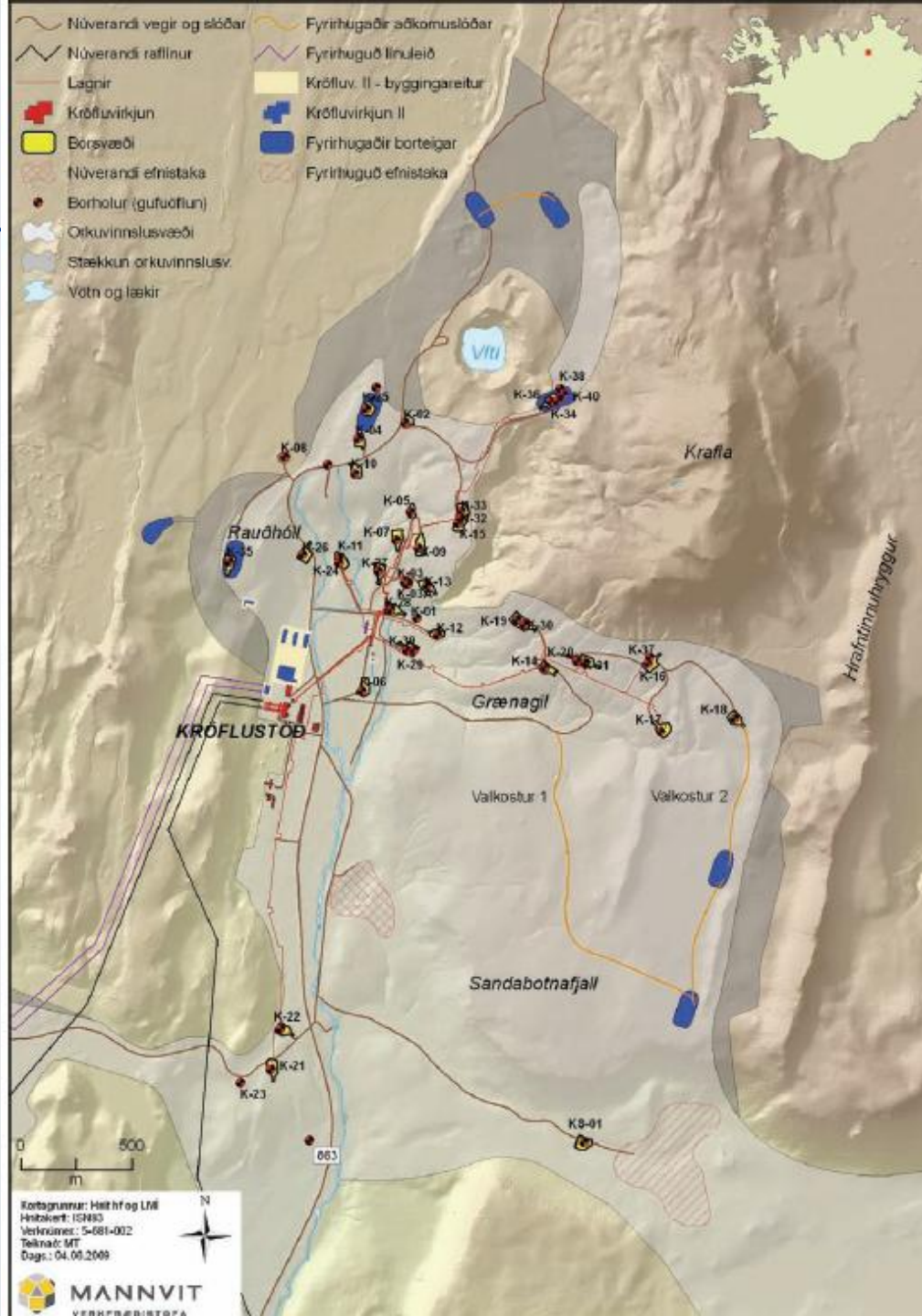


Forsaga

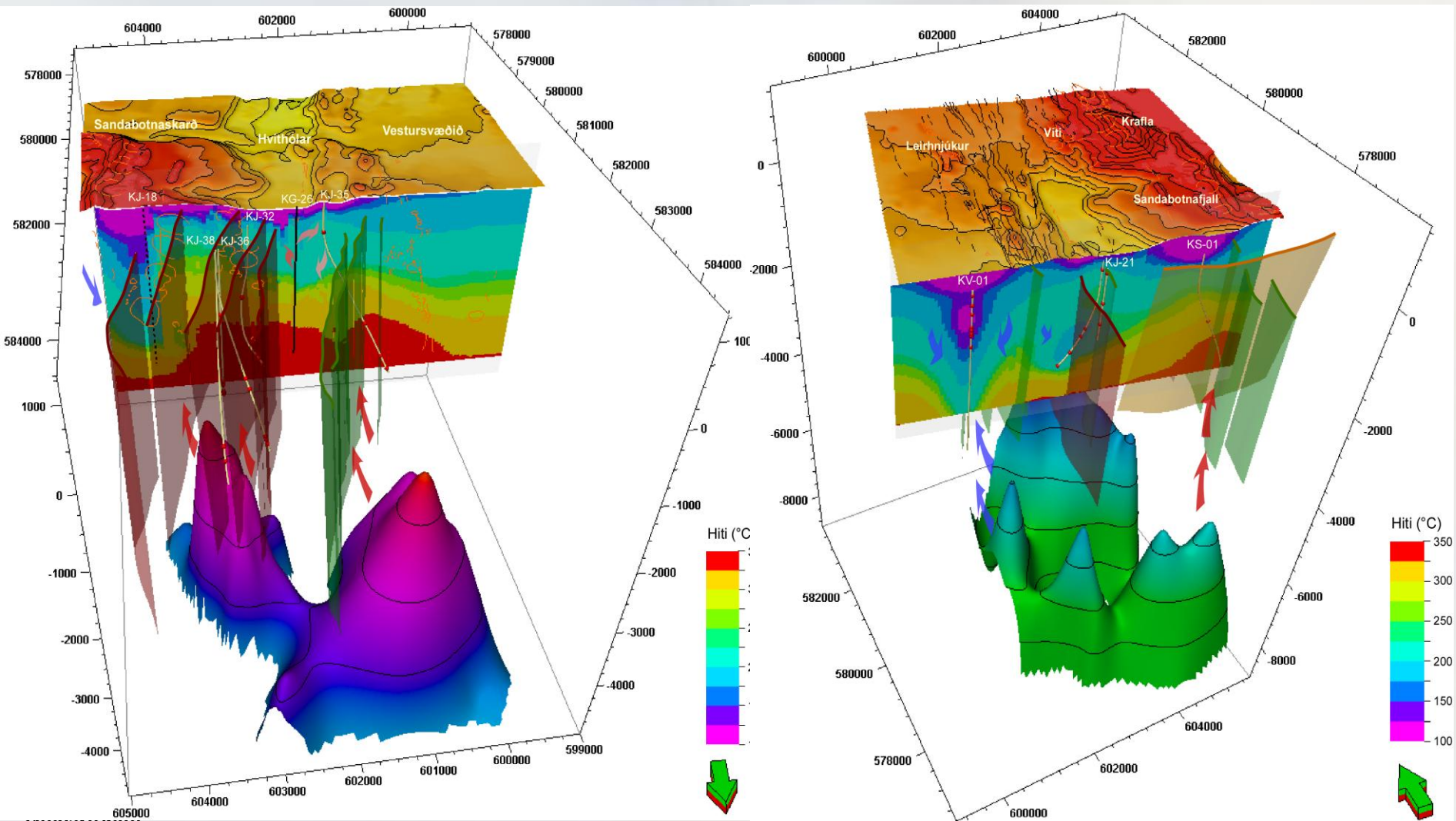
- Eitt mest rannsakaða jarðhitasvæðið
- Jafnframt eitt það flóknasta
- Efra kerfi, Neðra kerfi og nálægð við kviku
- Jarðhitarannsóknir:
 - 35 ára bor- og vinnslusaga og niðurdæling
 - 40 djúpar borholur
 - TEM og MT viðnámsmælingar
 - Jarðskjálftamælingar
 - Hermilíkan
 - Djúpborun

Stækkun Kröflu og Krafla II

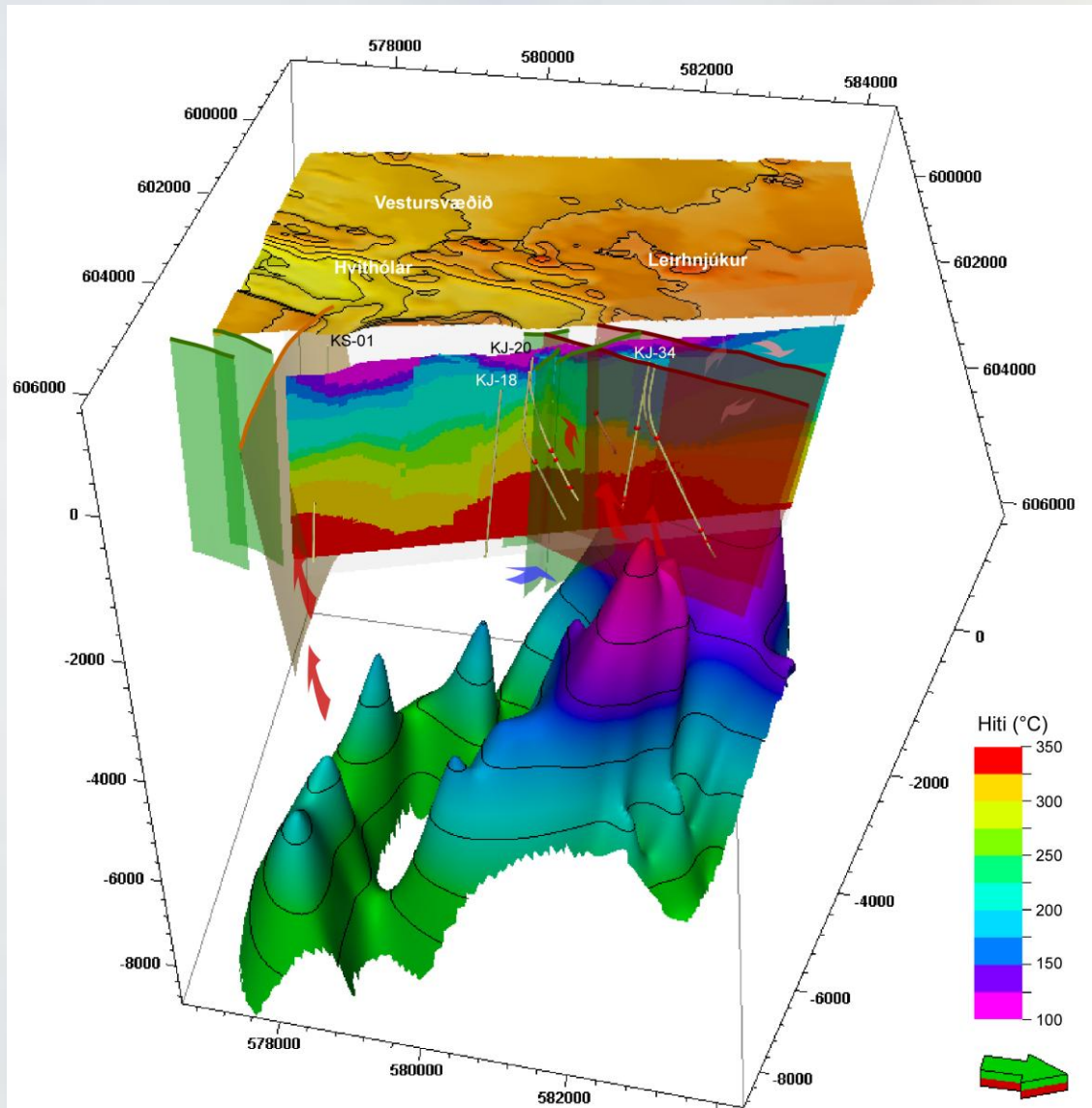
- Fyrirhuguð allt að 150 MW vinnsluaukning í áföngum
 - Leyfi liggja að mestu fyrir 40 MW stækkun
 - Mat á umhverfisáhrifum í gangi fyrir Kröflu II
- Rannsóknarboranir 2002-2009
 - Austursvæði fyrir utan öskju er kalt
 - Vestursvæði þarf að skoða betur
 - Suðursvæði / Sandabotnafjall er heitt
 - Leirhnjúkur aðeins aðgengilegur með stefnuborunum
 - Vítismóar orkuríkir en þarfnast nýrrar vinnslutækni



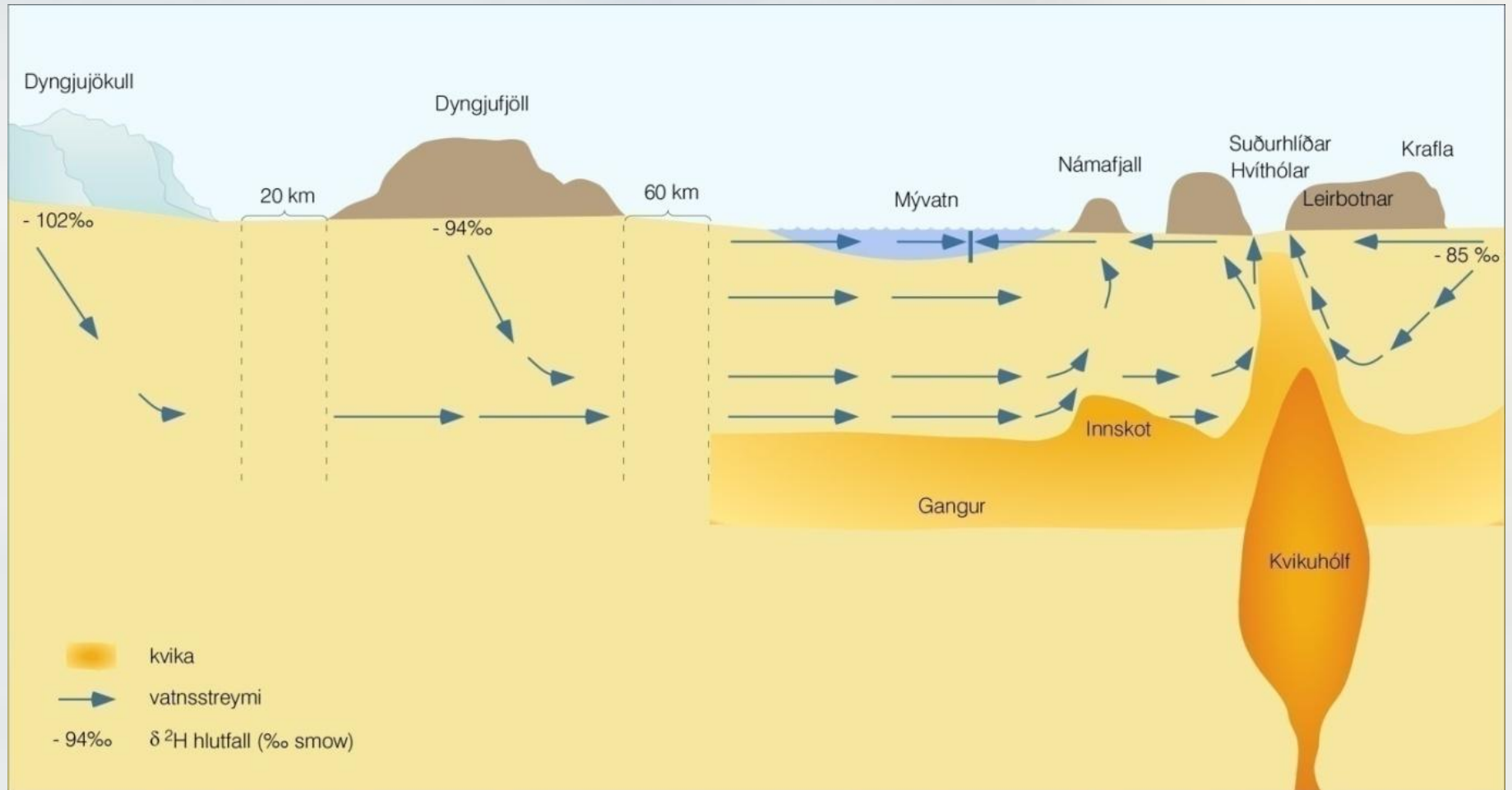
Hugmyndalíkan Kröflu



Hugmyndalíkan Kröflu



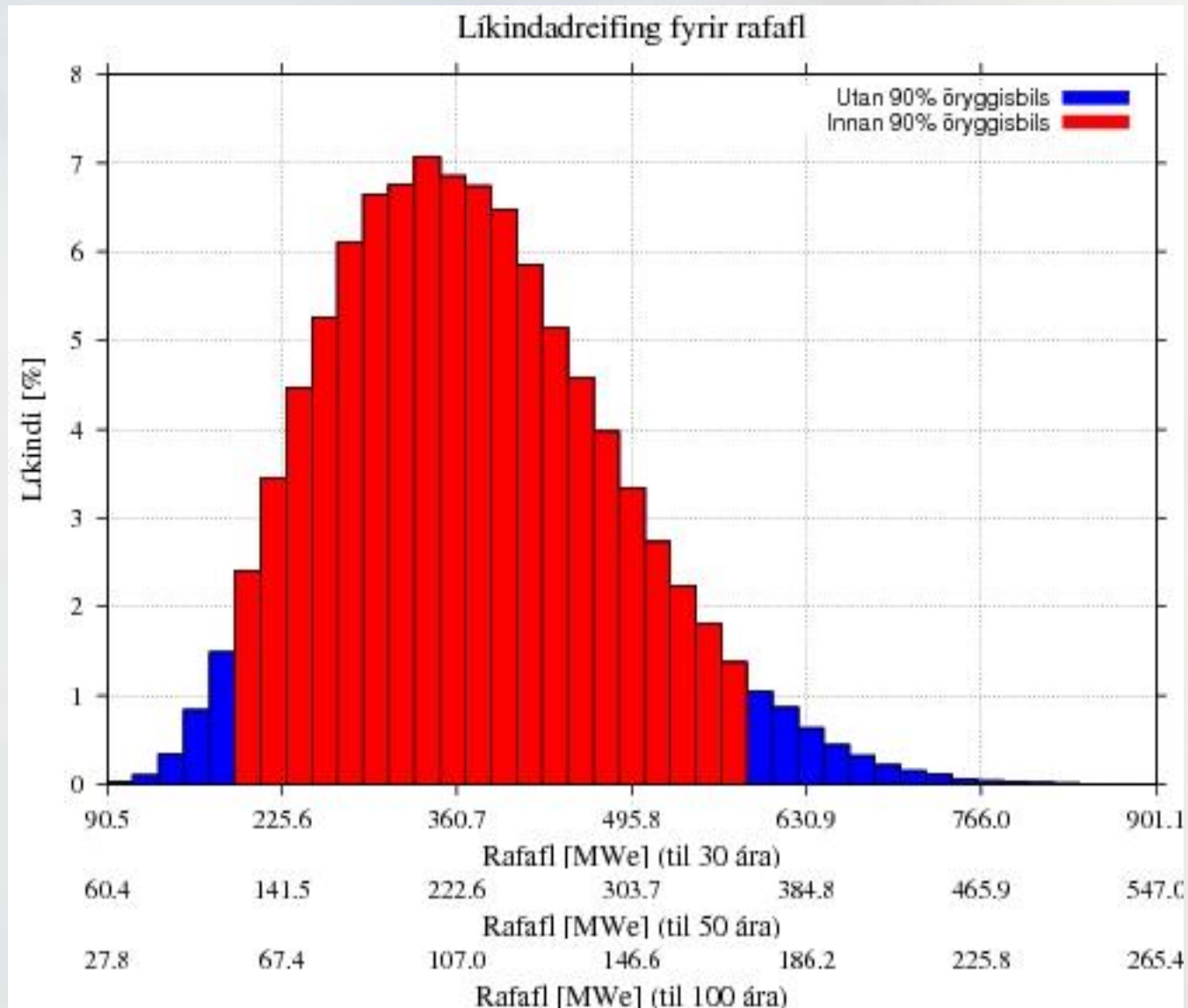
Einfaldað jarðhitalíkan



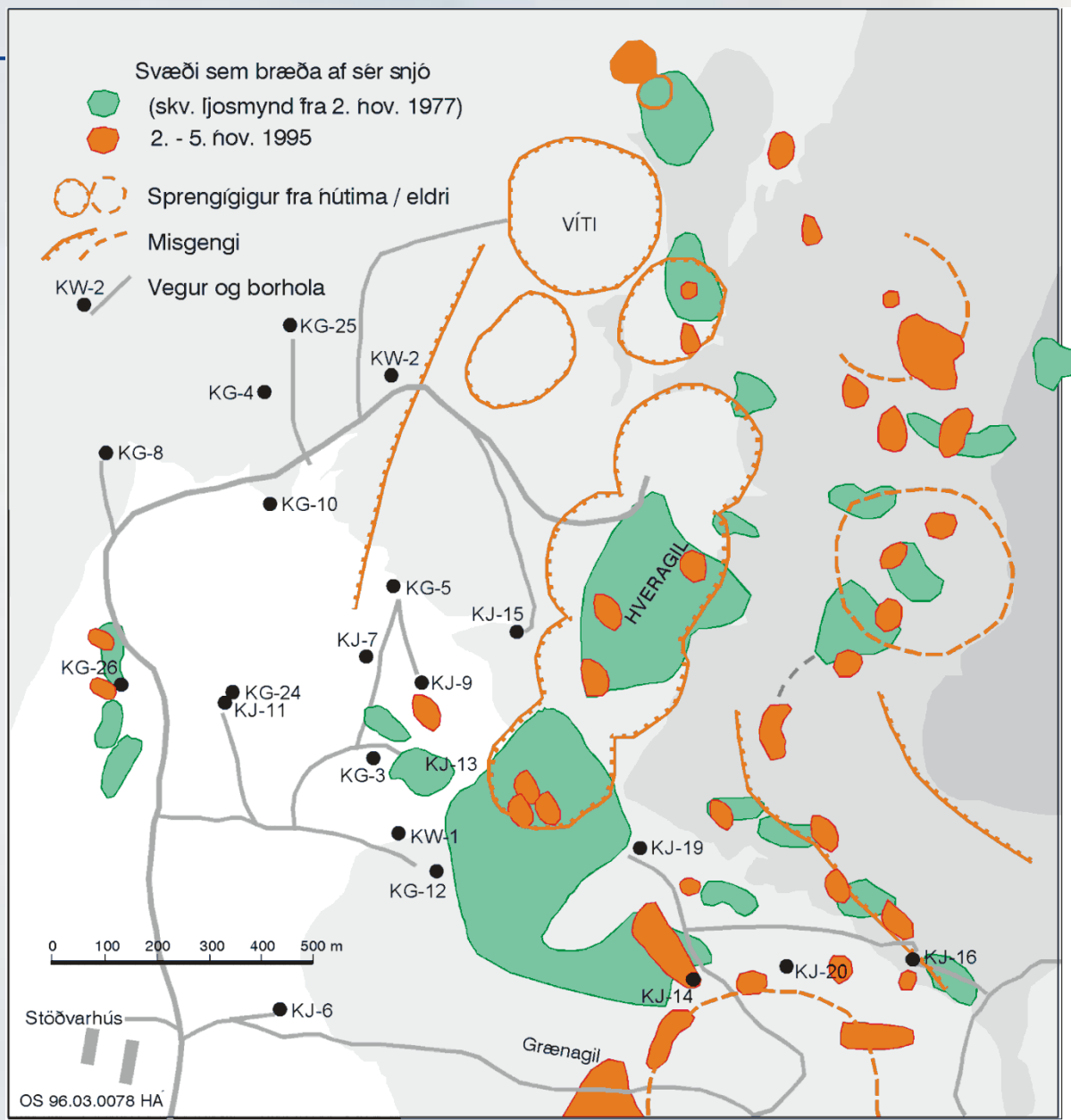
Yfirlit yfir breytur sem notaðar eru við útreikning á varmaforða og rafafls Kröflu.

<i>Nafn breytu</i>	<i>Breyta</i>	<i>Teg.</i>	<i>Minnsta gildi</i>	<i>Líklegasta gildi</i>	<i>Mesta gildi</i>
Heildarvarmi	Q	jafna 1			
Yfirborðsflatarmál	F	líkindadreifing	16 km ²	28 km ²	40 km ²
Varmarýmd	C	jafna 3			
Eðlisvarmi vatns	s_v	fasti		5200 J/(kg°C)	
Eðlisvarmi bergs	s_B	fasti		880 J/(kg°C)	
Eðlismassi vatns	ρ_v	fasti		760 kg/m ³	
Eðlismassi bergs	ρ_B	fasti		3000 kg/m ³	
Poruhluti	ϕ	líkindadreifing	0,05	0,10	0,20
Hitastig	$T(z)$	jafna 4			
Viðmiðunarhiti	T_{Ref}	fasti		5,170°C	
Hlutfall af suðuferli	x	líkindadreifing	0,7	0,9	1,0
Dýptarmörk	$z_0, z_1=z_2$	fastar		0,3000 m	
Rafafl	P_e	jafna 7			
Varmaheimtustuðull	R	líkindadreifing	0,10	0,15	0,20
Nýtingarstuðull	η_e	fasti		0,12	
Nýtingartími	t	fasti		30,50,100 ár	

Krafla – Líkindadreifing fyrir rafafi



Vöktun á yfrborðsjarðhita í Kröflu













Námafjall / Bjarnarflag

Vinnslusaga

- Námafjall aðgengilegt úr tveimur áttum:
 - Bjarnarflag að vestan
 - Hverir eða Hverarönd að austan
- Fjölnýting jarðhitans í yfir 40 ár
 - Gufuframleiðsla fyrir iðnað
 - Hitaveita
 - Raforkuframleiðsla
 - Baðlón
 - Jafngildir í heild um 10-20 MWe vinnslu
- Afar heppilegt svæði til nýtingar

90 MW ný Bjarnarflagsvirkjun

- Til staðar gufa sem jafngildir 45 MWe
- Umhverfismat liggur fyrir
- Þarf að styrkja raforkuflutning upp í Kröflu
- Ferðamannavirkjun

Ný Bjarnarflagvirkjun

KÆLITURNAR
TENGIVIRKI
STÖÐVARHÚS
GÖNGUSTÍGUR
SKILJUSTÖÐ
GESTAMÓTTAKA
AÐKOMUVEGUR
GUFULAGNIR
BORSVÆÐI
SVÆÐI BAÐFÉLAGS MÝVATNSSVEITAR

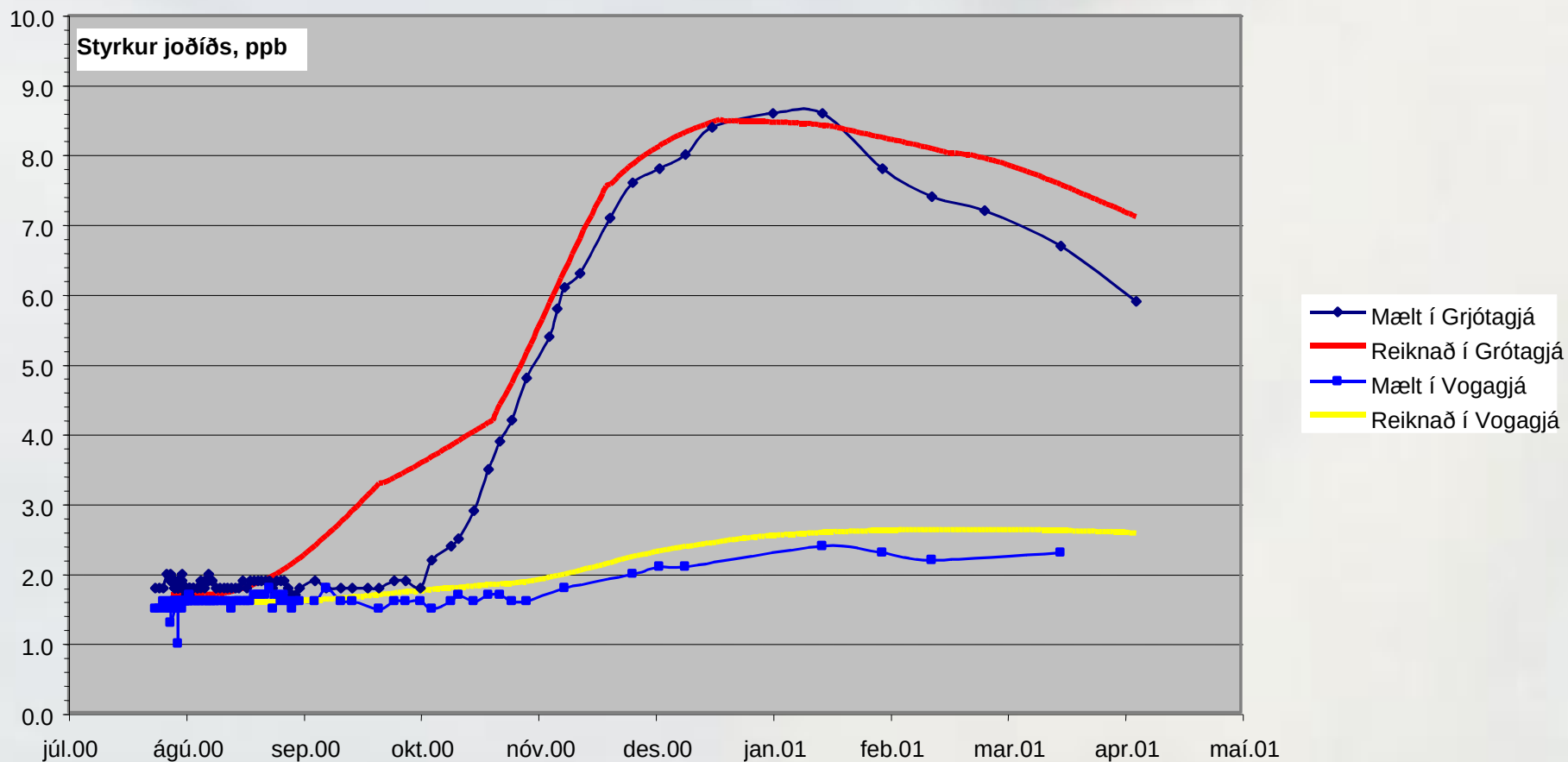




Áhrif á Mývatn

Ferilefnaprófun frá Bjarnarflagi

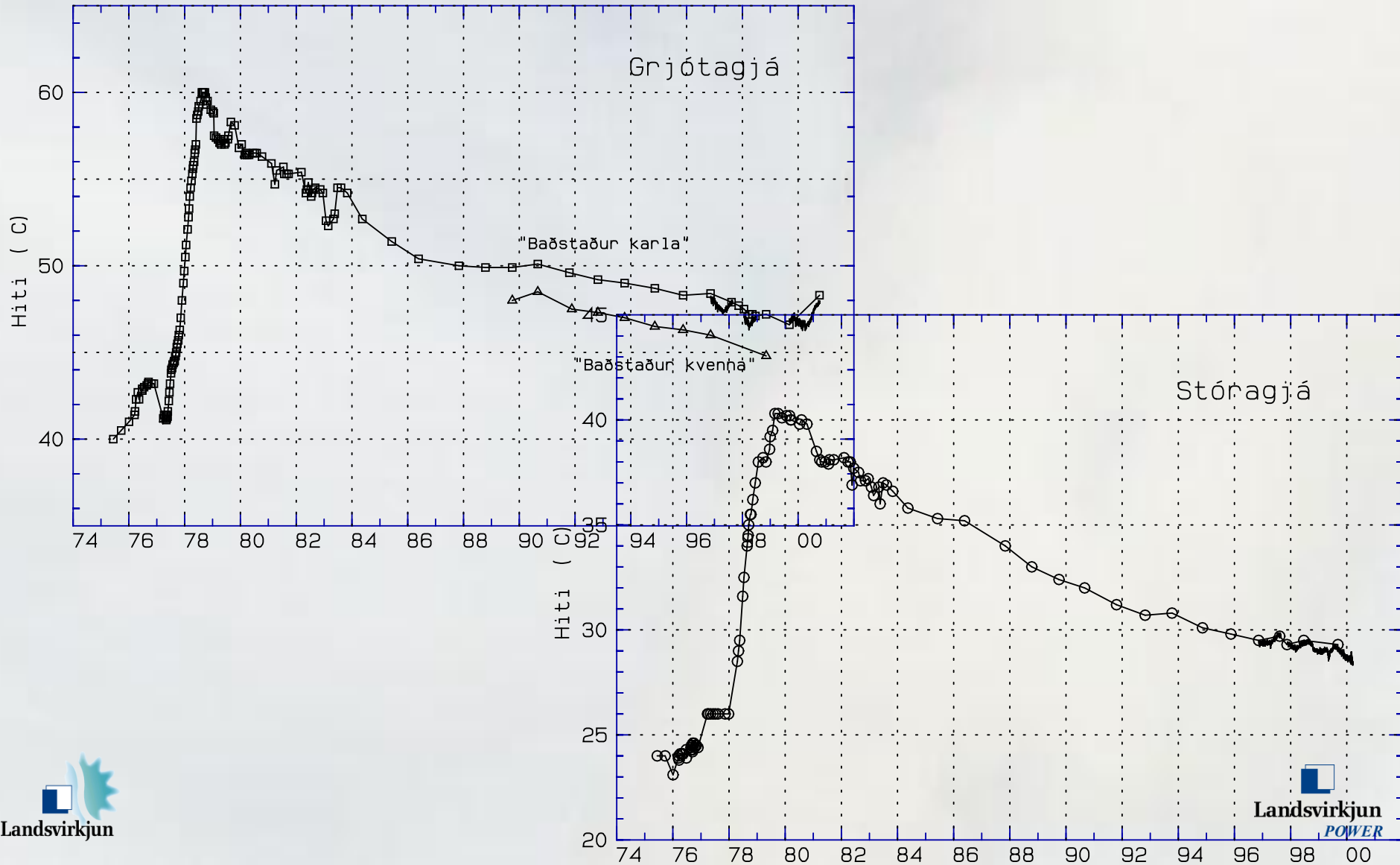
Mældur og reiknaður styrkur joðíðs í Grótagjá og Vogagjá



Niðurstöður ferilefnaprófunar frá Bjarnarflagi

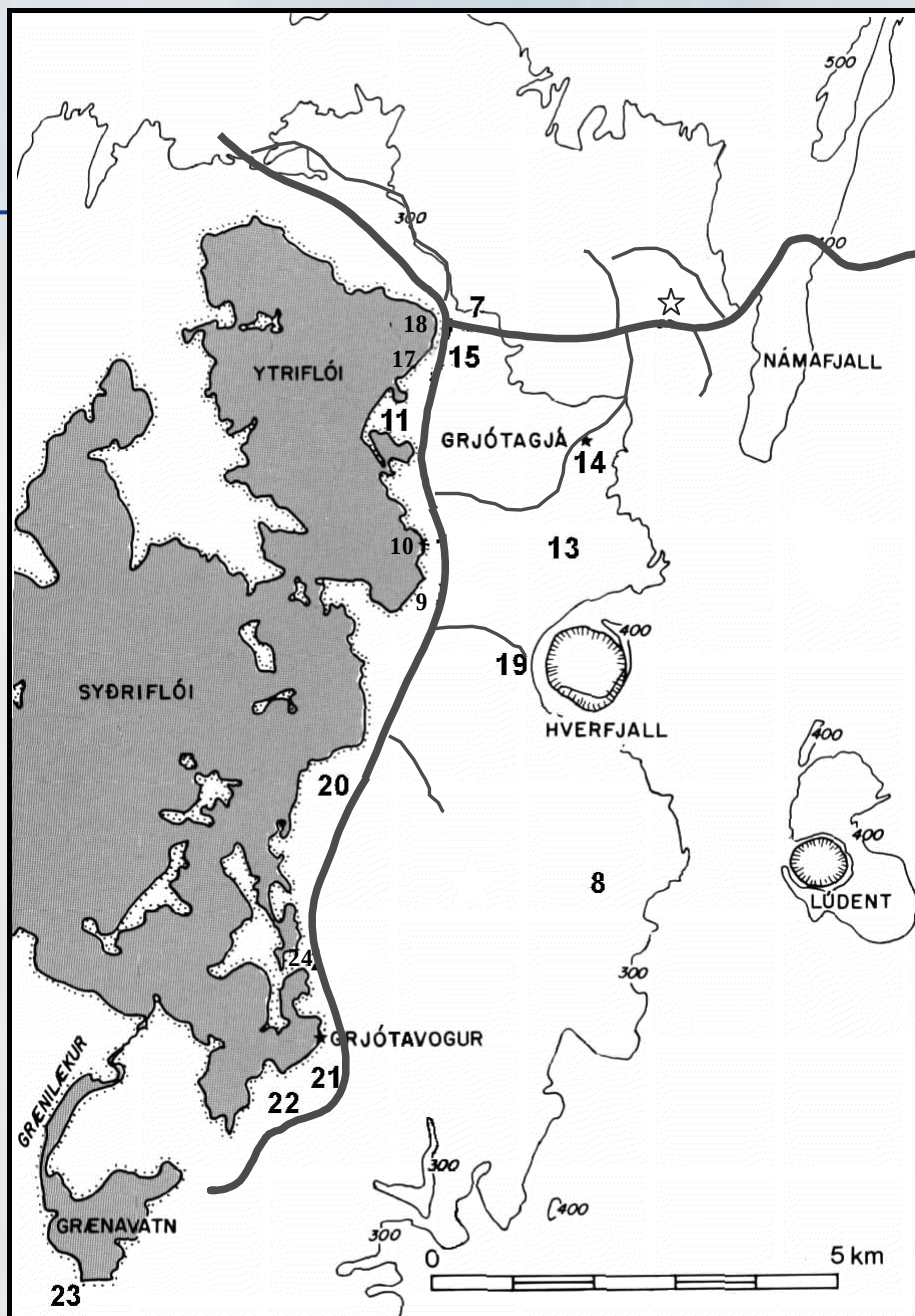
- Affall frá Bjarnarflagslóni dreifist mjög vel um grunnvatnskerfið og þynnist a.m.k hundrað milljón falt. Þetta er í samræmi við meginniðurstöður eldri prófana.
- Affallið berst með hægum grunnvatnsstraumnum, með meðalhraða um 14 m/dag. Það berst að óverulegu leyti eftir gjánum, en þar er straumhraðinn tveimur stærðargráðum meiri.
- Breytilegar aðstæður, jafnt á niðurrennslisstað sem í vægi heitra og kaldra grunnvatnsstrauma, hafa sennilega nokkur áhrif á dreifingu efna um grunnvatnskerfið.
- Grunnvatnslíkan af svæðinu, sem sett var upp 1999, nær að herma nokkuð vel endurheimtu ferilefna í Grjótagjá og Vogagjá, en gæti þó þurft á lítilsháttar endurskoðun að halda að ferilprófuninni lokinni. Þar með verður orðið til verkfæri sem mun nýtast til að herma áhrif förgunar affallsvatns frá jarðhitavirkjunum á svæðinu. Ef af frekari virkjun verður á svæðinu mun grunnvatnslíkanið leika lykilhlutverk í vöktun grunnvatnskerfisins og rekstri jarðhitakerfisins

Hitabreytingar í grunnvatni við Mývatn í Kröflueldum og fyrir



Mývatn og nágrenni

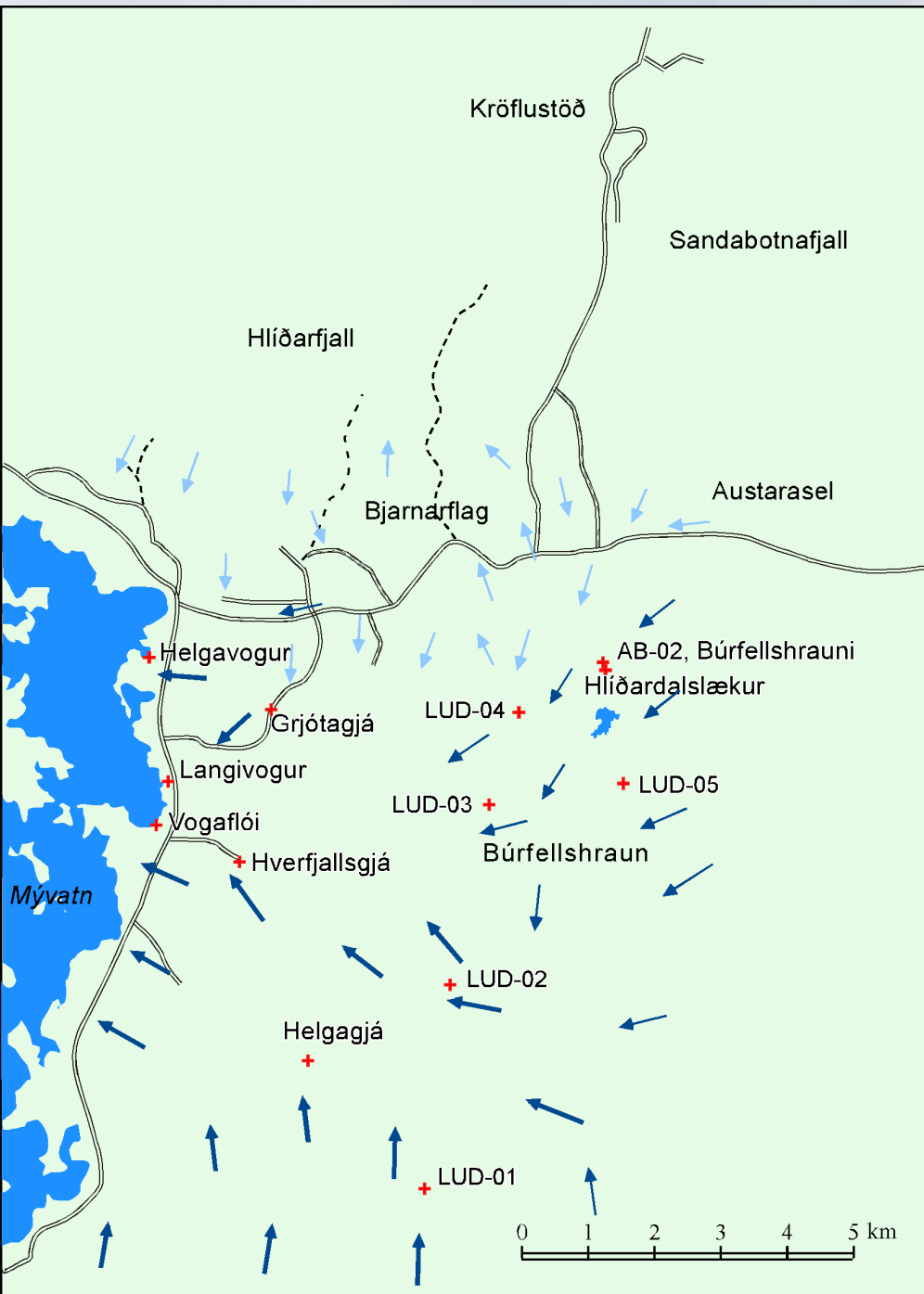
Sýnatökustaðir meðan á ferilefnaprófun stóð yfir.



Vöktun grunnvatns við Mývatn

Grunnvatnsrennsli í
Búrfellshrauni og
nágrenni.

Sýndar eru borholur,
lindir og gjár sem notaðar
hafa verið til sýnatöku v/
undirbúnings
vöktunaráætlunar

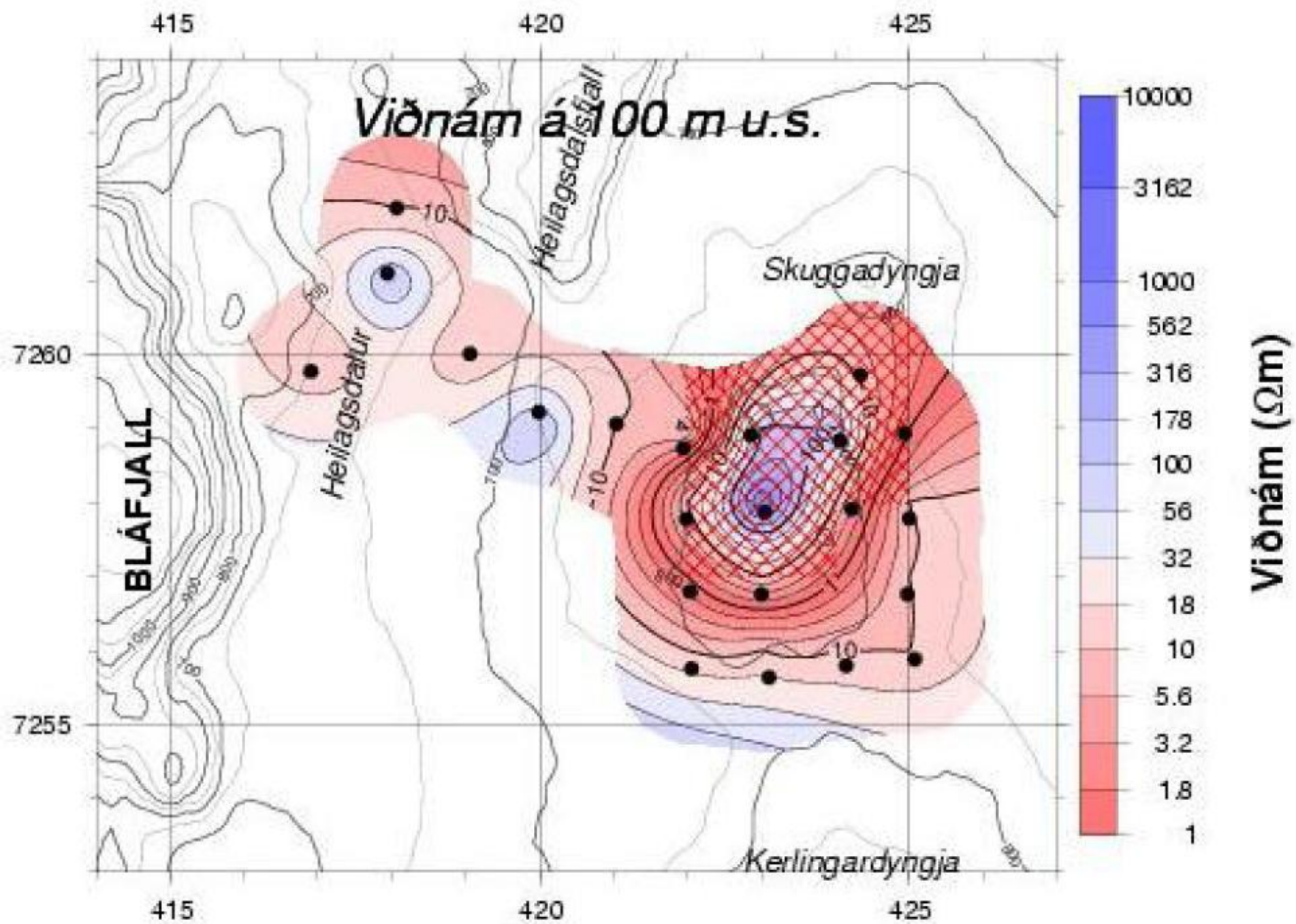


Fremrinámur

Fremrinámur innan Mývatns-Laxár verndar

- Stærð svæðis um 10-12 km²
- Aðgengilegt til vinnslu 100%
- Á náttúruminjaskrá 100%
- H.y.s. 800-900 m
- Hiti skv. Gashitamælum 300-340°C

- Stærð svæðis um 10-12 km²
- Aðgengilegt til vinnslu 100%
- Á náttúruminjaskrá 100%
- H.y.s. 800-900 m
- Hiti skv. Gashitamælum 300-340°C



Brennisteinspúfur í Fremrinámum

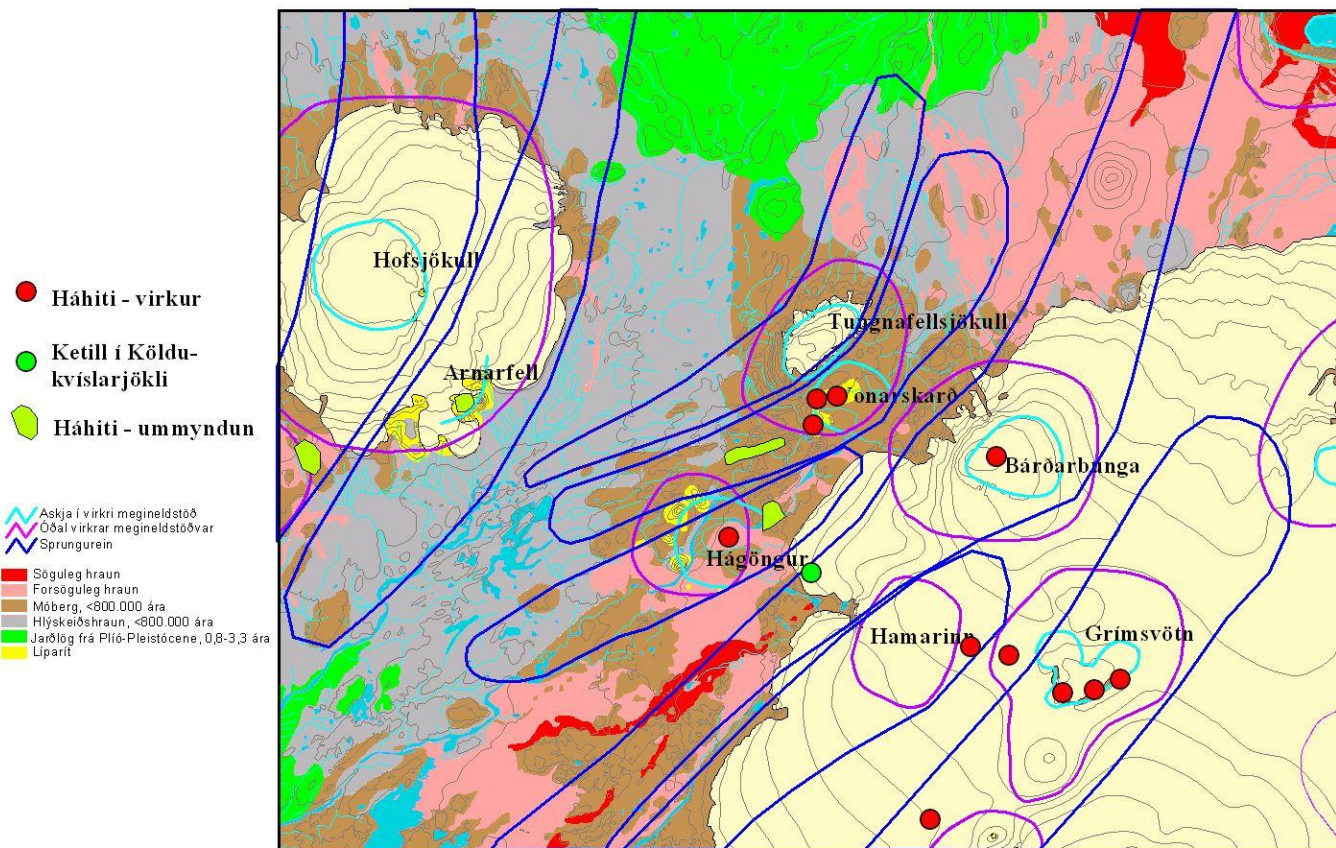
1950-2002



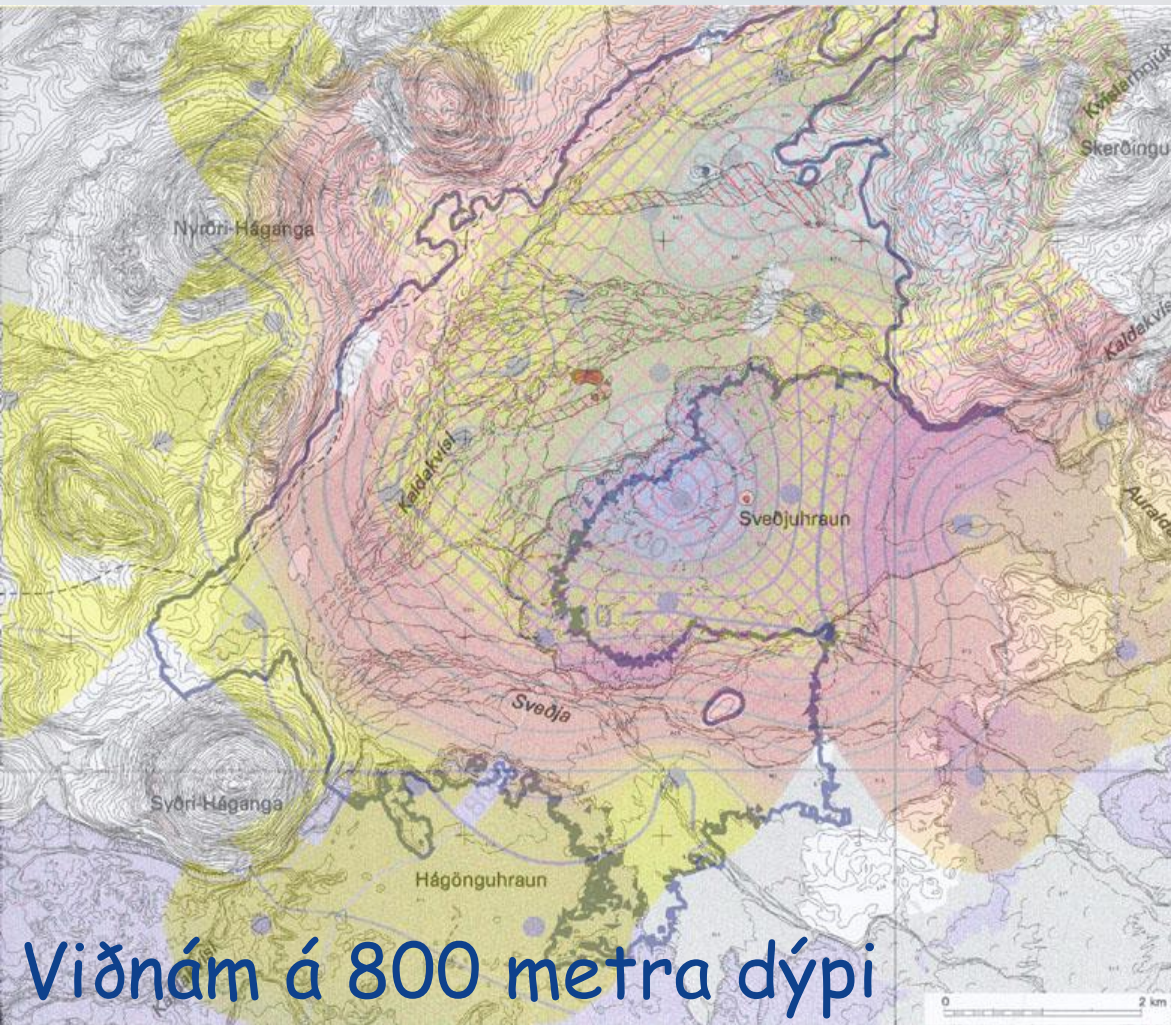
Hágöngur



Jarðhiti og ummyndun

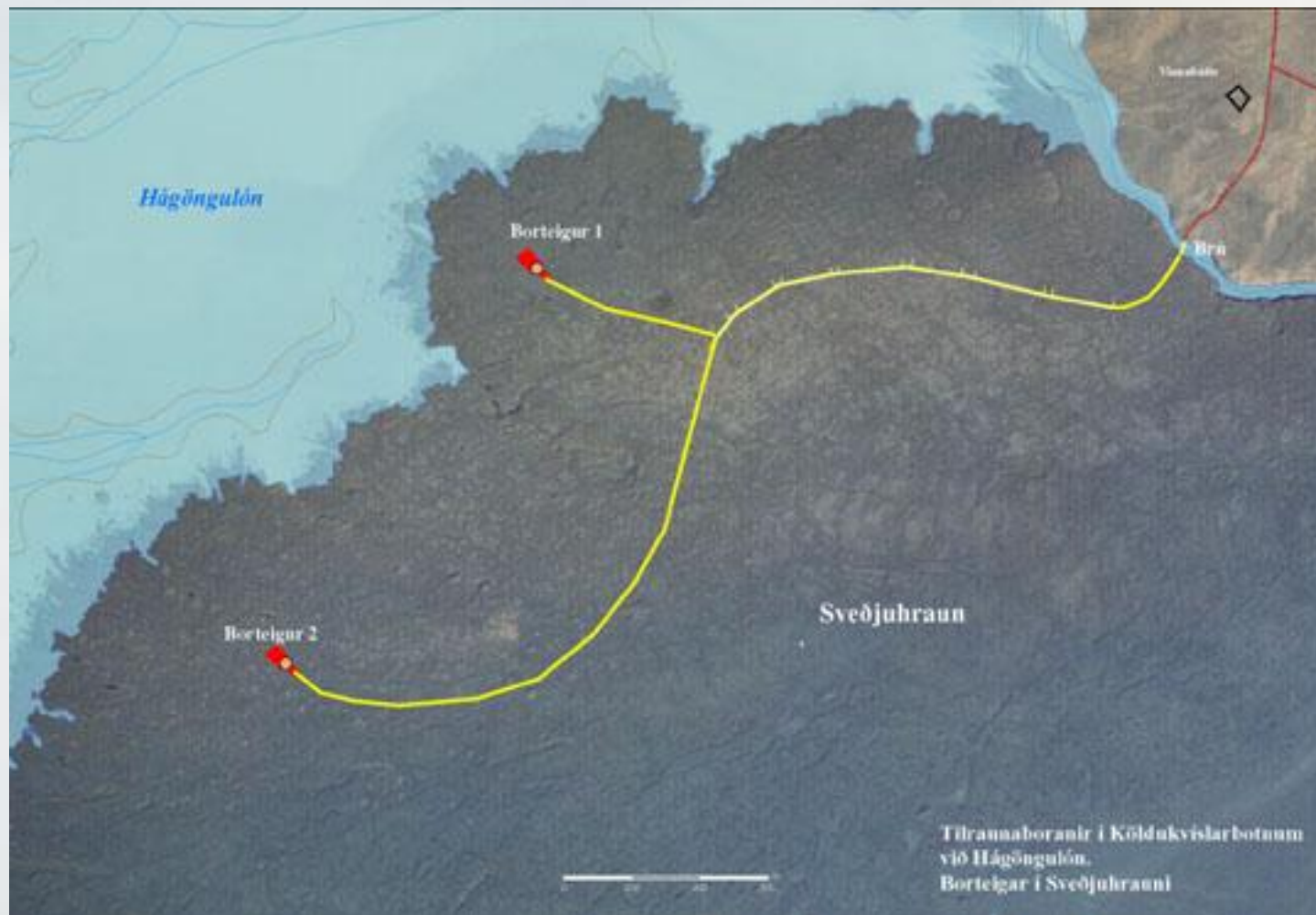


Undirbúningur fyrir rannsóknarboranir

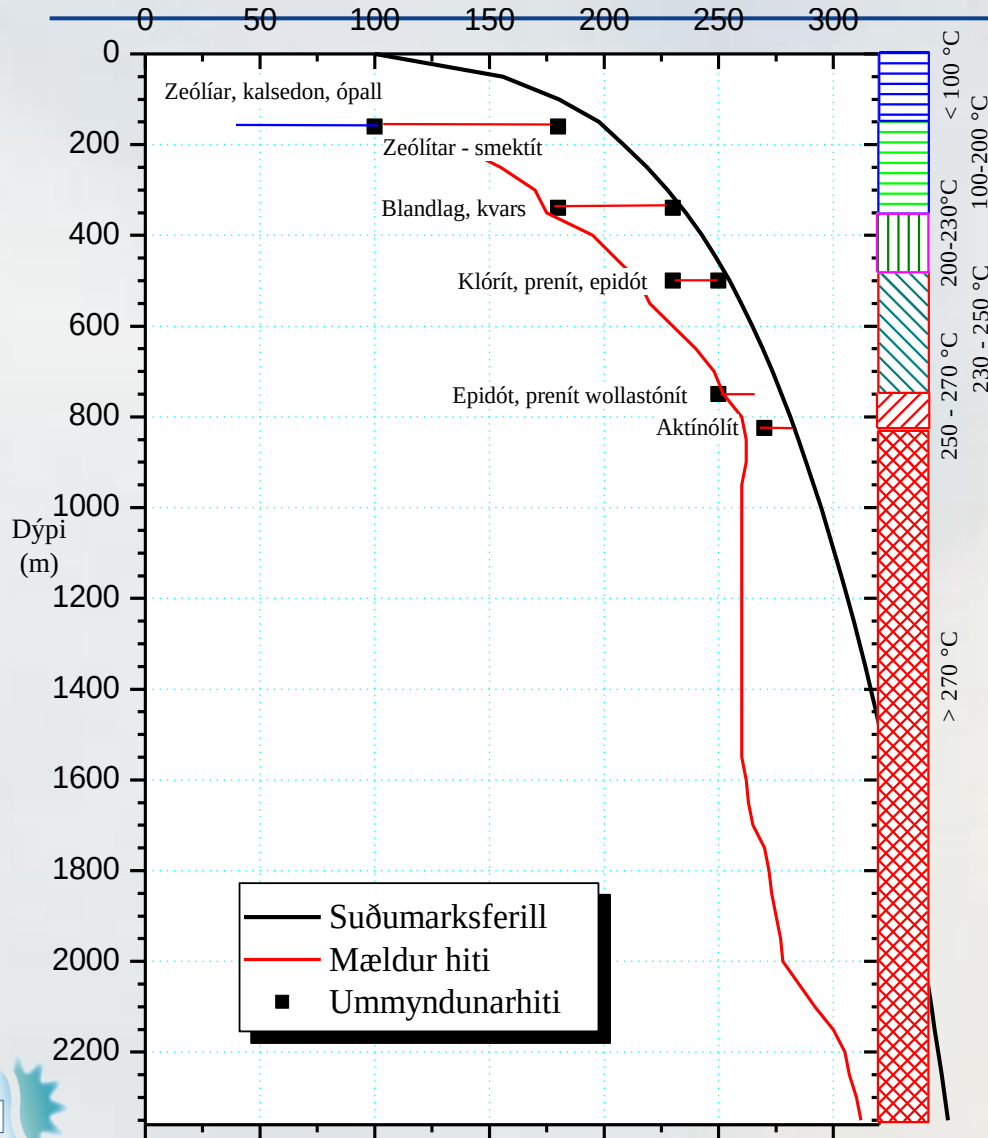


- Jarðfræðikortlagning
- Kortlagning á virkum og útkulnuðum jarðhita
- Efnafræði jarðhita-vökvans rannökuð
- Áætlaður hiti ó jarðhitakerfinu út frá efnahita
- Útbreiðsla og stærð jarðhitakerfisins kortlögð með TEM-mælingum

Staðsetning 1. borholu



Ummyndunarhiti



Viðmiðunarmörk:

- Zeólítar 180°C
- Smektít < 200°C
- Kvars > 180°C
- Blandlag 200-230°C
- Prenít > 240°C
- Klórít > 230°C
- Epidót > 230-250°C
- Wollastónít > 260°C
- Aktínólít > 270-280°C

Hágöngur- tengsl milli borholusniðs og yfirborðsjarðfræði

Sprengisandur

Nyrðri-Háganga

Hágöngulón

Sveðjuhraun

Köldukvíslarjökull

Öll misgengin hafa fall til vesturs að einu undanskildu. Sum hafa hreyfst á nútíma. Þar sem misgengin ná niður í grunnvatnsborð kemur vatn upp með þeim.

Nútími

Jökulskeið

Jökulskeið

Hlýskeið og jökulskeið

Hlýskeið

Nútímahraun

Bólstrabreiður

Móbergshryggir

Líparít (Hágöngur)

Basalthraun o.fl.

Dasíthraun

10.000 ár

200.000 ár

300.000-400.000 ár

500.000-800.000 ár

>800.000 ár

Ef tenging er nærri lagi þá hefur askjan sigið um 500-1000 m. Í tertíera staflanum eru öskjur með sigi á sama bili.

Tilgátusnið HJ ekki í kvarða

Tungnafellsjökull

Kvíslarhnjúkar

Hverasvæði

Sveðjuhraun

Hágöngulón

Syðri Háganga

Hágöngumiðlun





25.10.2005

Hágöngur

- Frumjarðfæðikortlagningu er lokið á Hágöngusvæðinu
- TEM-viðnámsmælingar hafa afmarkað útmörk háhitasvæðisins
- Stærð áætluð skv. TEM-mælingum er 45 km²
- Rannsóknaborholan HG-01 sýnir yfir 300°C hita á 2000 m dýpi
- Jarðhitavökvinn er hentugur fyrir raforkuvinnslu

Heimildir

- Greinargerð Hauks Jó og Kristjáns Sæm um jarðhitafyrirbæri
- Skýrsla NÍ
- Matsskýrslur
- Aðrar rannsóknarskýrslur
- Skipulag
- Hvítbókin
- Guðmundur Pálmason
- O.fl.