

# Orkuvinnsla á Reykjanesskaga Hvað hefur lærst?

Sverrir Þórhallsson  
Erindi á ársfundi ÍSOR  
2005-03-18



# Yfirlit

- Í fararbroddi jarðhitanýtingar.
- Yfirlit um jarðhitasvæðin á Reykjesskaga.
  - Útbreiðsla, hiti, afl, efnasamsetning.
  - Áhrif vinnslu á jarðhitakerfi. Vinnslueftirlit.
  - Nokkur vandamál sem upp hafa komið og dæmi um lausnir.
  - Niðurdæling og áhrif hennar.
- Hvað hefur lærst af 30 ára nýtingu?
  - Síbreytilegar aðstæður og oft ekki fyrirsjáanlegar.
  - Stöðug þekkingaröflun í gangi: rekstur, mælingar,



Myndin sýnir  
holu 14 gjósandi.  
Boruð 1949,  
sprakk 1999

Krýsuvík 1952

Ljósni: Vigfús Sigurgeirsson



# Frá fyrstu döqum - boranir

1971



Borinn Glaumur við borun holu SV-3.  
Holan var síðar notuð við tilraunastöð.



# Tilraunastöð Orkustofnunar 1974-1976

## LÆRDÓMUR:

- Varmaskiptar jarðsjávar stíflast, nota gufu.
- Hægt að blanda tvísoðinni gufu í hitaveituvatnið
- Upphitað ferskvatn nothæft til hitaveitu án efnameðhöndlunar
- Hröð útfelling í affalsvatninu en hraunið tók vel við.



# Reykjaneskagi - yfirflug

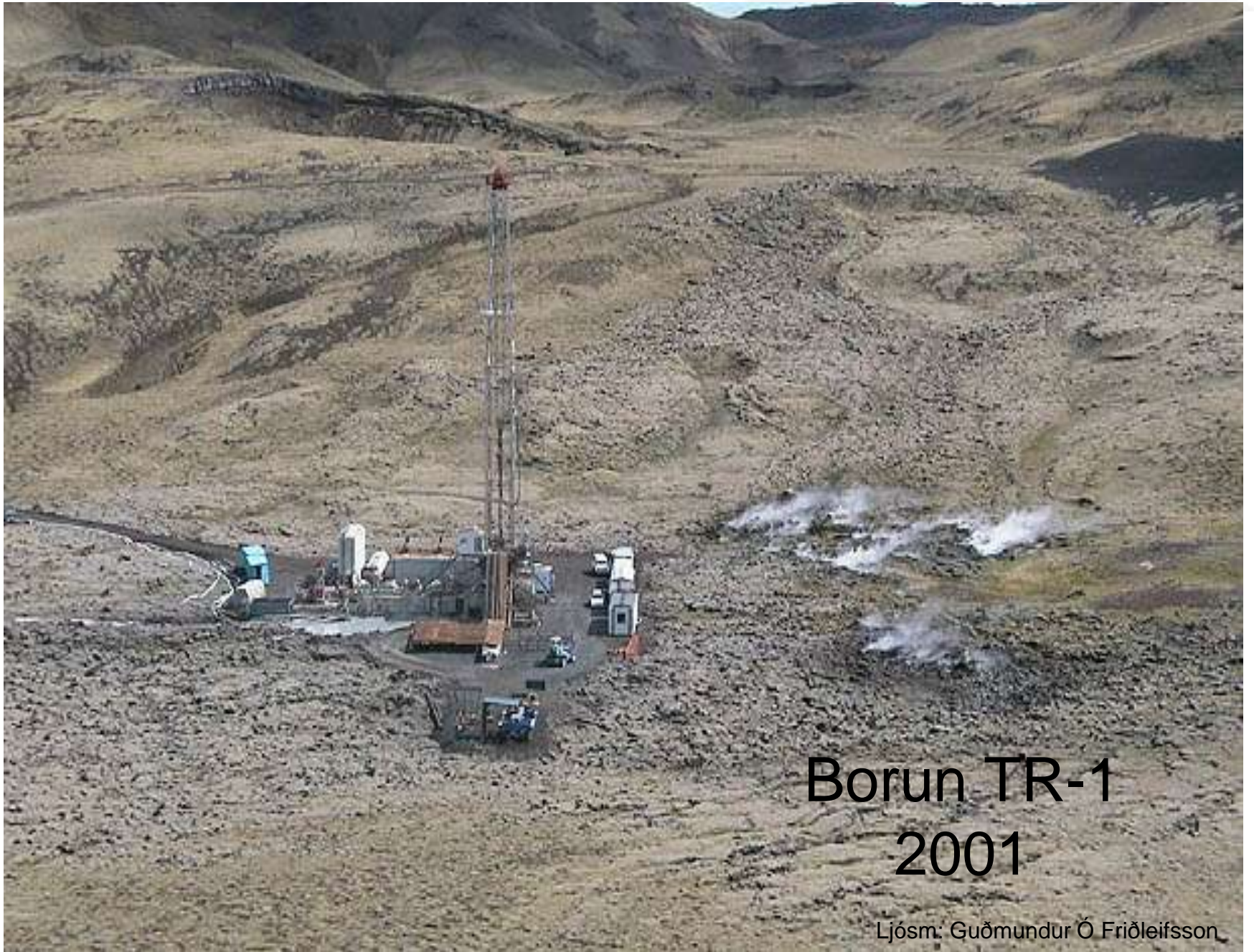
- Frumútgáfa af birtingu gagna í grafík (Fledermaus) sem auðveldar að skoða þau í þrívidd.
- Flug vestur eftir Reykjaneskaga yfir:
  - Trölladyngju
  - Svartsengi
  - Eldvörp
  - Reykjanes

Tilv.: Bjarni Richter

og síðan aftur til baka....

Sjá “Flogið yfir Reykjanes”





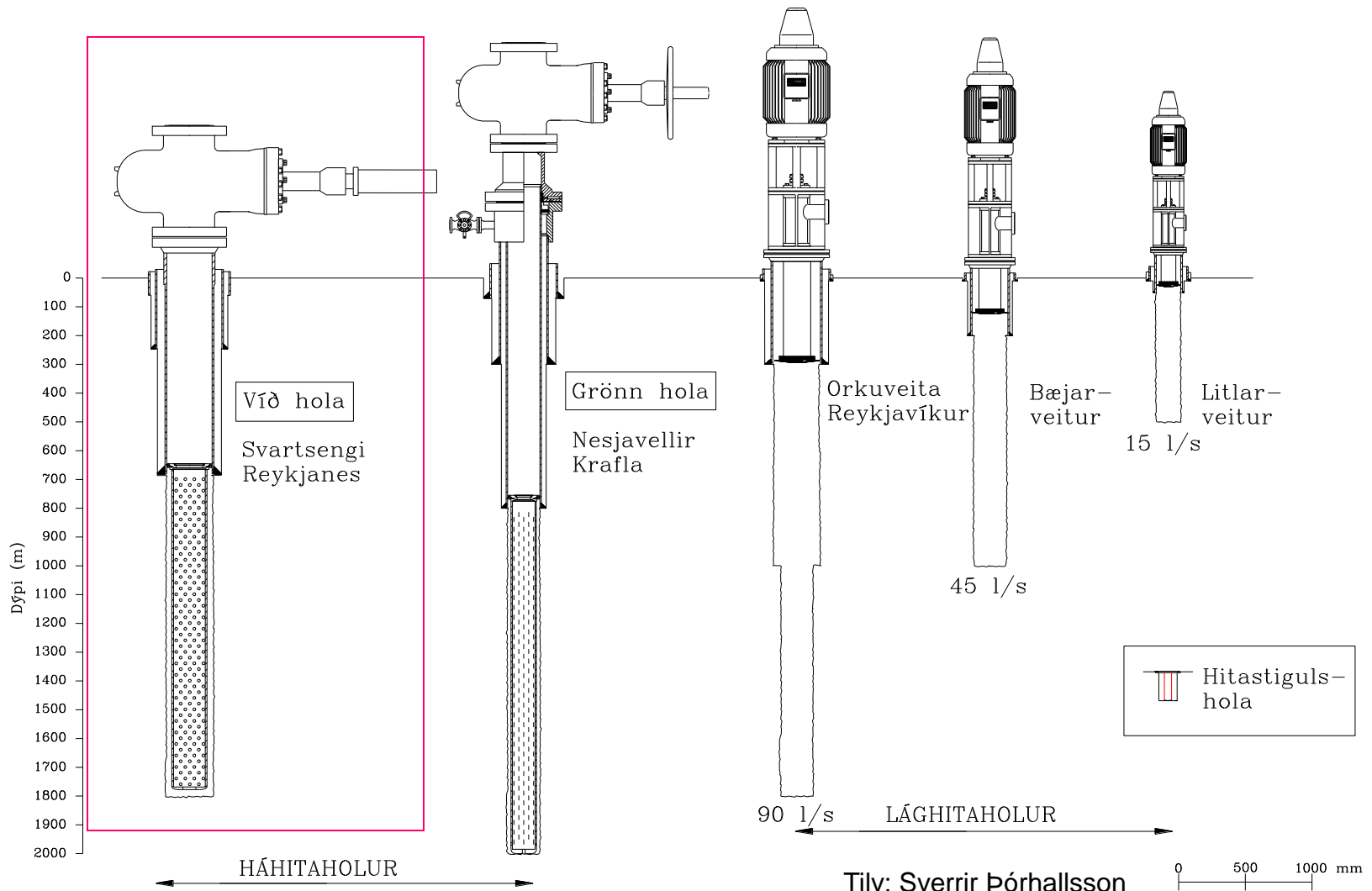
# Borun TR-1 2001

Ljósmynd: Guðmundur Ó Friðleifsson

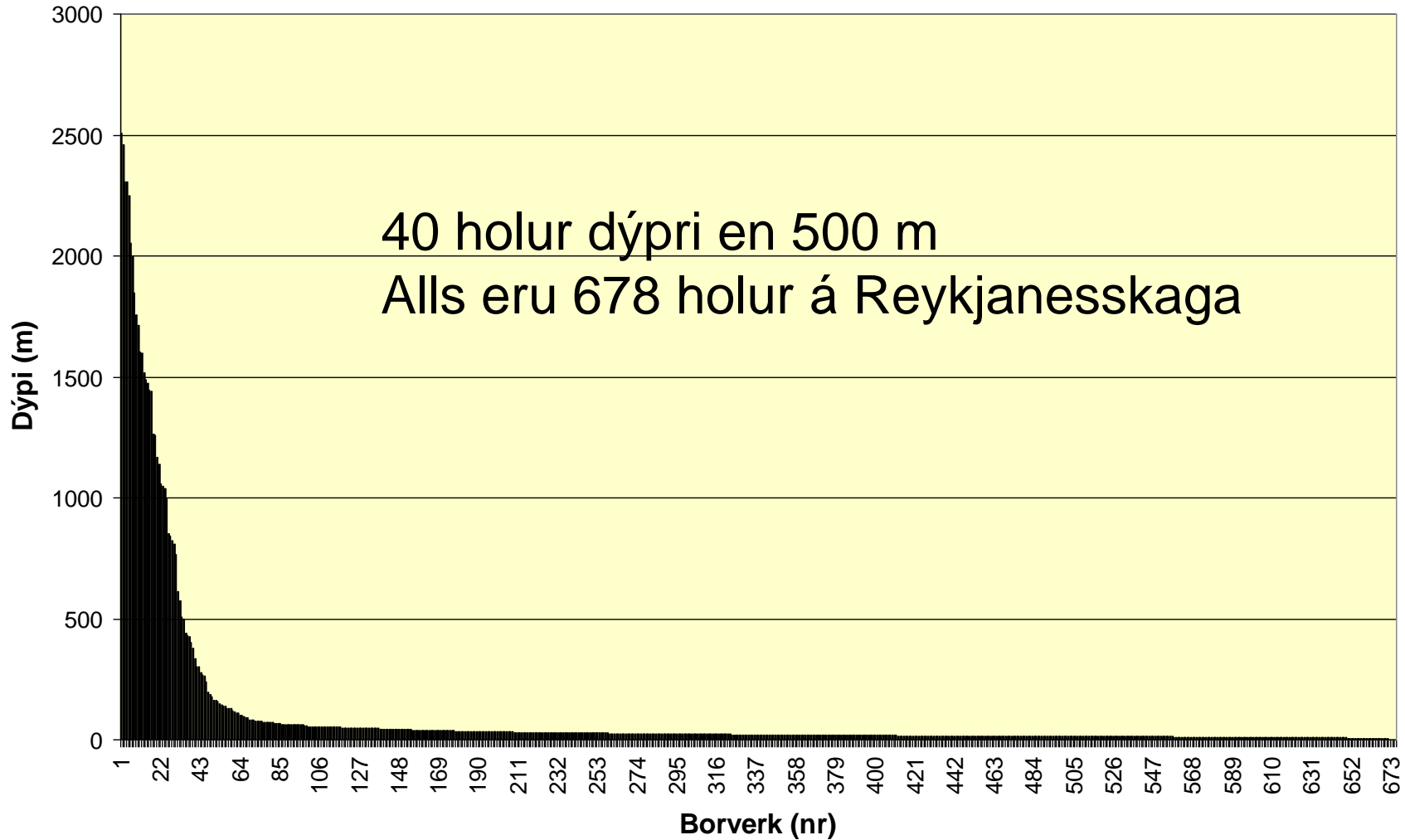




# Holur eru með víðum fóðringum 13-3/8"



# Dýptardreifing borholna á Reykjaneskaga



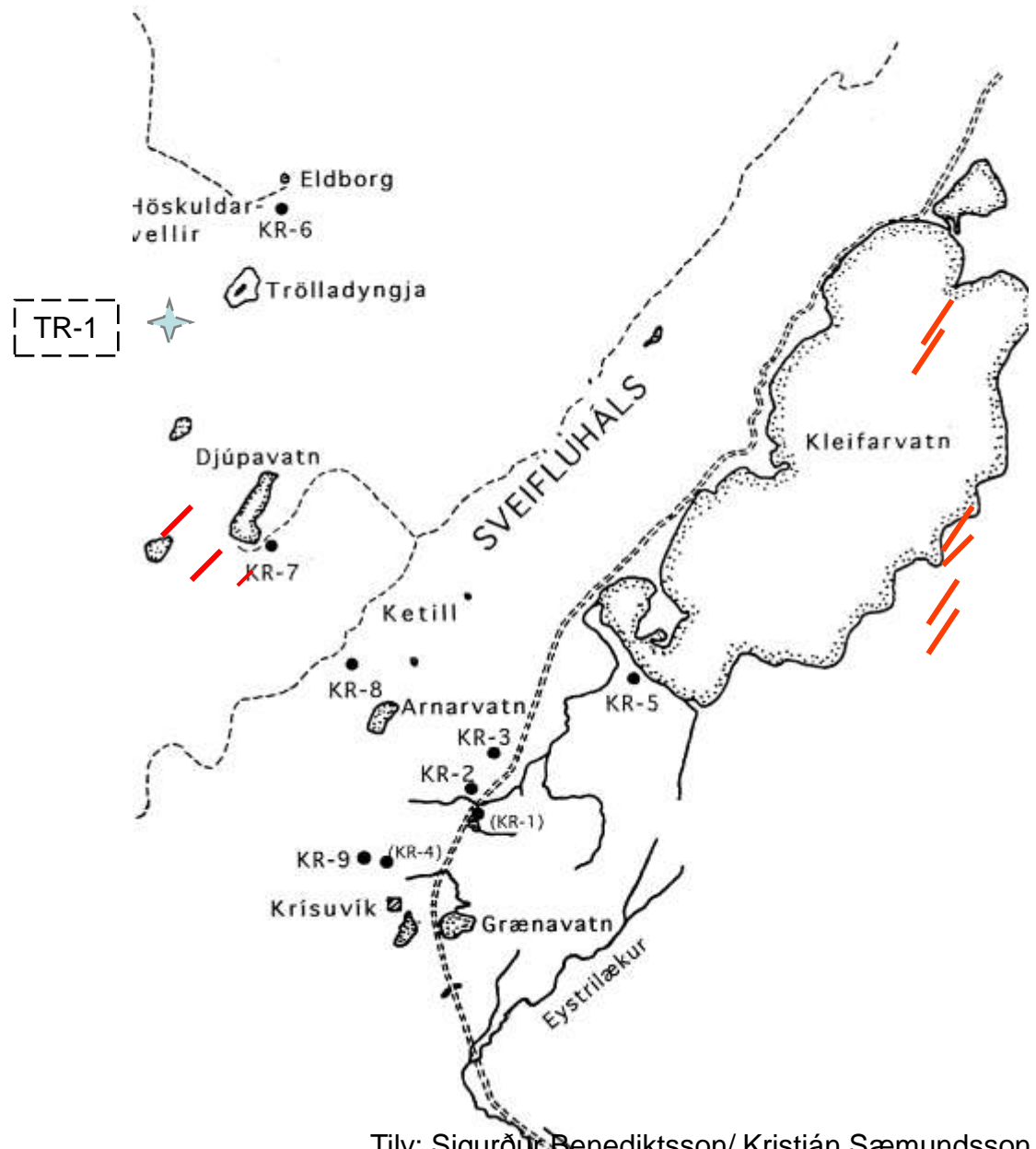
Tilv: Borholuskrá Orkustofnunar

# Borholur í Krýsuvík

Skýring:

/// Sprungur sem opnuðust í jarðskjálfta 7. júní 2000. Vatn streymdi niður í þær í Kleifarvatni með þeim afleiðingum að vatnsboðið lækkaði um 5 m. Vatnsborðshækkunin hefur síðan gengið til baka að hálfu.

KR-x Holunúmer



Tilv: Sigurður Benediktsson/ Kristján Sæmundsson

# Borun holu TR-1 í Trölladyngju

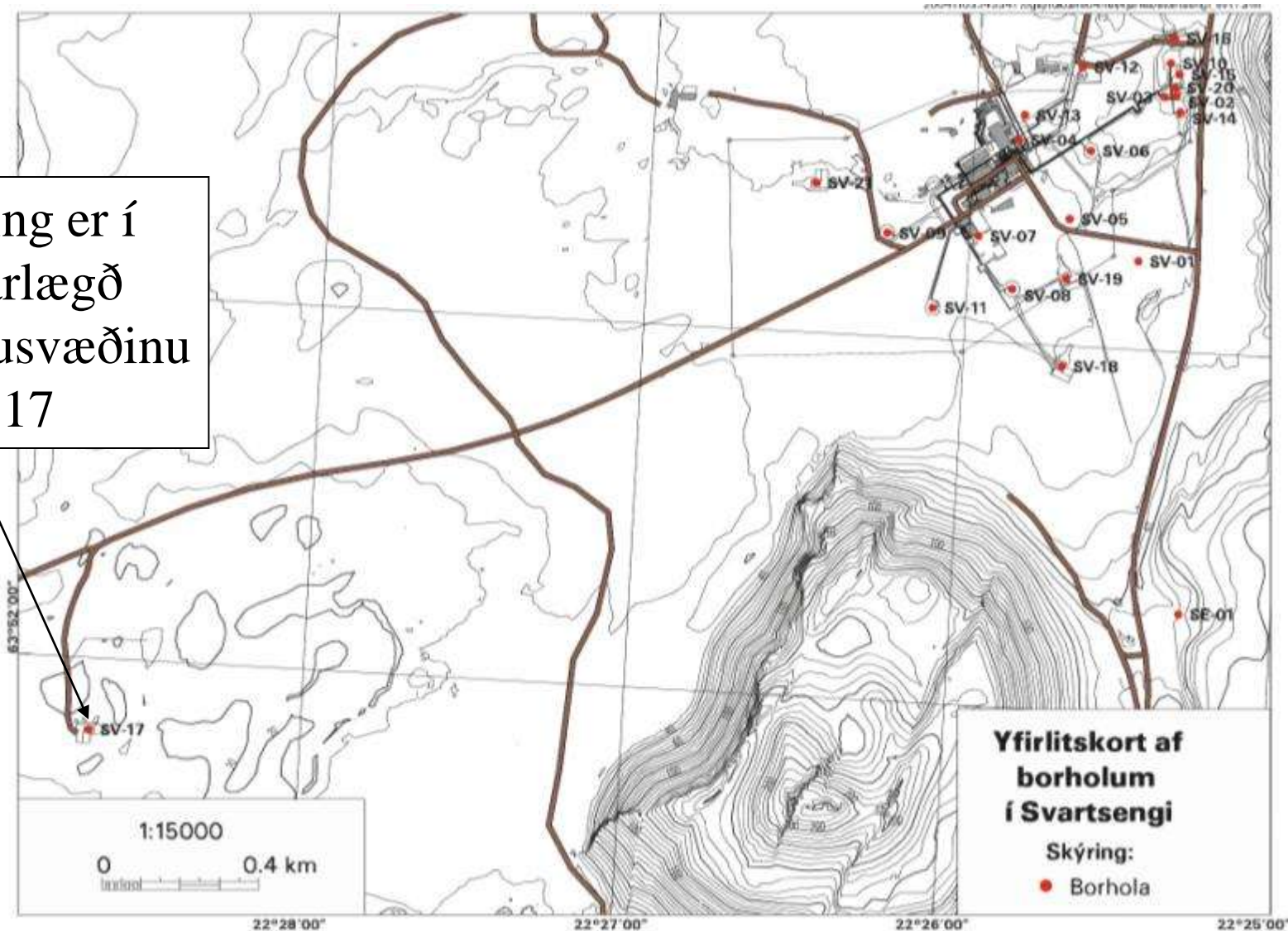


Ljósmynd: Guðmundur Ó Friðleifsson

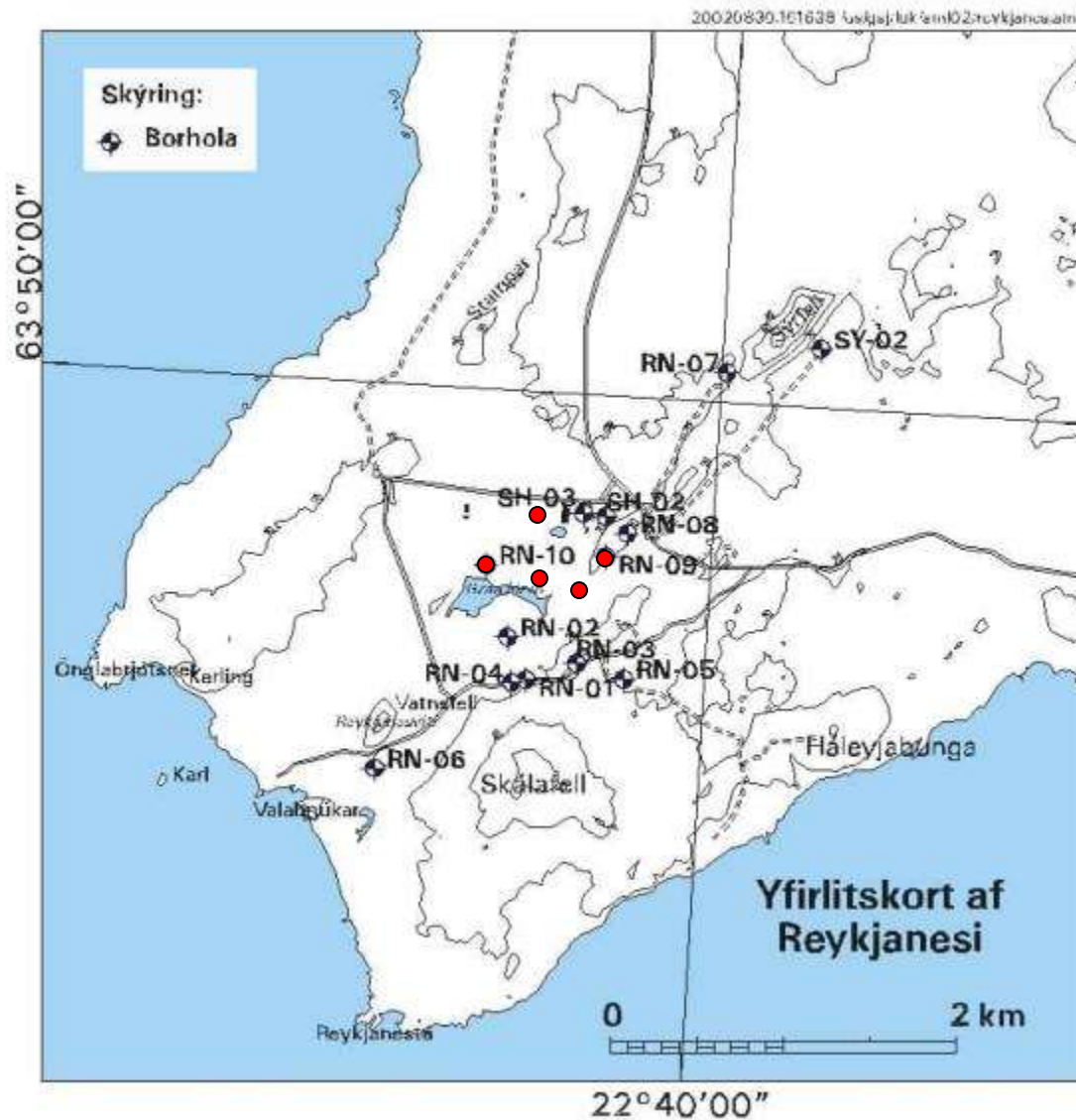
- Fyrsta djúpborun á vegum Jarðlindar ehf. 2001.
- Dýpi holu 2300 m
- Hæstur hiti 320°C, meðalhiti í blæstri 240°C
- Heildarflæði 55 kg/s við 8 bar-y (samsvarar 4 MWe)
- Seltuinnihald 1,5%



Niðurdæling er í  
2,5 km fjarlægð  
frá vinnslusvæðinu  
í holu SV-17



- Nýjar holur

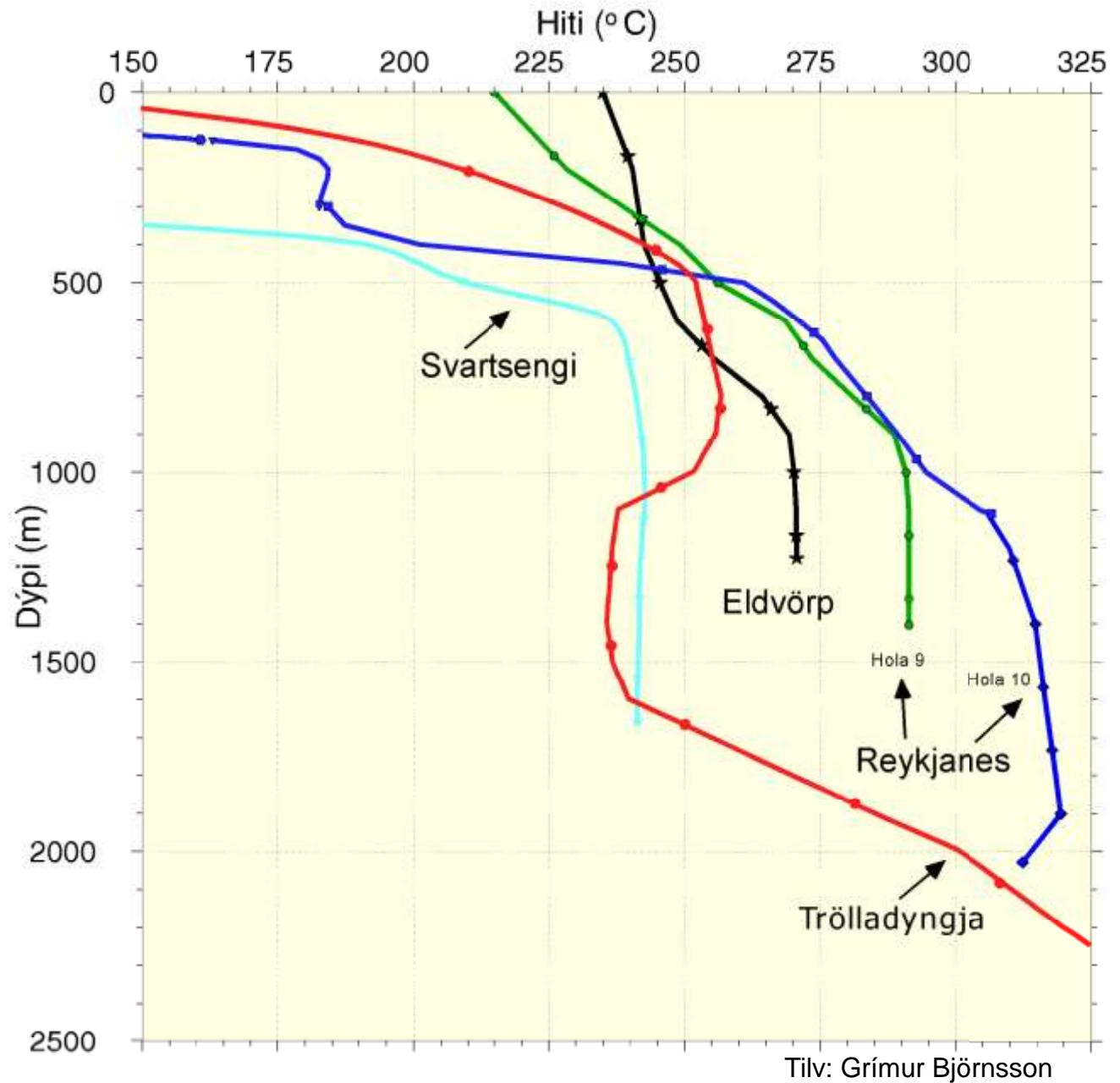


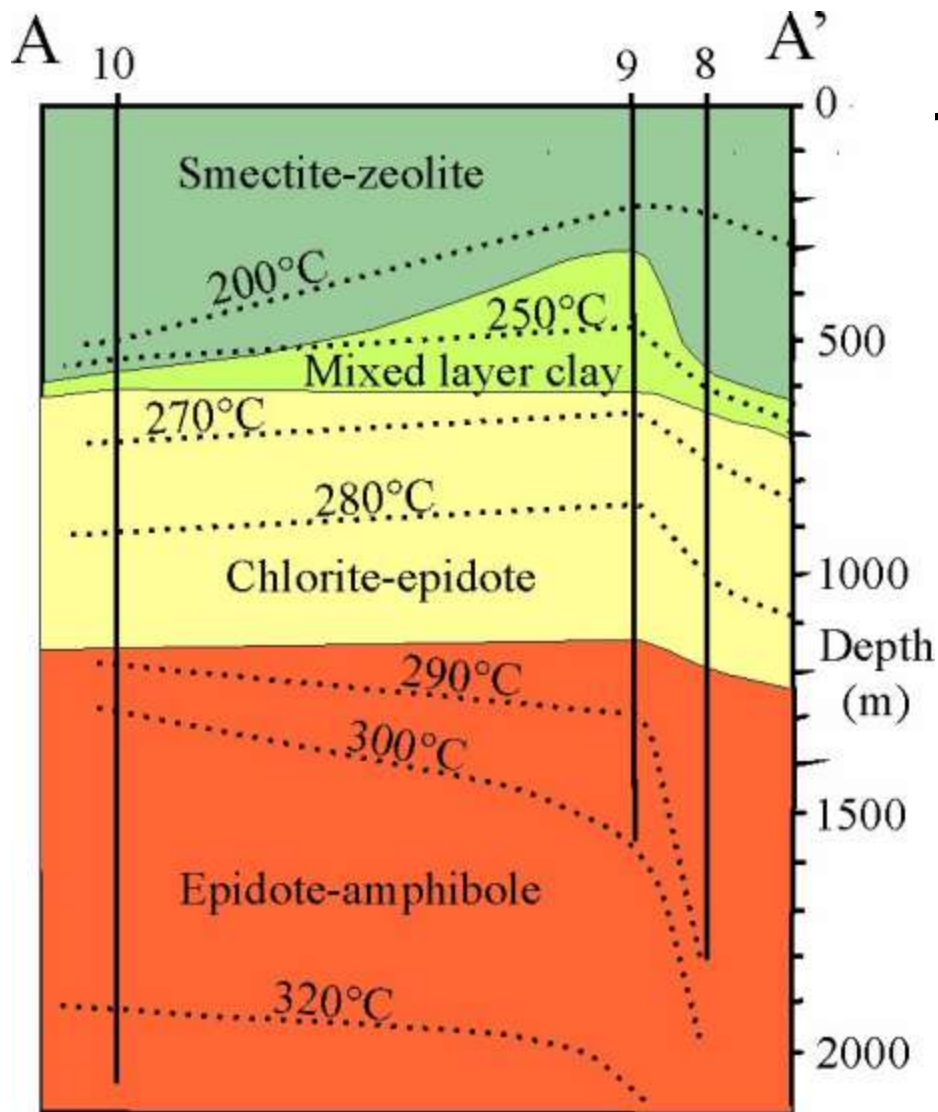
# Hita- mælingar í háhitaholum

Reykjanes heitast  
með 290°-310°C

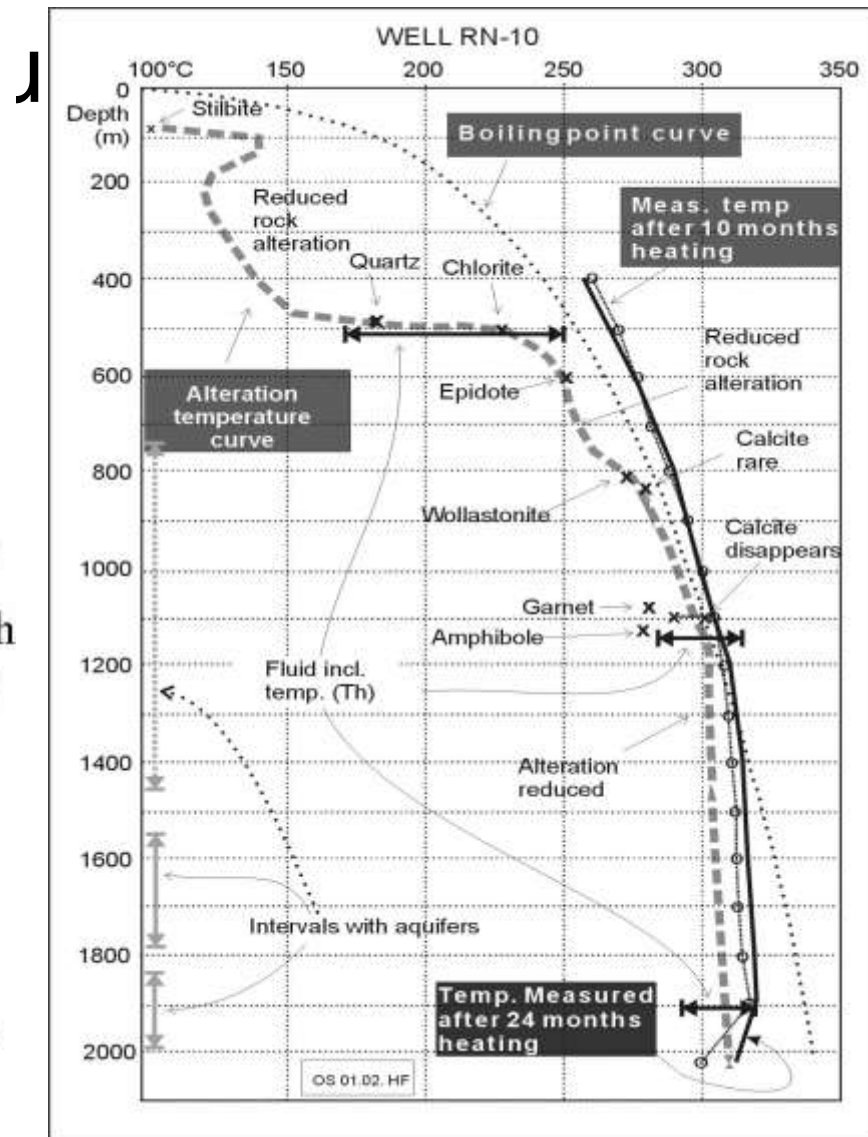
Eldvörp 265°C

Svartsengi 240°C



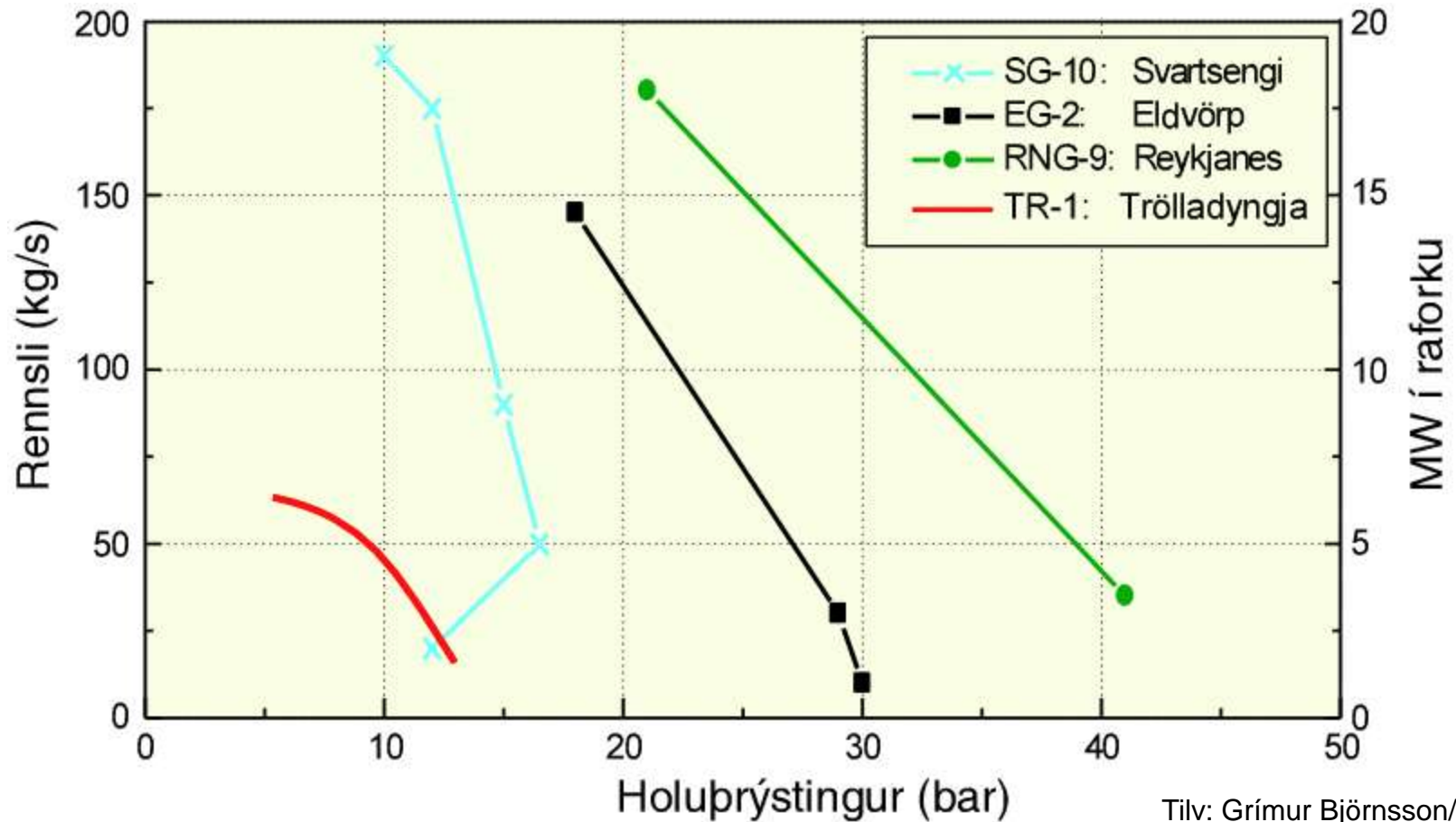


Tilv: Hjalti Franzson





# Afkastamælingar holna - dæmi



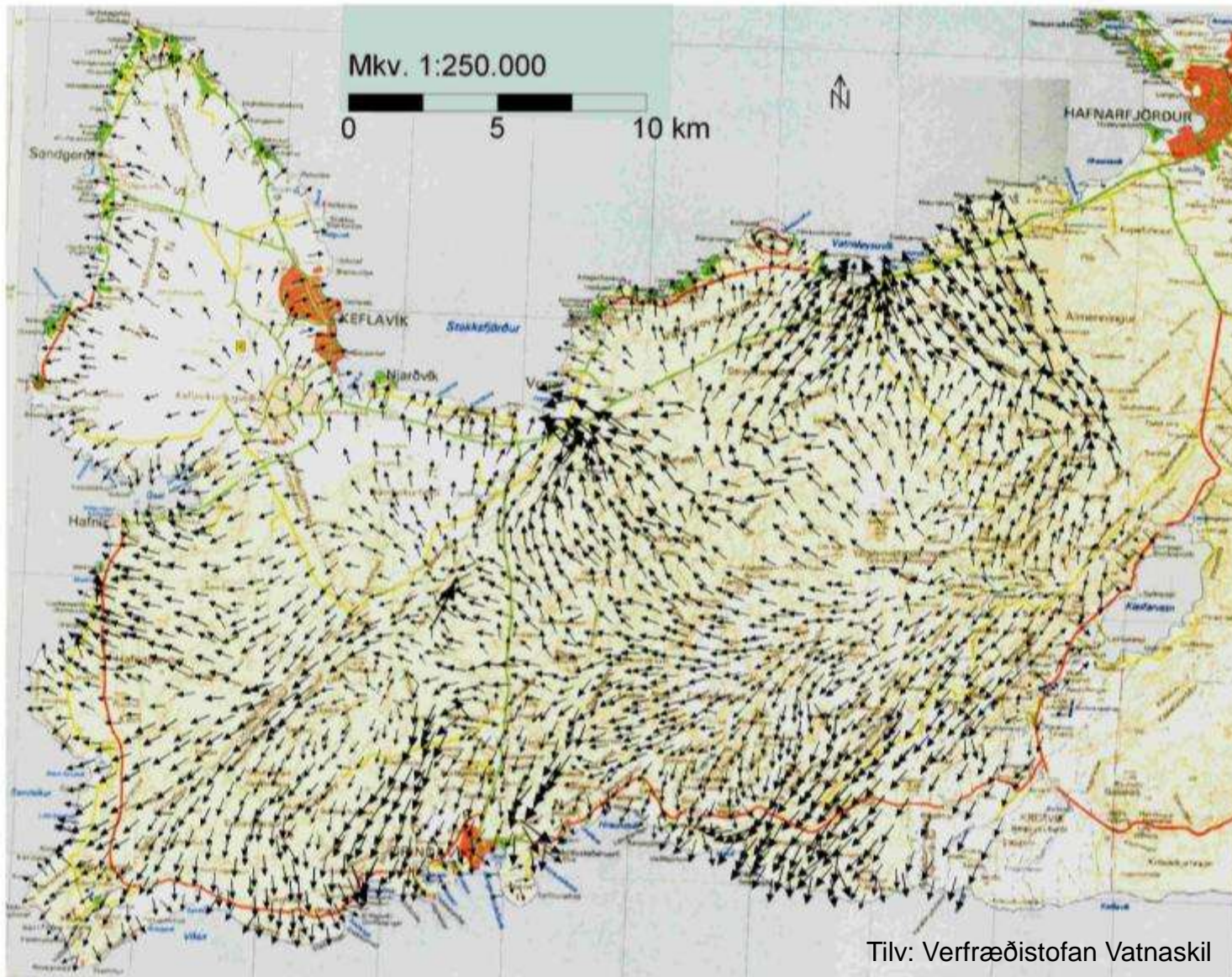
Tilv: Grímur Björnsson/  
Benedikt Steingrímsson/  
Sverrir Þórhallsson

# Efnasamsetning í háhitaholum

Efni	Reykja- nes RN-09	Svarts- engi SV-07	Svarts- engi SV-10	Krýsu- vík KV-14	Nesja- vellir NJ-16	Trölla- dyngja TR-01
SiO <sub>2</sub> mg/kg	655	440	0,2	375	720	420
Cl mg/kg	18.800	12.600	0,1	570	10,2	285
Gas mg/kg	1.120	650	20.000	2.115	4.340	330
% sjór	100	60	0,001	3	0,05	1,5

Tilv: Halldór Ármannsson/Magnús Ólafsson





Ferskvatn á Reykjanesi er mikilvæg auðlind og er einnig grannt fylgst með henni.

EFTIRLIT:

- 14 vatnshæð
- Hita- og seltumælt.
- Efnasýni

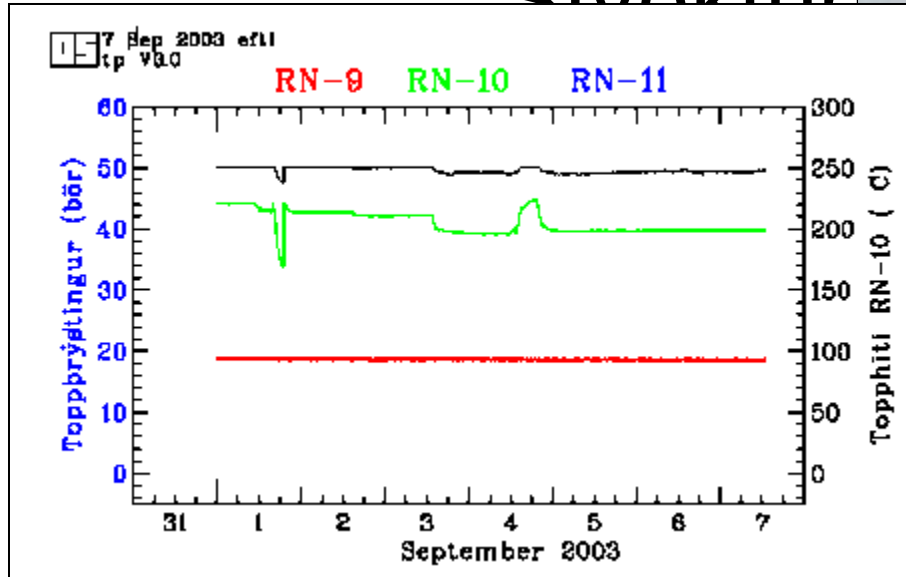
Tilv: Verfræðistofan Vatnaskil

# Vinnslueftirlit og umhverfisvöktun – í 30 ár

- Massataka og holutoppsprýstingur – stöðugt.
- Hita- og prýsstímælt í holum einu sinni á ári.
- Efansýni úr holum einu sinni á ári.
- Gufugæði mæld á þriggja mánaða fresti.
- Hitaveituvatn greint einu sinni á ári.



# Sívöktun á holubólum



GSM loftnet

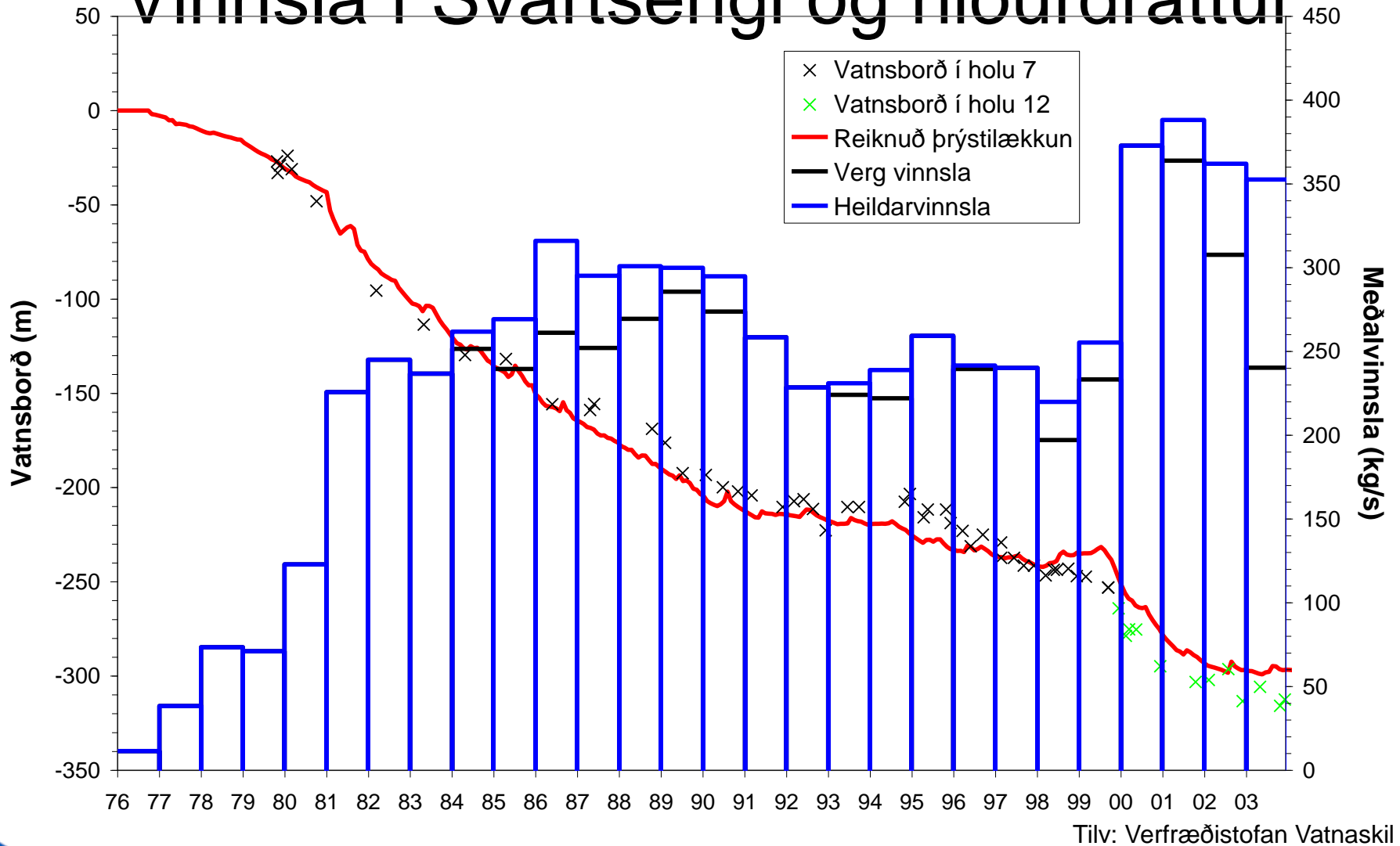
Gagnasöfnun

## MÆLINGAR Á HOLUM:

- Holutoppsprýstingur (bar)
- Holutoppshiti (°C)
- Massaflæði (kg/s)
- Opning á Ella-loka (%)

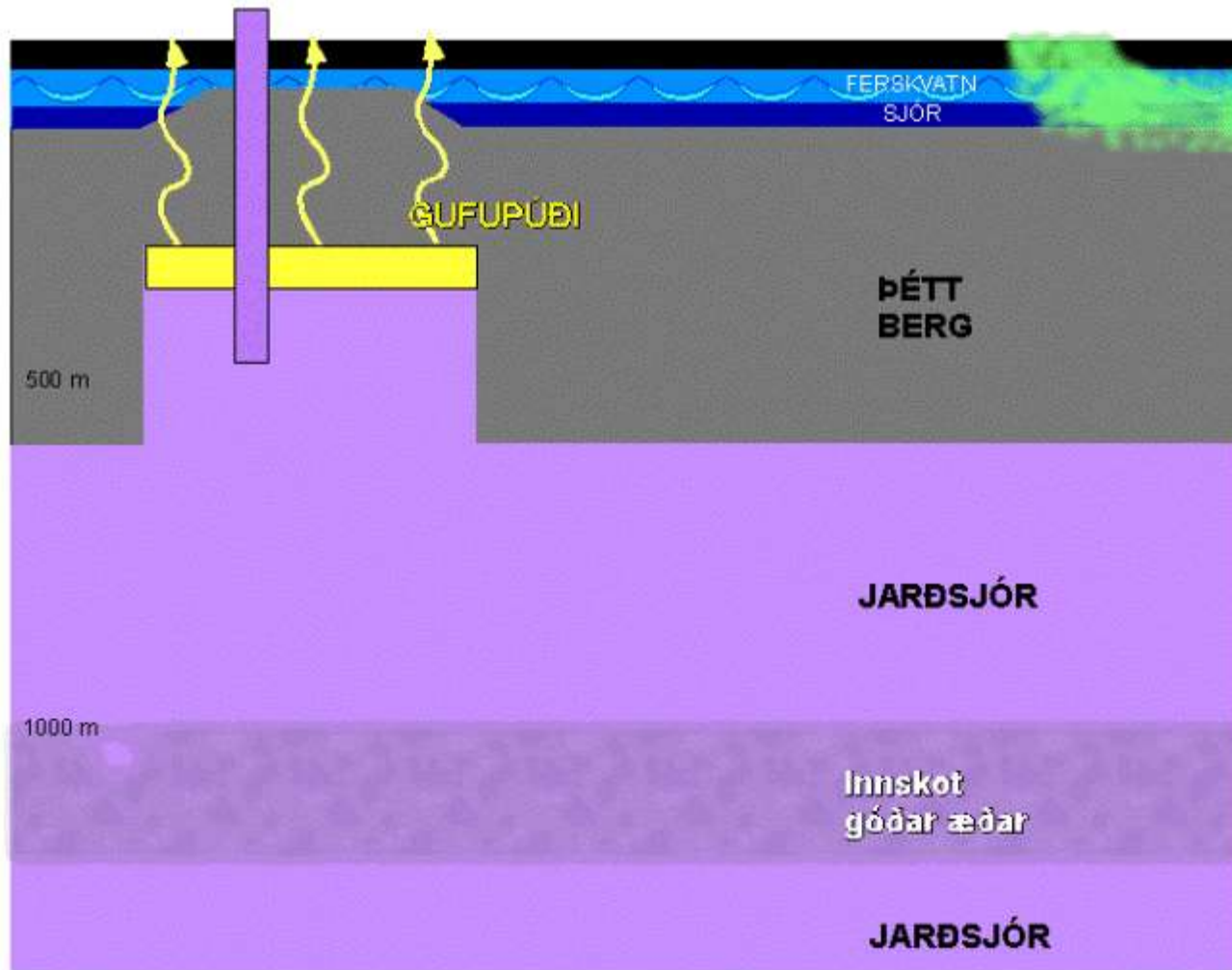


# Vinnsla í Svartsengi og niðurdráttur

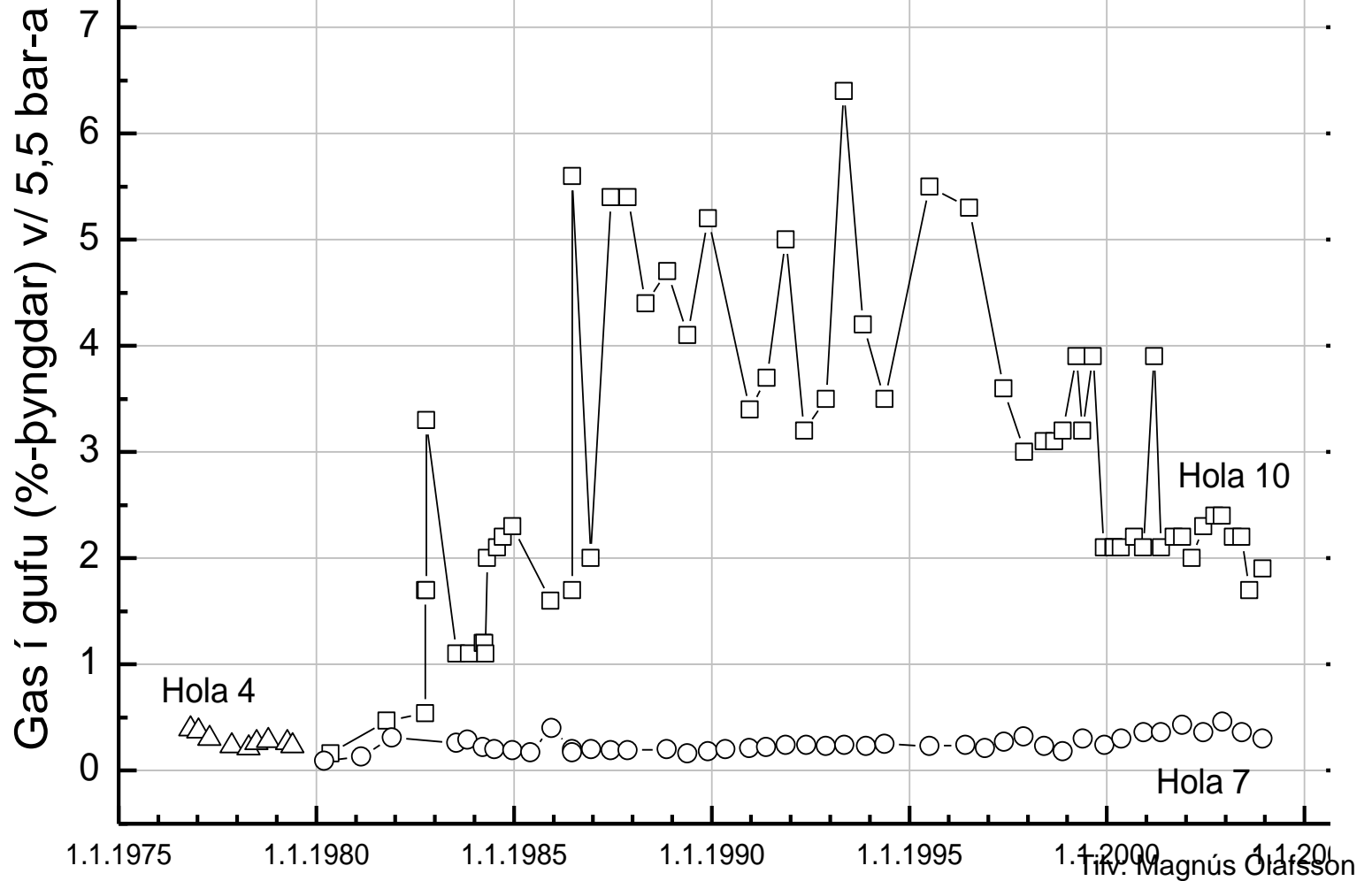


Tilv: Verfræðistofan Vatnaskil





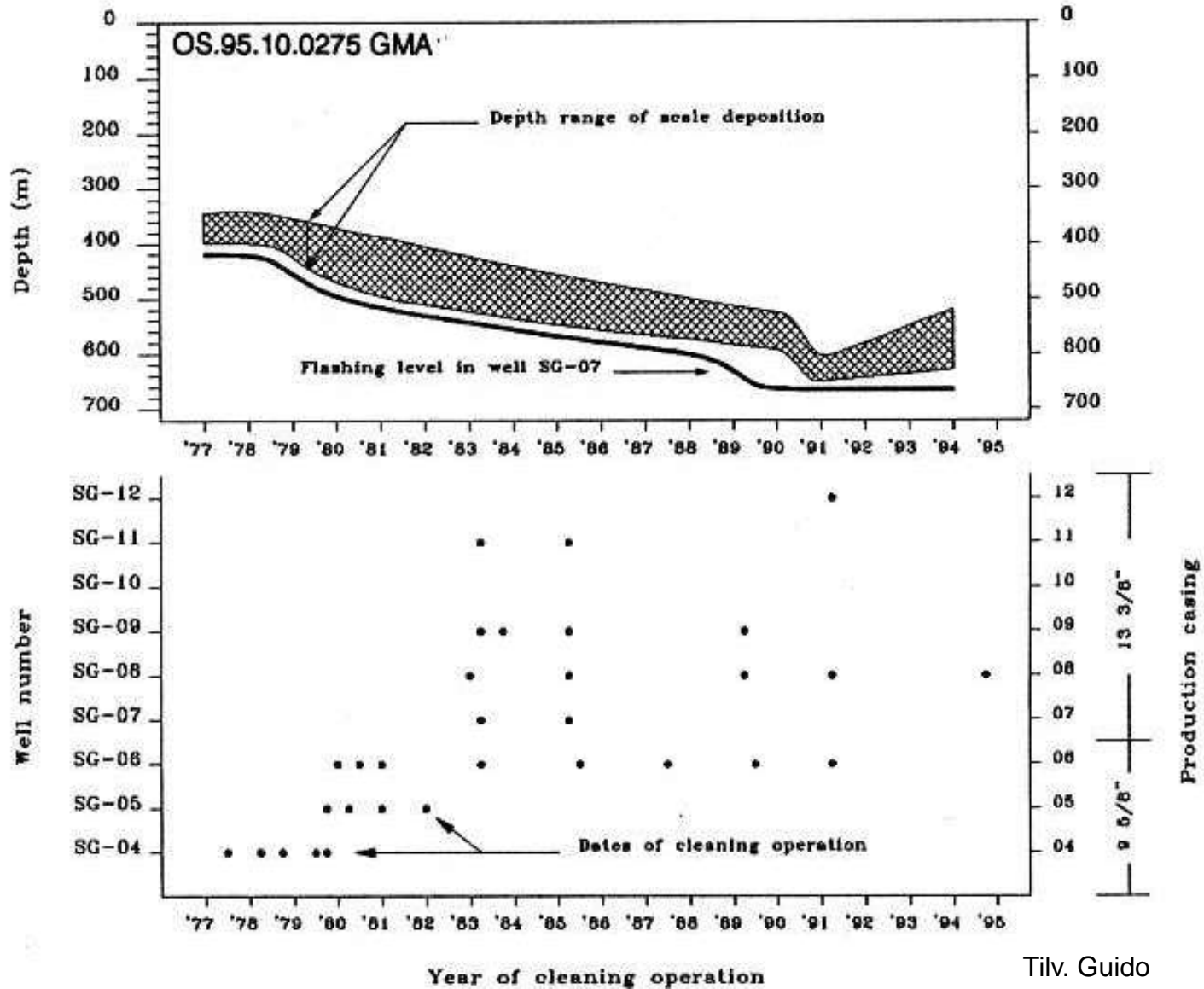
# Gas í gufu – blautar og þurrar holar





Útfelling **Ka** kalsíts verður við fyrstu suðu í holunni. Vegna niðurdráttar færirst tappinn niður holuna.

Afgösun svæðisins veldur því að nú fellur ekki út í holum lengur.



Tilv. Guido

# Vandamál sem upp hafa komið - lausnir

## ÚTFELLINGAR:

- Kalksöfnun (útfellingar) í háhitaholum:
  - Hreinsibúnaður fyrir holur í blæstri.
  - Víðari fóðringar.
  - Afgösun svæðisins vegna vinnslu úr gufupúða.
- Útfelling Mg-sílikata í hitaveituvatni:
  - Stjórn á pH með afgösun og íbætingu CO<sub>2</sub>
- Útfellingar í niðurdælingarholu og hrauni:
  - Útþynning affallsvatns
  - Lausn á vatnsborði í Bláa lóninu enn ekki til
- Útfellingar í gufuhverflum og varmaskiptum:

# Vandamál .... framh. 1

## NIÐURDÁTTUR:

- Myndun gufupúða, aukinn gufuhluti.
  - Skortur á annars-preps gufu til afloftunar.
  - Sveigjanlegur virkjunarbúnaður:
    - a) gas-sogsbúnaður
    - b) förgun: mism. hlutfall þéttivatns og skiljuvatns
- Lækkun þrýstings á holutoppi með árunum.



## Vandamál .... framh. 2

- **JARÐSIG**
  - Endurreikna þarf landhæðir.
- **MÓTVÆGI GEGN NIÐURDRÆTTI:**
  - Aukin vinnsla á gufu úr gufupúða.
  - Engin orka fari til spillis – Ellaloki á allar holur.
  - Dregið úr “netto” massatöku með niðudælingu affallsvatns.

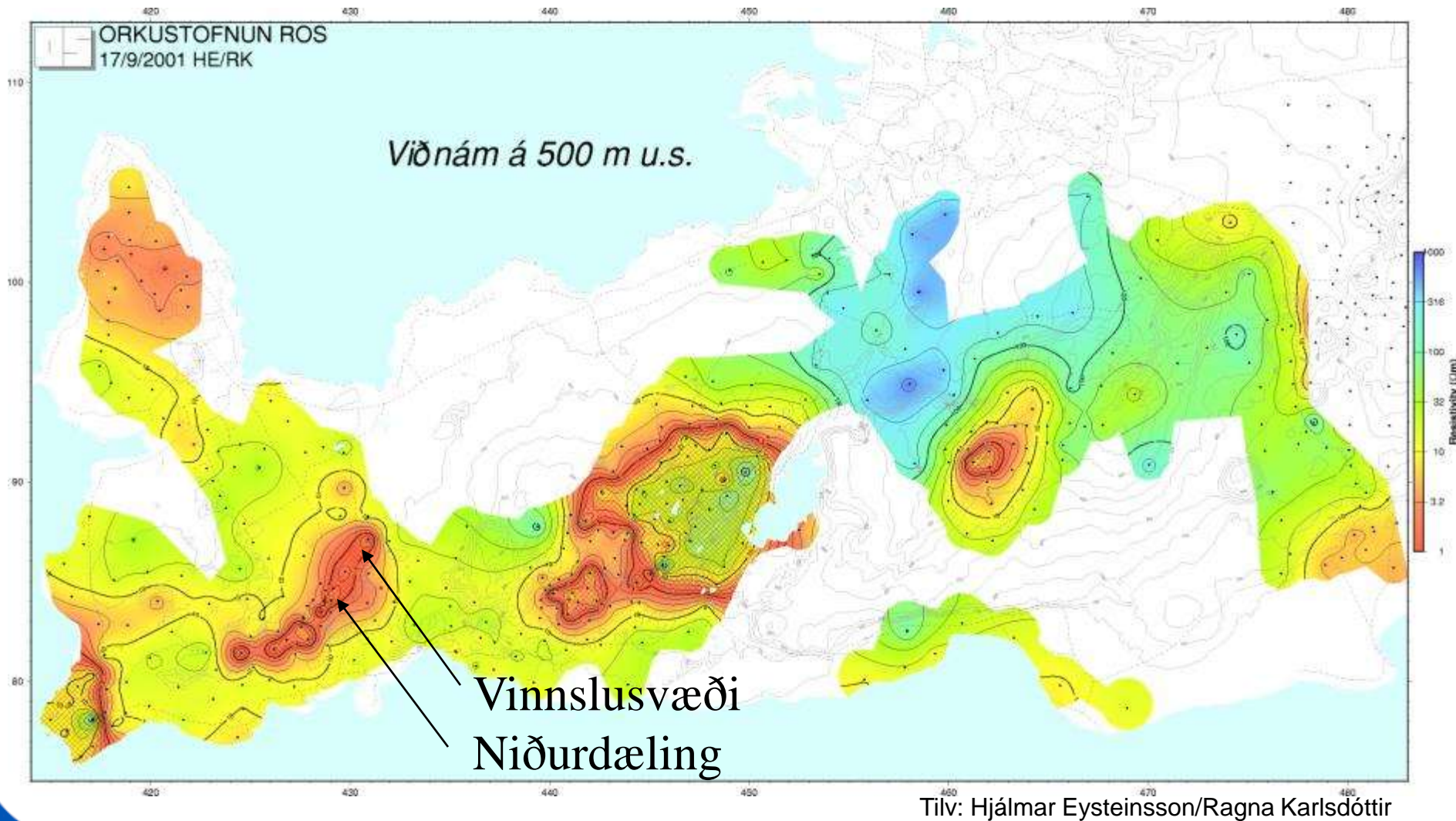




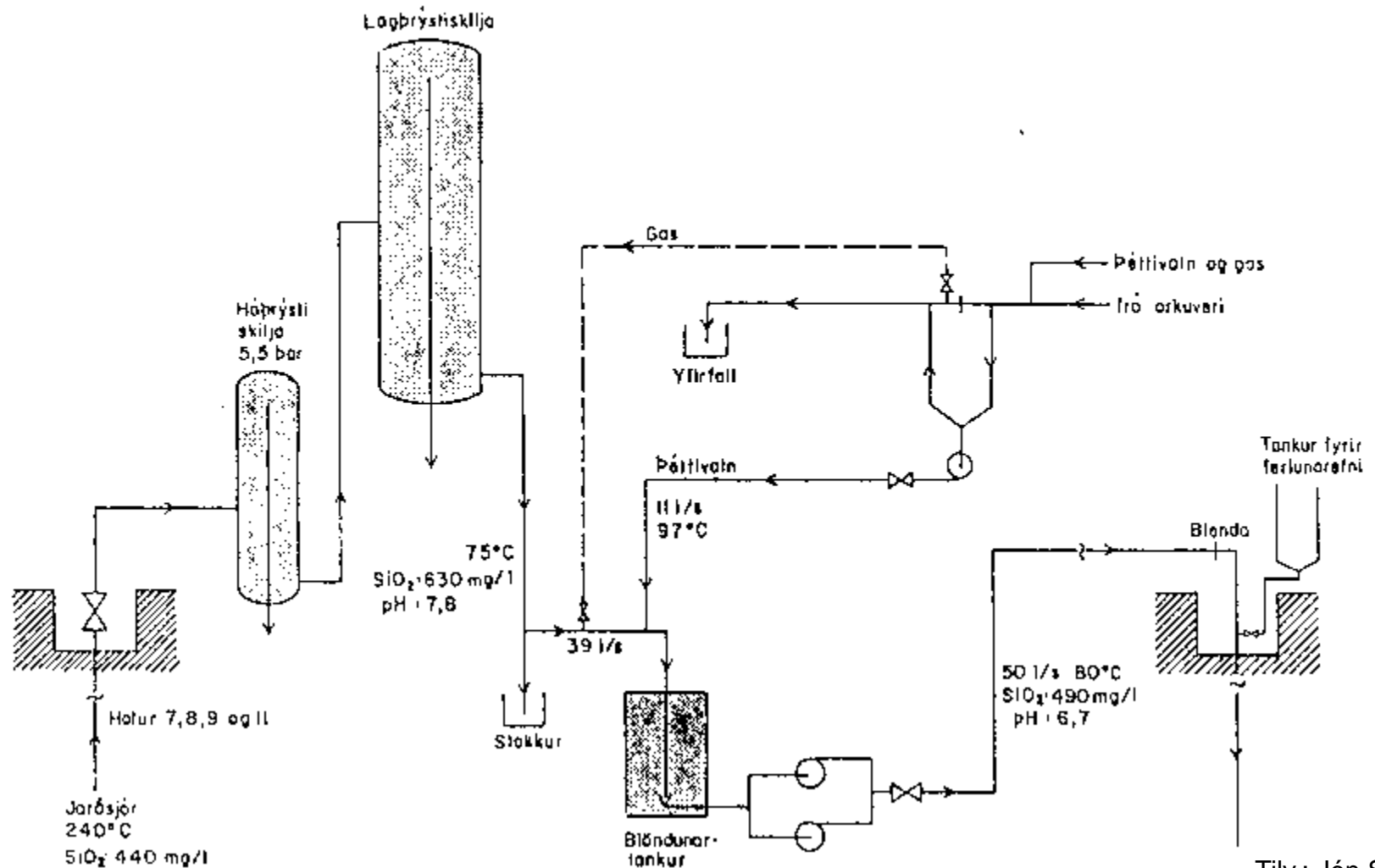
Ljósmynd: Magnús Ólafsson



# Niðurdæling í Svartengi



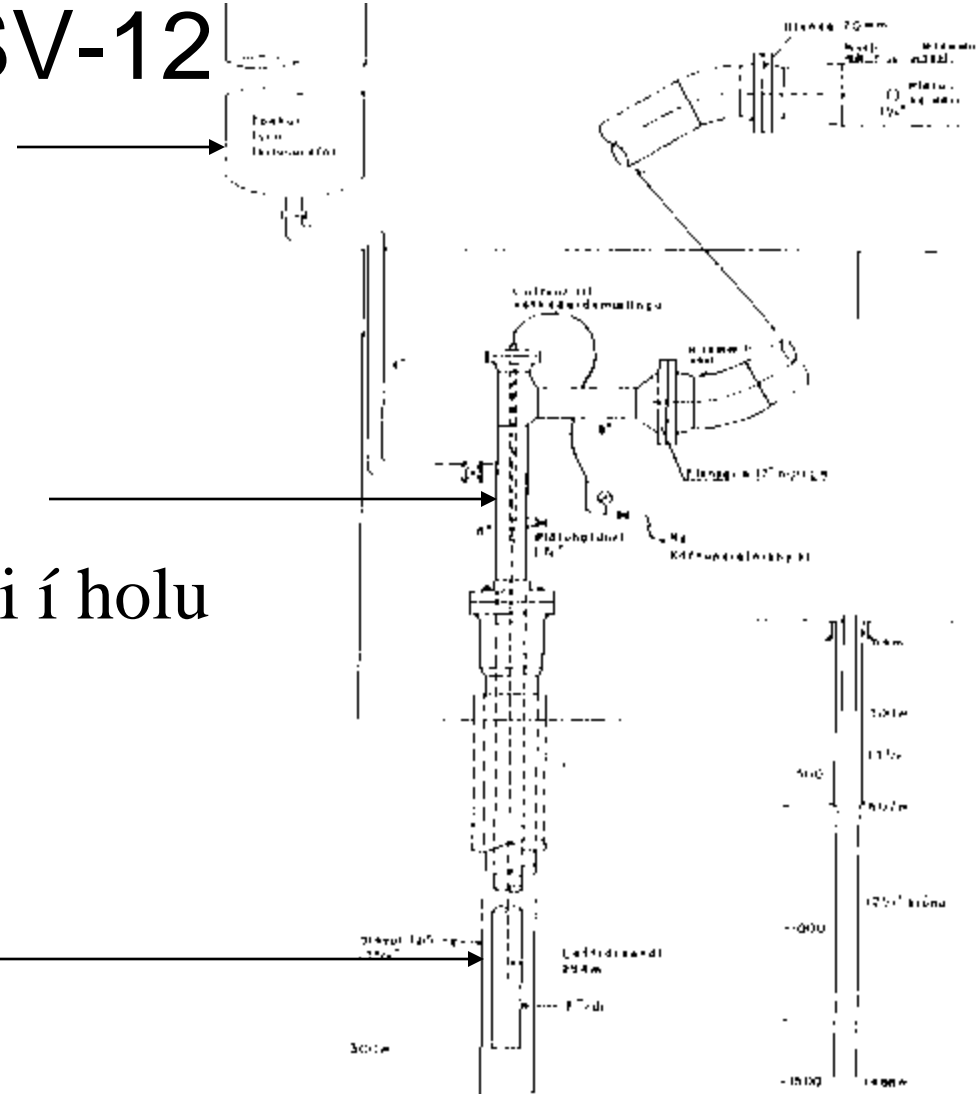
# TÆKJABÚNAÐUR FYRIR NIÐURDÆLINGARPRÓFUN Í SVARTSENGI 1984



Tilv.: Jón Steinar

# Holutoppur SV-12

Tankur fyrir ferilefni



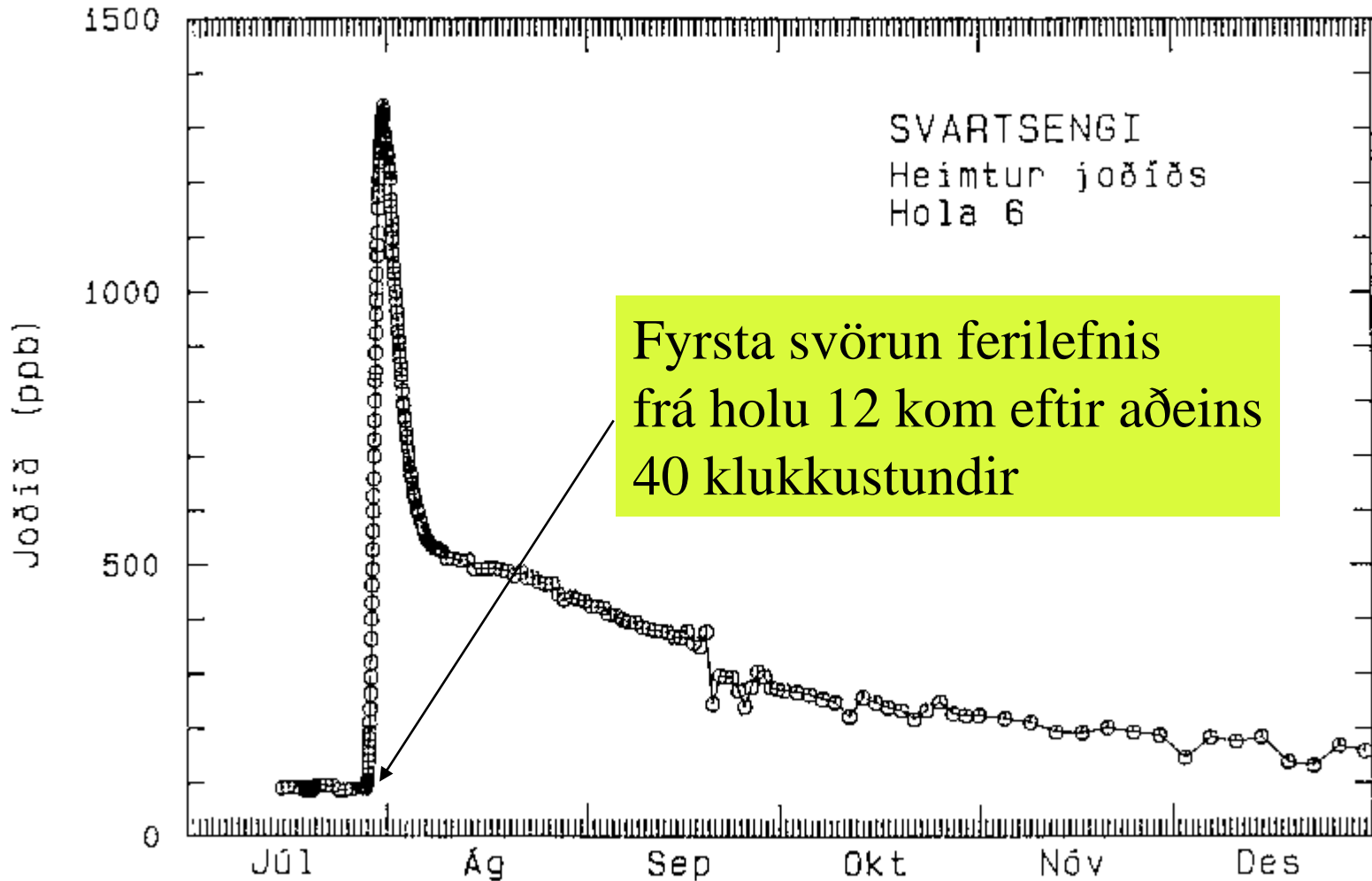
Loftbólumælir til að fylgjast með þrýstingi í holu

Leiðari

Tilv.: Jón Steinar



IS JHD · JEF · 2300 · J08  
85.03.0444 T

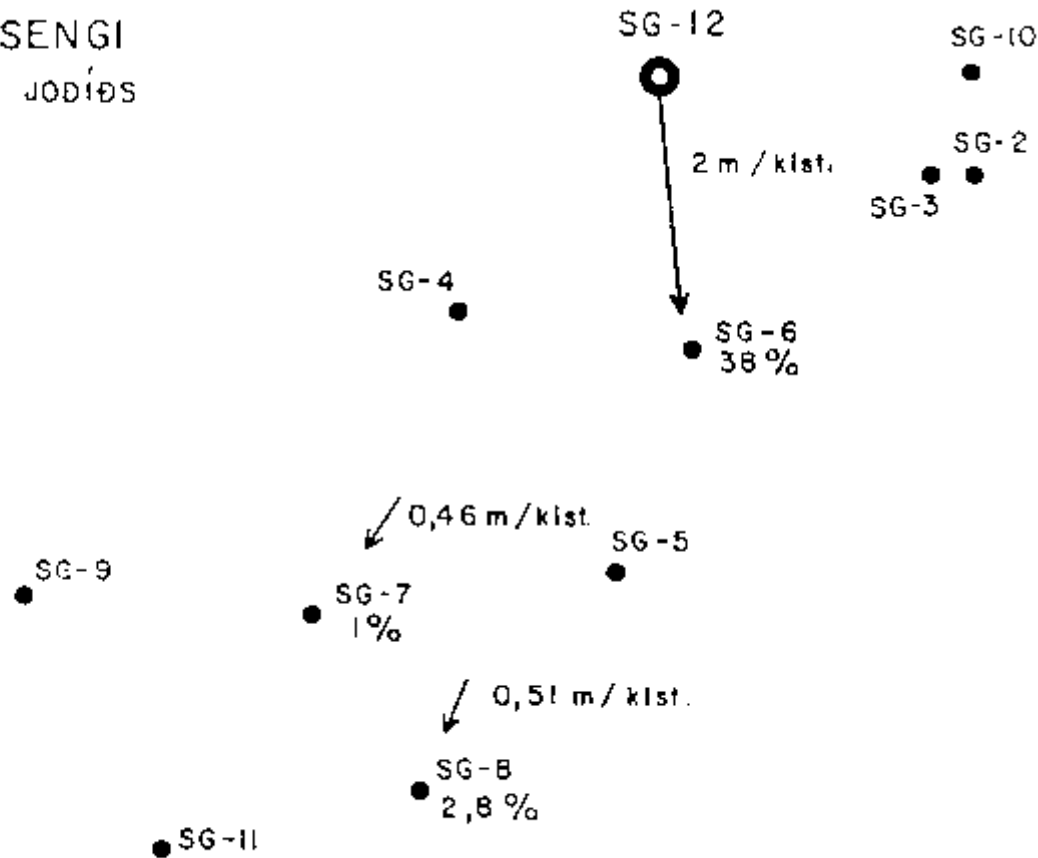
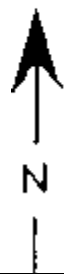


Tilv.: Jón Örn Bjarnason



SVARTSENGI  
HEIMTUR JOÐÍÐS

Fyrsta svörun  
sýnir vel örara  
streymi eftir  
norðlægi  
sprungustefnu.  
“Anísótropía”



Heimtur Joðíðs í ferlunartilraun 1984			
Hola	Fyrsta svörun	Heimtur	Hraði
6	40 klst	38%	2 m/klst
7	1044 klst	1%	0,46 m/klst
8	1140 klst	2,8%	0,51 m/klst

# Loft sogast með vatninu Niðurt

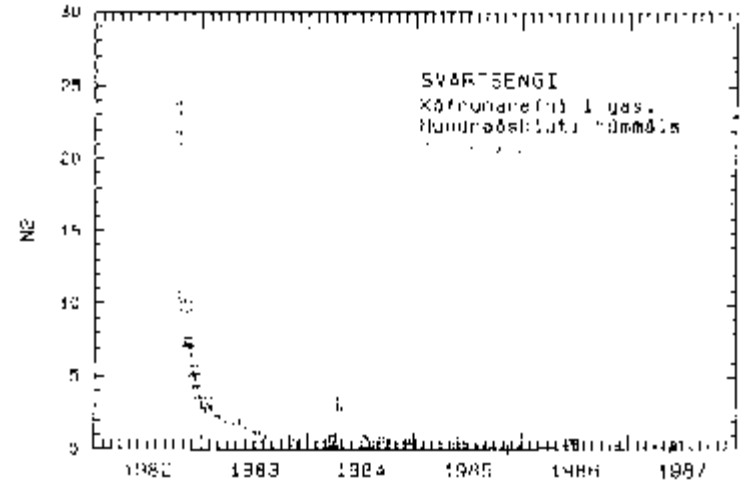
Er dælt var niður í hola 4 árið 1982  
sogaði hola með sér andrúmsstofu  
toppurinn stóð opinn.

Gasmælingar í nærliggjandi holum  
sýndu aukinn köfnunarefnisstyrk ( $N_2$ )  
sem rakinn er til loftsins.

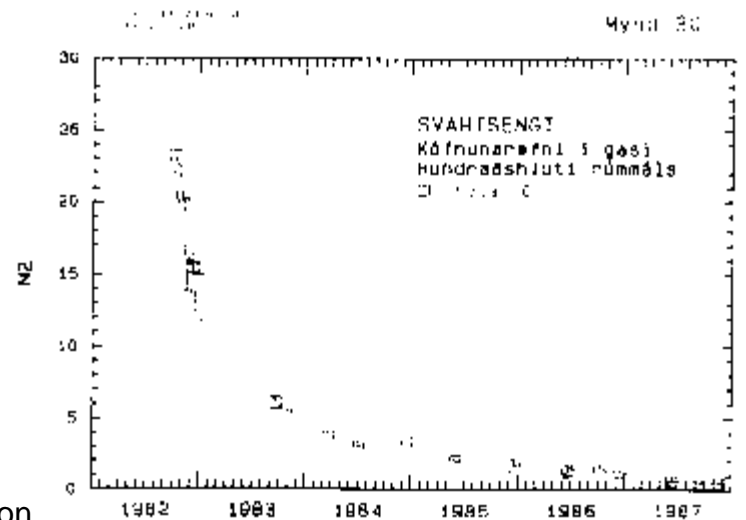
Segja má að þetta hafi verið óvænt,  
en skilaði áhugaverðum niðurstöðum  
sem ferilprófun m.a. í því að:

- 1) Hola 10, sem er grunn og gufurík,  
fékk góðan skammt af gasinu sem  
varði í eitt ár.
- 2) Hola 6 sem vinnur úr vatnskerfinu  
var að skila gasinu næstu 4 árin.

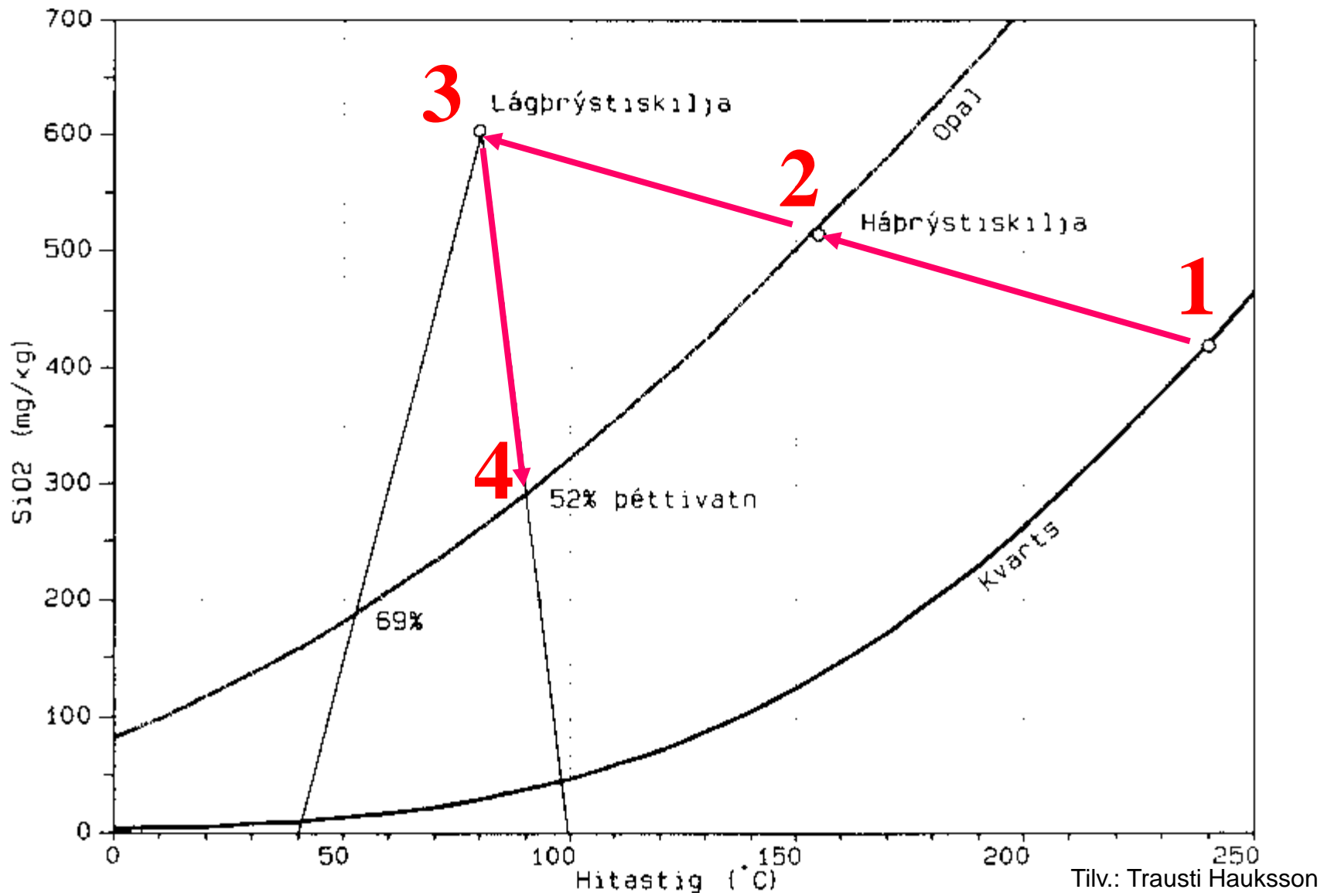
Tilv.: Jón Örn Bjarnason



Mynd 29 Köfnunarefni gas Hóla 10

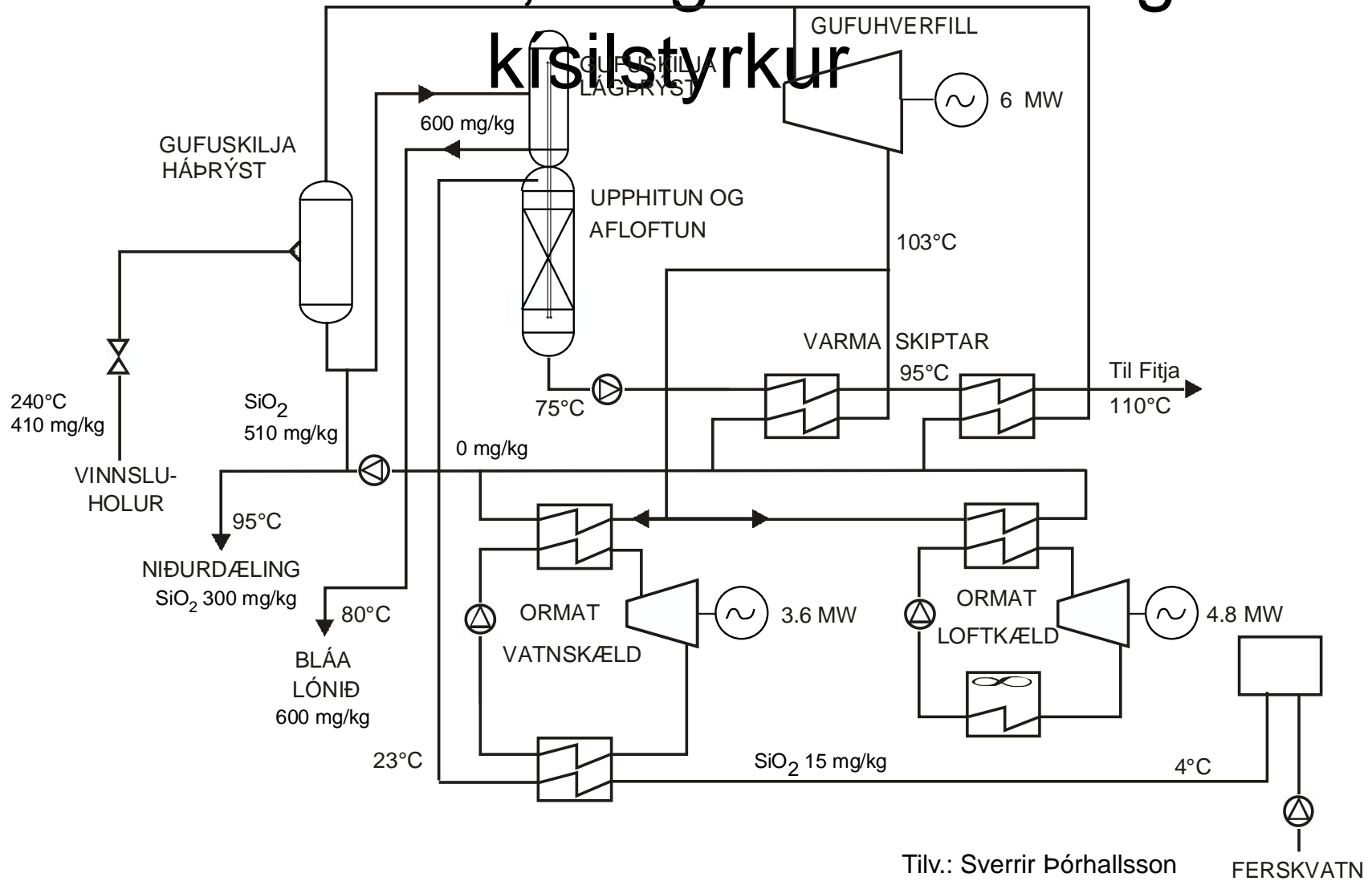


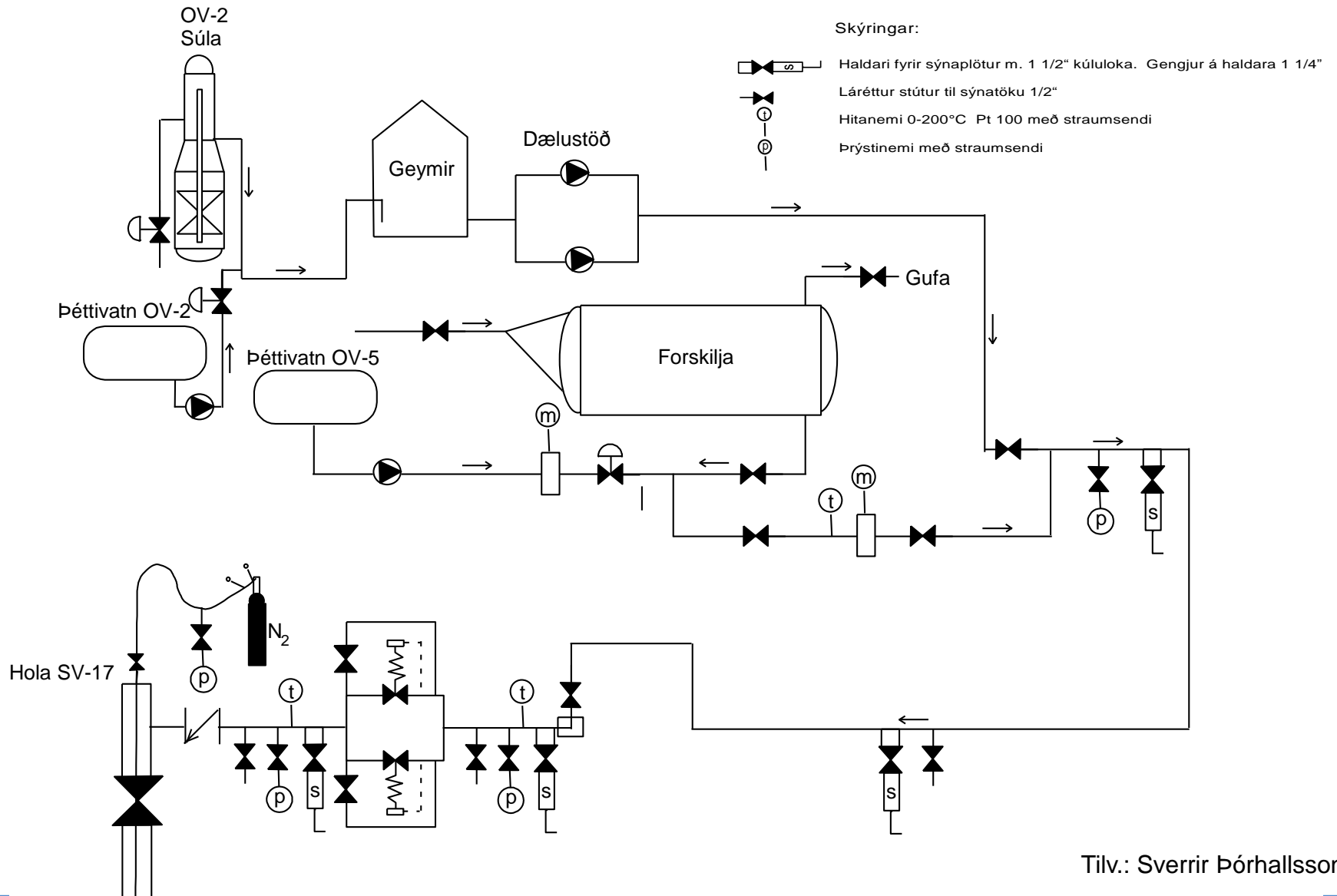
Mynd 30



Tilv.: Trausti Hauksson

# Orkuver 2, 3 og 4 flæðirás og kísilstyrkur

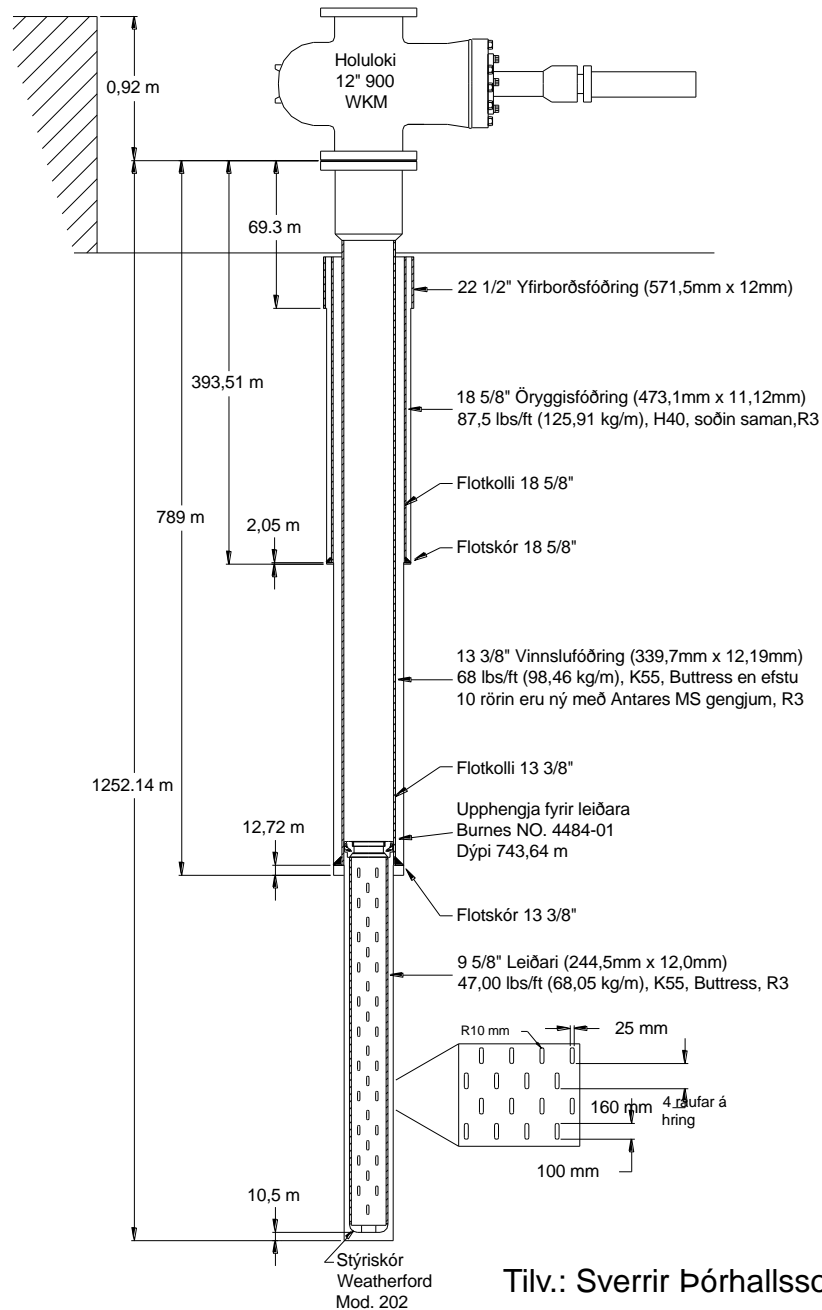




Tilv.: Sverrir Þórhallsson

# Hönnun niðurdælingar- holu SV-17

Holan er sömu gerðar  
og vinnsluholur í  
Svartsengi



Tilv.: Sverrir Þórhallsson





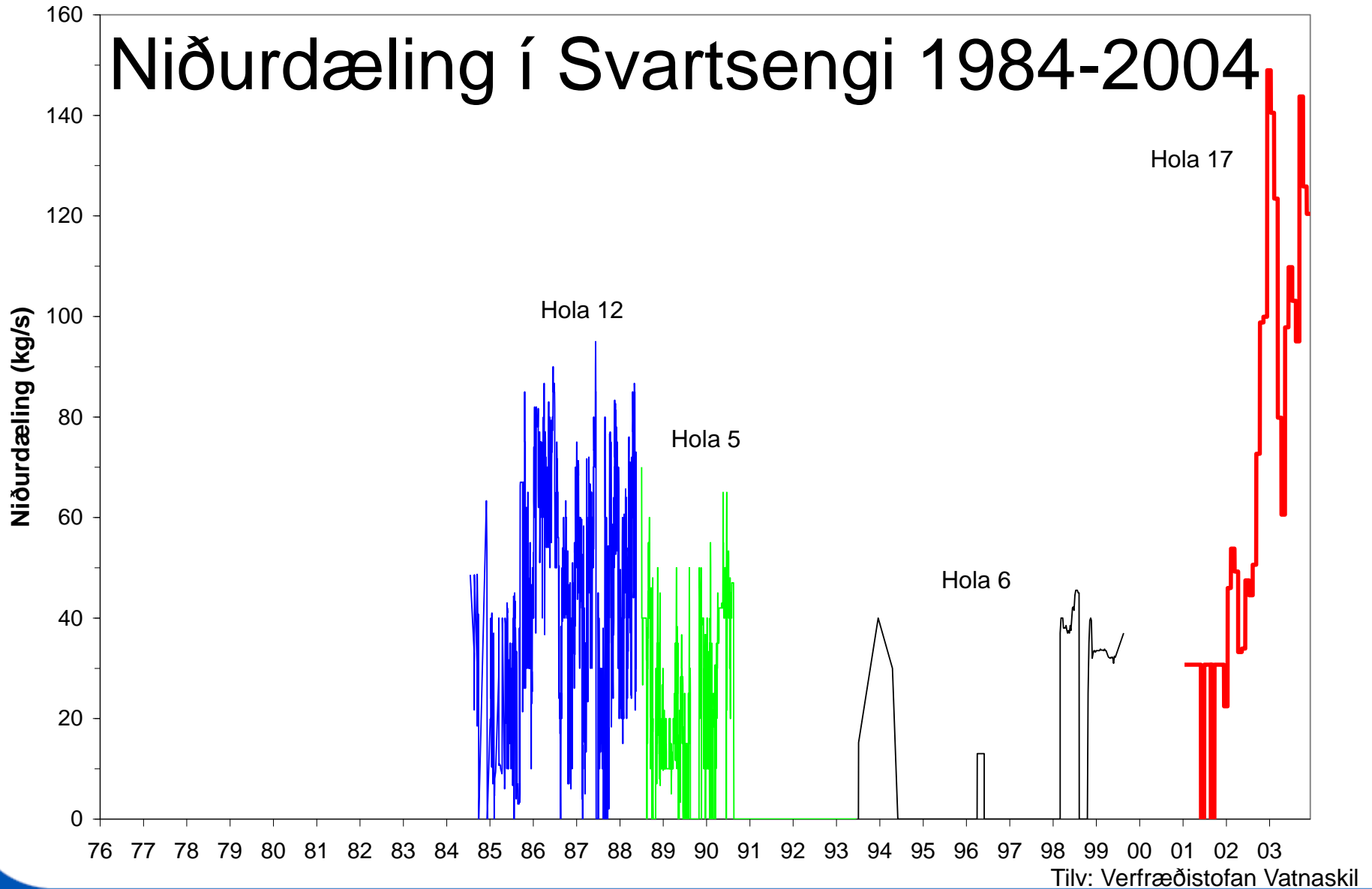
Uthlutflopi 0V/17



Ljósmynd: Magnús Ólafsson



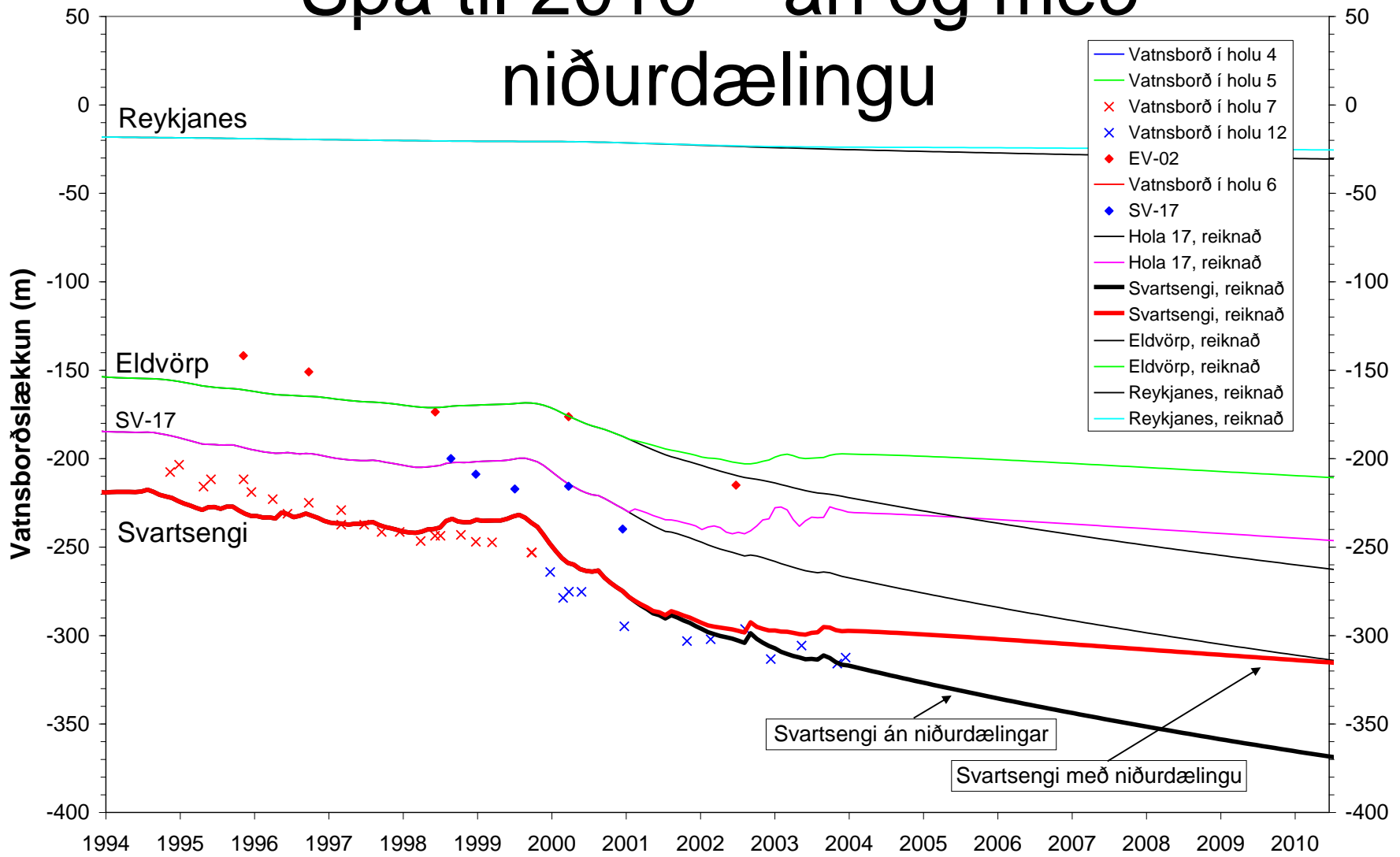
# Niðurdæling í Svartsengi 1984-2004



Tilv: Verfræðistofan Vatnaskil



# Spá til 2010 – án og með niðurdælingu



Tilv: Verfræðistofan Vatnaskil

# Eftirlit með niðurdælingarlöan -



Ljósmyndir: Magnús Ólafsson

# Helstu atriði varðandi niðurdælingu

- Samfelld vinnsla hefur staðið í Svartsengi í 29 ár og niðurdæling með nokkrum hléum í 21 ár.
- Tilgangurinn er að viðhalda þrýstingi í svæðinu.
- Nú er dælt niður 130 l/s sem er 30-50% af vinnslunni. Fjarlægð frá vinnslusvæði er 2,5 km.
- Fjölpættar tilraunir hafa verið gerðar á niðurdælingu og á meðhöndlun affallsvatns.
- Kísilútfellingum er haldið í skefjum með þynningu á kísili með þéttivatni (100°C, 300

