



# Þeistareykjavirkjun

Vinnslueiginleikar gufu og vatns úr borholum

– Uppfærð skýrsla með nýjum gögnum –



## Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2015-003

Dags: Janúar 2015

Fjöldi síðna: 18

Upplag: 5

Dreifing:

- Birt á vef LV  
 Opin  
 Takmörkuð til

Titill: Þeistareykjavirkjun. Vinnslueiginleikar gufu og vatns úr borholum.  
Uppfærð skýrsla með nújum gögnum.

Höfundar/fyrirtæki: Trausti Hauksson/Kemía

Verkefnisstjóri: Ásgerður K. Sigurðardóttir

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: Kemía

Útdráttur: Uppfærð úttekt frá 2011 á vinnslueiginleikum jarðhitavökvans á leið hans í gegnum vinnslurás Þeistareykjavirkjunar. Vinnslueiginleikar vatns og gufu úr borholum á Þeistareykjum eru metnir og inn í það mat teknar mismunandi vinnslurásir og einnig möguleg fullnýting varmans úr skiljuvatninu.

**Lykilorð:** Þeistareykir, Þeistareykjavirkjun, vinnslueiginleikar, efnasamsetning, skiljuvatn, gufa, gas, kælivatn, eimpétting, gasútblastur, eimsvali, kæliturn.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra  
Landsvirkjunar

*Ásgerður K. Sigurðardóttir*



# Þeistareykjavirkjun

Vinnslueiginleikar gufu og vatns úr borholum

- Uppfærð skýrsla með nýjum gögnum -

Trausti Hauksson

Desember 2014

## EFNISYFIRLIT

1 Inngangur .....	3
2 Efnasamsetning jarðhitavökva .....	4
3 Gufurás.....	6
4 Kælivatnshringrás.....	11
5 Nýting skiljuvatnsvarma .....	14
6 Helstu niðurstöður .....	16
7 Tillögur .....	17
8 Heimildir .....	18

## Töflur

Tafla 1: Afköst borholna .....	4
Tafla 2: Efnasamsetning gufu á Þeistareykjum .....	5
Tafla 3: Efnasamsetning skiljuvatns á Þeistareykjum .....	5
Tafla 4: Áætluð efnasamsetning vinnslugufu .....	6
Tafla 5: Áætluð efnasamsetning gass .....	7
Tafla 6: Áætluð efnasamsetning þéttivatns (óbein eimpétting).....	8
Tafla 7: Efnasamsetning skiljuvatns .....	10

## Myndir

Mynd 1 Fyrirhuguð vinnslurás. ....	6
Mynd 2 Kísilmettun skiljuvatns.....	9
Mynd 3 Kælihringrás með óbeinni eimpéttingu .....	11
Mynd 4 Vinnslurás með kælingu skiljuvatns.....	14
Mynd 5 Frekari nýting skiljuvatnsvarma.....	15

## 1 Inngangur

Áætlað er að virkja jarðhitasvæðið á Þeistareykjum í fjórum 45 MW áföngum (Þeistareykjavirkjun. Verkhönnun, LV-2011/065).

Fyrirhuguð 180 MW virkjun mun þurfa 340 kg/s af háþrýstigufu, sem skilin verður frá holuvökvanum við 10,5 bar þrýsting (abs).

Árið 2011 var tekin saman skýrsla um áætlaða vinnslueiginleika vatns og gufu úr holunum, miðað við fyrirbyggjandi mælingar (Trausti Hauksson 2011, LV-2011/123). Síðan þá hafa verið boraðar og rannsakaðar 3 nýjar holur og eru vinnslueiginleikarnir uppfærðir með þeim gögnum sem nú liggja fyrir.

Efnasamsetning vatns og gufu úr eldri holunum var rannsökuð af Íslenskum Orkurannsóknnum (ÍSÖR) og niðurstöður birtar í skýrslu (Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson, 2011). Landsvirkjun rannsakaði efnasamsetningu vatns og gufu úr nýju holunum.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir vinnslueiginleikum jarðhitavökvans á leið hans í gegnum vinnslurás virkjunarinnar og áhrifum einstakra borholna á vinnslueiginleikana.

Metið er hvernig best má nýta skiljuvatnið sem og hvernig því verður með öruggustum hætti dælt í holur eftir nýtingu.

Samskonar úttekt var gerð fyrir Bjarnarflagsvirkjun (Trausti Hauksson 2011, LV-2011/063).

## 2 Efnasamsetning jarðhitavökva

Níu holur hafa verið boraðar á svæðinu. Hóla ÞG-2 var aðeins 220 °C heit og er ekki reiknað með að hún verði nýtt fyrir virkjunina en í stað þess notuð sem niðurrennslishola. Hóla ÞG-5 var endurboruð og dýpkuð nefnist nýja hólun ÞG-5B. Hóla ÞG-8 var þurr. Eftirfarandi tafla sýnir afköst borholnanna.

**Tafla 1: Afköst borholna**

Nafn	Tími	Heildar Vermi	Heildar Rennsli	Heildar Varmaafli	HÞ-Skilja Gufa	Frárennsli Gufa	Frárennsli Vatn	Vægi
		kJ/kg	kg/s	MW	kg/s	kg/s	kg/s	%
ÞG-01	2010-06-21	2340	13,9	30,3	11	0,4	2,5	10
ÞG-03	2014-11-12	2493	14,7	34,2	12,7	0,3	1,7	10
ÞG-04	2011-05-02	2676	26,5	66,5	25,3	0,2	1,1	18
ÞG-05B	2009-05-28	1509	54,8	73,5	20,7	4,9	29,2	38
ÞG-06	2014-11-12	2647	17,5	43,3	16,4	0,2	0,9	12
ÞG-07	2014-11-12	2417	10,4	23,4	8,6	0,3	1,6	7
ÞG-09	2014-11-12	2676	6,1	15,4	5,8	0,1	0,3	4
	<b>Samtölur</b>	<b>2158</b>	<b>143,9</b>	<b>286,6</b>	<b>100,4</b>	<b>6,1</b>	<b>37,3</b>	<b>100</b>

Samtals gefa holurnar um 100 kg/s af gufu eða um 28% af gufuþörf 180 MW virkjunar. Bora þarf því fleiri holur og stækka vinnslusvæðið út fyrir það svæði sem þegar hefur verið kannað með borunum.

Valin voru einkennandi sýni fyrir holurnar og búið til vinnslusýni fyrir gufu og vatn í Þeistareykjavirkjun, sem er samsett úr hólusýnunum með vægi fyrir heildarrennsli samkvæmt fyrirbyggjandi afkastamælinum á einstökum holum.

Vegna þess að aðeins hluti svæðisins hefur verið kannaður og að reynslusaga vinnslunnar er stutt, þá er þessi samsetning háð nokkurri óvissu. Einnig er efnasamsetning gufu og vatns mjög breytileg milli borhóla sem eykur óvissuna.

Styrkur helstu efna í gufu reiknaður við skiljuþrýsting (10,5 bar abs) er sýndur í töflu 2 og í skiljuvatni í töflu 3.

Í töflunum er vægi hvernar hólun í vinnslusýni sýnt. Þar sést t.d. að hlutur hólun ÞG-05B er 38% af heildarrennsli en 20% af gufurennsli og 78% af vatnsrennsli. Hún hefur því langmest áhrif á eiginleika skiljuvatnsins. Hólur ÞG-3, ÞG-4, ÞG-6, ÞG-7 og ÞG-9 eru hávermishólur og hafa því lítil áhrif á efnasamsetningu skiljuvatnsins.



**Tafla 2: Efnasamsetning gufu á Þeistareykjum**

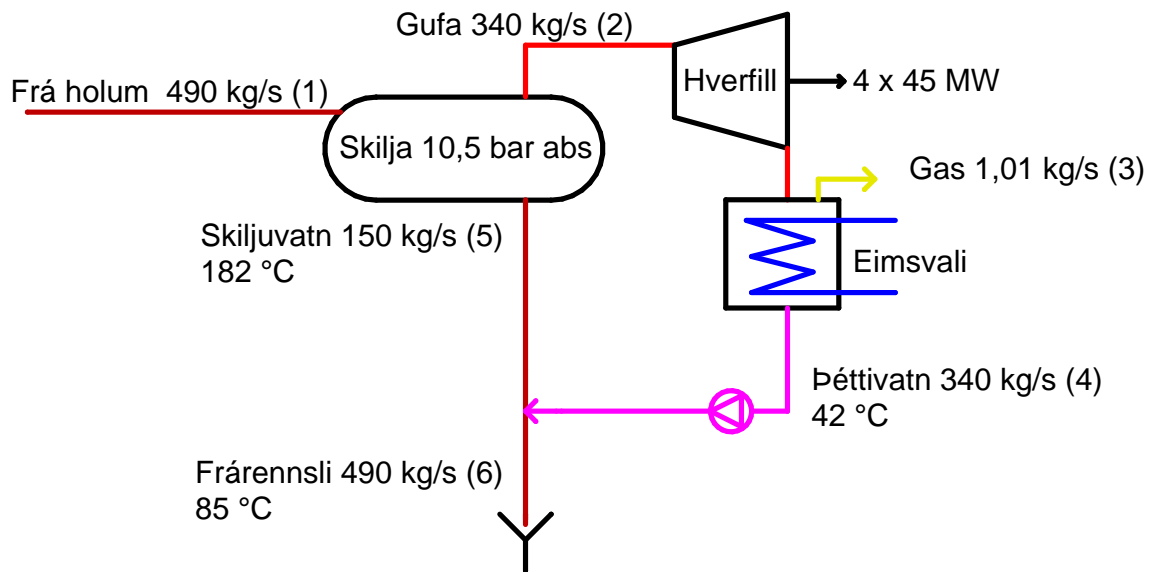
Hóla	Tími	Skilja	Gufa				
		Vermi	Hlutfall	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
		kJ/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
ÞG-01	10.03.08	2340	11	764	262	11,7	0,09
ÞG-03	26.03.07	2493	13	1175	616	29,4	0,12
ÞG-04	10.03.08	2676	25	155	811	38,3	0,13
ÞG-05B	02.12.08	1509	20	3736	391	3	1,23
ÞG-06	02.12.08	2647	16	3634	363	14,5	0,04
ÞG-07	09.10.12	2417	9	7368	1062	25,1	4,92
ÞG-09	22.01.14	2676	6	1038	683	30,3	0,24
<b>Vinnslusýni</b>		<b>2158</b>	<b>100</b>	<b>2318</b>	<b>582</b>	<b>21,6</b>	<b>0,75</b>

**Tafla 3: Efnasamsetning skiljuvatns á Þeistareykjum**

Hóla	Tími	Skilja	Vatn						
		Vermi	Hlutfall	pH	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	SiO <sub>2</sub>	Na	Ca
		kJ/kg	%		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
ÞG-01	2008-03-10	2340	7	8,91	8,0	11,3	812	111	0,20
ÞG-03	2007-03-26	2493	5	8,93	13,4	29,0	796	109	0,46
ÞG-04	2008-03-10	2676	3	8,78	1,4	29,2	779	89	0,26
ÞG-05B	2008-12-02	1509	78	9,16	67,2	29,4	755	126	0,39
ÞG-06	2008-12-02	2647	3	9,53	153,6	64,6	992	168	0,28
ÞG-07	2012-10-09	2417	4	8,67	59,3	34,9	1154	121	0,40
ÞG-09	2014-01-22	2676	1	9,09	19,5	53,7	1081	299	0,20
<b>Vinnslusýni</b>		<b>2158</b>	<b>100</b>	<b>9,16</b>	<b>60,2</b>	<b>29,4</b>	<b>787</b>	<b>125</b>	<b>0,37</b>

### 3 Gufurás

Eftirfarandi mynd sýnir fyrirhugaða gufurás fyrir Þeistareykjavirkjun.



Mynd 1. Fyrirhuguð vinnslurás með óbeinum eimsvala, miðað við 180 MW virkjun.

#### Holur (1)

Áætlað er að frá holunum streymi 490 kg/s af jarðhitavökva með 2158 kJ/kg vermi (sjá töflu 1).

Jarðhitavökvinn skilst að í 340 kg/s af gufu og 150 kg/s af skiljuvatni.

#### Gufa (2)

Eftirfarandi tafla sýnir áætlaða efnasamsetningu vinnslugufunnar sem streyma mun inn í stöð.

Tafla 4: Áætluð efnasamsetning vinnslugufu

Rennsli	kg/s	340
Gas	w%	0,30
CO <sub>2</sub>	mg/kg	2318
H <sub>2</sub> S	mg/kg	582
H <sub>2</sub>	mg/kg	22
N <sub>2</sub>	mg/kg	52
CH <sub>4</sub>	mg/kg	0,7
NH <sub>3</sub>	mg/kg	3
Ar	mg/kg	1,3

Gas í gufu reiknast 0,30 % af massa. CO<sub>2</sub> styrkur er mjög mismunandi milli hola. Ef viðbótarholur verða t.d. líkar holum ÞG-7 í gassamsetningu þá getur styrkur CO<sub>2</sub> orðið meiri í vinnslugufunni. Minni munur er á styrk H<sub>2</sub>S í holunum.

### Gas (3)

Frá gasdælum munu streyma 1,01 kg/s af gasi með samsetningu eins og sýnd er í Töflu 5.

**Tafla 5: Áætluð efnasamsetning gass**

	Rennsli	Hlutfall	Hlutfall
	kg/s	w%	vol%
Gas	1,012	100,0	100,0
CO <sub>2</sub>	0,788	77,9	63,8
H <sub>2</sub> S	0,198	19,5	20,7
H <sub>2</sub>	0,007	0,7	13,1
N <sub>2</sub>	0,018	1,8	2,3
CH <sub>4</sub>	0,000	0,0	0,1
Ar	0,000	0,0	0,0

Algennt er að andrúmsloft leki inn í eimsvala og mun gasið þá mengast súrefni. Það skiptir litlu máli nema til standi að blanda gasinu í niðurdælingarvatn til förgunar.

Miðað við þessa samsetningu verður árleg (365 daga) gaslosun frá 180 MW virkjun um:

24.860 tonn af CO<sub>2</sub> og

6.240 tonn af H<sub>2</sub>S.

Losunin á hverja kílóvattstund verður um

15,8 g/kWh af CO<sub>2</sub> og

4,0 g/kWh af H<sub>2</sub>S.

Ef brennisteinsvetnið verður hreinsað úr gasinu munu falla til allt að 5.870 tonn af brennisteini (S) á ári.

Ef brennisteinsvetnið verður brennt í lofti verður losunin 11.720 tonn af brennisteinsdíoxíði (SO<sub>2</sub>) á ári.

Hægt væri að framleiða um 17.950 tonn af brennisteinssýru (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) úr gasinu.

Hægt væri að vinna 232 tonn af vetni (H<sub>2</sub>) úr gasinu á ári.

## **Þéttivatn (4)**

Gufan þéttist í eimsvalanum við 0,1 bar þrýsting (abs). Gasið er dregið út með gasdælum eða gufupeysum. Aðeins lítill hluti gassins leysist í þéttivatninu. Af því gasi sem streymir í gegnum eimsvalann mun 0,8% af CO<sub>2</sub> leysast upp í þéttivatninu, 2,2% af H<sub>2</sub>S og 7,1% af NH<sub>3</sub>.

Frá eimsvala munu streyma 340 kg/s af þéttivatni.

Reikningslega mun gasið innihalda um 19 mg/kg af CO<sub>2</sub>, 13 mg/kg af H<sub>2</sub>S og 0,2 mg/kg af NH<sub>3</sub> og sýrustig verður um pH 5,0. Miðað er við að eimsvalaþrýstingur sé 0,100 bar og að hlutþrýstingur gassins þar af sé 21 mbar.

**Tafla 6: Áætluð efnasamsetning þéttivatns (óbein eimpétting)**

pH/25°C		5,0
CO <sub>2</sub>	mg/kg	19
H <sub>2</sub> S	mg/kg	13
NH <sub>3</sub>	mg/kg	0,2

Þéttivatnið er að öðru leiti efnasnautt og má losa á yfirborð eða í holur eða nota sem fæðivatn í kælihringrás.

## **Skiljuvatn (5)**

Frá skiljum munu streyma 150 kg/s af 182 °C heitu skiljuvatni með áætlaða samsetningu eins og sýnd er í Töflu 7.

Efnasamsetning skiljuvatnsins er mjög hagstæð hvað varðar útfellingahættu. Engin yfirmettun reiknast með tilliti til myndlauss kísils (ópal) eða annarra steinda s.s. anhydrits (CaSO<sub>4</sub>) og kalks (CaCO<sub>3</sub>).

Miðað við áætlaða efnasamsetningu er unnt að losa skiljuvatnið við 182 °C, ómeðhöndlað og óþynnt niður í borholur.

Hafa skal í huga að kísilstyrkur er nokkuð breytilegur milli borhola. Hæstur er hann 1152 mg/kg í holu ÞG-7 og minnstur 755 mg/kg í holu ÞG-5B. Þetta getur haft áhrif á útfellingahættuna.

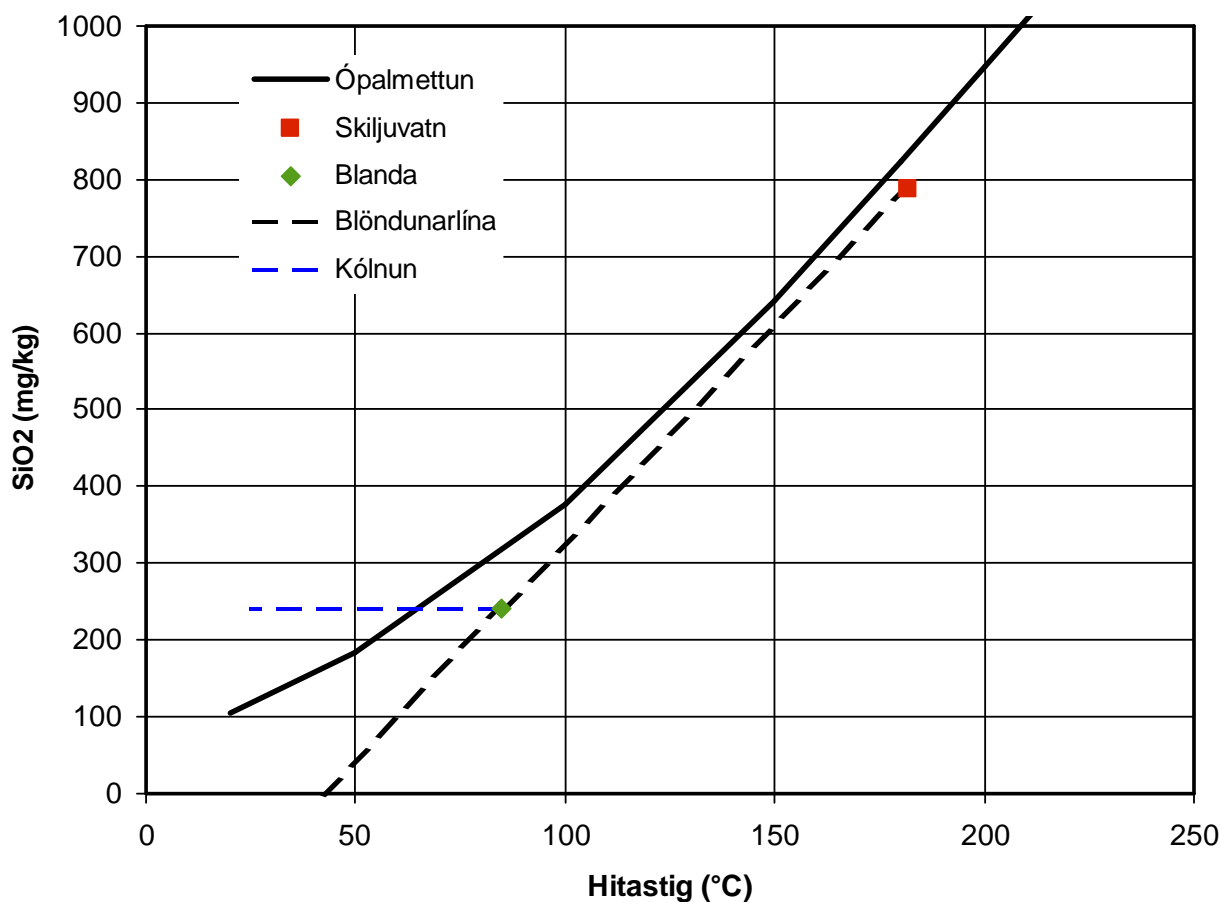
## **Skiljuvatn og þéttivatn (6)**

Ef öllu þéttivatni (42 °C) og skiljuvatni (182 °C) verður blandað saman fæst 85 °C heit blanda. Styrkur efna minnkar hlutfallslega og verður eins og sýnt er í dálki 4 í töflu 7.

Þessi blanda verður útfellingafrí og hæf til niðurdælingar í holur hvort sem er í heit eða köld jarðlög.

Til útskýringar er þetta sýnt á mynd 2. Þar sýnir svarti ferilinn jafnvægisstyrk ópals á móti hita. Svarta brotalínan er blöndunarferill þéttvatns (42 °C) og skiljuvatns (182 °C). Blöndunarferillinn liggur ætíð undir mettnarferlinum þannig að engin hætta á að vera á útfellingu kísils þó þessum vökvum sé fargað saman í borholur.

Ef blandan er losuð á yfirborð mun hún kólna og yfirmettast kísli (blá brotalína). Útfelling kísils verður þó hæg vegna þess hve kísilstyrkurinn er lítill og vatnið steinefnasnautt.



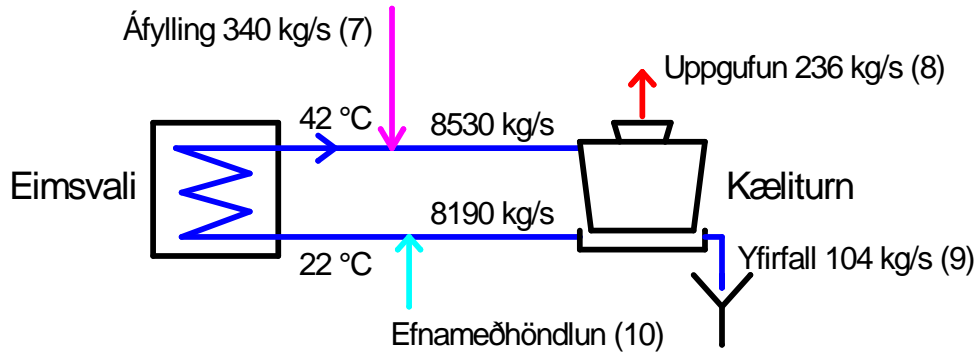
Mynd 2. Kísilmettun skiljuvatns.

**Tafla 7: Efnasamsetning skiljuvatns**

		Skiljuvatn	Förgun
Rennsli	kg/s	<b>150</b>	<b>490</b>
Hitastig	°C	<b>182</b>	<b>85</b>
pH/25°C		<b>9,16</b>	<b>8,85</b>
Basi (CaCO <sub>3</sub> )	mg/kg	<b>480</b>	<b>147</b>
CO <sub>2</sub>	mg/kg	<b>60,2</b>	<b>31,6</b>
H <sub>2</sub> S	mg/kg	<b>29,4</b>	<b>18,0</b>
SiO <sub>2</sub>	mg/kg	<b>787</b>	<b>241</b>
Na	mg/kg	<b>125</b>	<b>38</b>
K	mg/kg	<b>30</b>	<b>9</b>
Ca	mg/kg	<b>0,37</b>	<b>0,11</b>
Mg	mg/kg	<b>&lt; 0,003</b>	<b>&lt; 0,003</b>
Fe	mg/kg	<b>0,017</b>	<b>0,005</b>
Al	mg/kg	<b>2,07</b>	<b>0,63</b>
F	mg/kg	<b>1,12</b>	<b>0,34</b>
Cl	mg/kg	<b>63</b>	<b>19</b>
SO <sub>4</sub>	mg/kg	<b>16</b>	<b>5</b>
B	mg/kg	<b>1,40</b>	<b>0,43</b>
NH <sub>3</sub>	mg/kg	<b>0,280</b>	<b>0,086</b>
As	µg/kg	<b>5,43</b>	<b>1,66</b>

### 3 Kælivatnshringrás

Tveir valkostir eru um fyrirkomulag kælingar og þéttingar gufunnar í eimsvala. Í fyrsta lagi er um svokallaða óbeina eimpéttingu að ræða eins og sýnd er á mynd 3, en þá kemst gufan ekki í snertingu við kælivatnið. Í öðru lagi er um að ræða beina eimpéttingu eins og í Kröflustöð, en þá er kælivatninu úðað inn í gufuna. Í verkhönnunarskýrslunni er gert ráð fyrir óbeinni eimpéttingu.



Mynd 3. Kælihringrás með óbeinni eimpéttingu.

#### Áfylling (7)

Áfylling getur bæði verið þéttivatn úr eimsvala eða ferskvatn eða blanda af hvoru tveggja. Í verkhönnunarskýrslunni er gert ráð fyrir að ferskvatn (100 l/s) verð fyrst notað til gaskælingar en því síðan veitt inn í kælivatnshringrásina ásamt þéttivatni eftir þörfum.

Þéttivatnið frá eimsvala getur innihaldið allt að 13 mg/kg  $H_2S$ . Mögulegt er að afgasa þéttivatnið áður en því er blandað við kælihringrásina og ná þannig  $H_2S$  styrknum niður í allt að 6 mg/kg í þeim tilgangi að minnka brennisteinsmyndun í kælivatninu. Ekki ætti þó að vera þörf á því.

Ef eingöngu ferskvatn er notað til áfyllingar þá verður rásin brennisteinsfrí. Þess verður þó að gæta að gasútblastur frá virkjuninni komist ekki nálægt kæliturninum.

#### Uppgufun kæliturns (8)

Uppgufun er breytileg og fer eftir lofthita og rakastigi. Verkhönnun gerir ráð fyrir að uppgufun verði 236 kg/s að jafnaði. Hluti gassins sem uppleyst er í fæðivatninu mun fara með gufunni út í andrúmsloft. Erfitt er að meta hvernig hlutfallið verður en það ræðst meðal annars af því hvernig efnameðhöndluninni verður háttað. Ef sýrustigið (pH) er hátt þá helst gasið frekar í lausn, hvarfast við súrefni og fer út með yfirfallinu en losnar úr lausn ef það er lágt og fer út með uppgufuninni.

Ef öllu þéttivatninu, sem inniheldur 6 mg/kg  $H_2S$ , verður veitt í kælihringrásina munu mest um 62 tonn af  $H_2S$  á ári losna þessa leið sem er um 1,0% af heildarlosuninni.

Ef þéttivatnið er ekki afgasað þá getur H<sub>2</sub>S gaslosun um kæliturn orðið allt að 137 tonn á ári eða um 2,2% af heildarlosun H<sub>2</sub>S.

Engin losun brennisteins verður um kæliturn ef ferskvatn er notað til áfyllingar.

## Yfirfall kæliturns (9)

Yfirfallsrennsli ræðst af áfyllingarrennsli og uppgufun en hún fer eftir lofthita og rakastigi loftins.

Við vothitastig (wet bulb) 12 °C áætlast uppgufun 236 kg/s og yfirfallsrennsli verður þá 104 kg ef allt þéttivatn sem til fellur verður notað sem áfylling.

Ef þéttivatn er notað til áfyllingar á kælikerfi með óbeinni eimþéttingu myndast brennisteinn á föstu formi. Vegna lítils styrks H<sub>2</sub>S í þéttivatninu er þó ekki ástæða til að ætla að það verði í miklu magni, en þó getur það gert vatnið óhæft til blöndunar í skiljuvatn og losunar í holur því brennisteinsagnir geta stíflað æðar.

Ef ferskvatn verður notað til áfyllingar þá mun styrkur steinefna í vatninu aukast vegna uppgufunar. Ef áfyllingarrennsli er lítið þá getur styrkur steinefna orðið það mikill að útfellingar myndast. Efnasamsetning áfyllingarvatnsins ræður því hversu hátt styrkingarhlutfall er mögulegt.

Þetta var rannsakað í sérstakri tilraun með ferskvatni frá Þeistareykjum og fengust eftirfarandi niðurstöður (Trausti Hauksson 2013, LV-2013/051).

Ef ferskvatn úr borholu ÞR-9 er eingöngu notað til áfyllingar í kælivatnshringrás Þeistareykjavirkjunar má styrkur steinefna ekki aukast meira en 2,9-falt svo að tryggt sé að ekki verði kyrning og engar kalkútfellingar myndist í kælivatnshringrásinni.

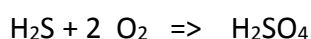
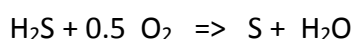
Miðað við 236 kg/s (59 kg/s, vél) hámarks uppgufun frá 180 MW virkjun þarf rennsli áfyllingarvatns í kælivatnshringrásina að vera lágmark 360 kg/s (90 kg/s, vél).

Með sýringu áfyllingarvatnsins má spara ferskvatn. Íblöndun 8 mg af saltsýru (HCl) í lítra af áfyllingarvatni sparar 57 kg/s af ferskvatni (15 kg/s, vél). Sýrunotkun verður þá 232 rúmmetrar af 33% sýru á ári.

## Efnameðhöndlun (10)

Kælivatnið er mettað súrefni andrúmslofts þegar það streymir úr kælivatnsþró og inn í eimsvalann.

Ef kælivatnið innheldur að auki H<sub>2</sub>S hvarfast það við súrefnið og myndar brennistein og brennisteinssýru.





Þetta gerist bæði kemískt en einnig fyrir tilstuðlan brennisteinsörvera sem lifa í kælikerfinu. Þannig virkar brennisteinninn sem fóður fyrir örverugróður sem getur sest á yfirborð varmaskipta og minnkað afl orkuversins.

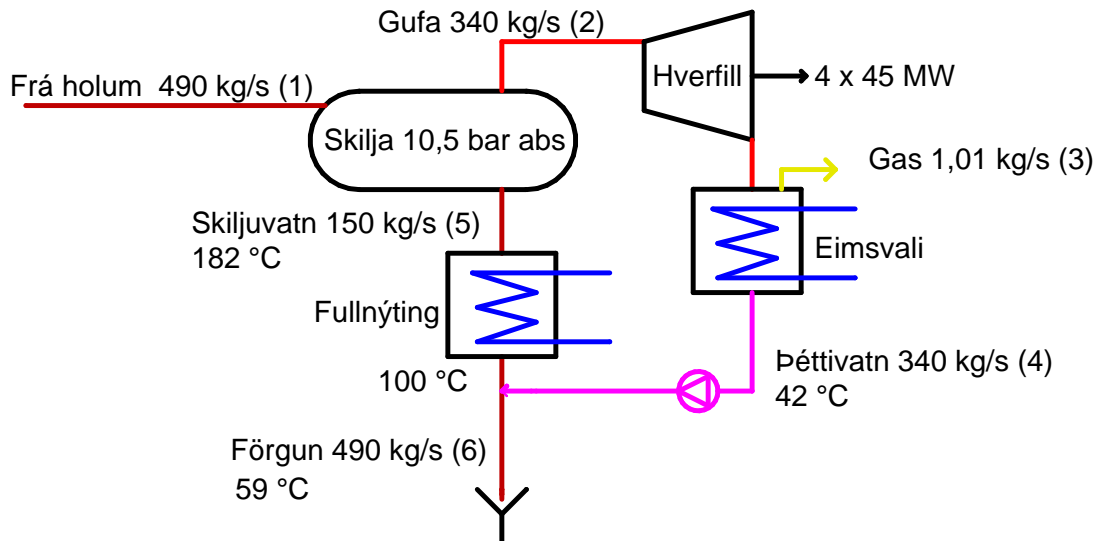
Til þess að halda sýrustiginu innan marka er bætt lút (NaOH) í vatnið. Ekki er reiknað með að þurfi verulegt magn af lút fyrir kælikerfi með óbeinni eimpéttingu, sérstaklega ef þéttivatnið er afgasað.

Til þess að hamla örveruvexti er bætt klór í vatnið. Það er gert einu sinni á dag (“shock treatment”) þannig að örverur nái ekki að festa rætur. Miðað er við að klórstyrkur ( $\text{Cl}_2$ ) nái a.m.k. 2 ppm styrk í hvert sinn og það ástand vari í um 1 klst.

Til þess að meðhöndla kælikerfið einu sinni á dag er áætlað að þurfi um 100 kg af 15 % klórlausn eða 36 tonn á ári.

## 4 Nýting skiljuvatnsvarma

Skiljuvatnið er 182 °C heitt og því gæti verið álitlegt að nýta varmann úr því. Jarðhitasvæðið er ekki langt frá Húsavík og því ekki ólíklegt að áhugi verði á nýtingu varmans til iðnaðaruppbyggingar þar. Einnig kemur til greina að sjóða skiljuvatnið aftur í lágþrýstiskilju og nýta gufuna í lágþrýstri gufuvél til rafmagnsframleiðslu.



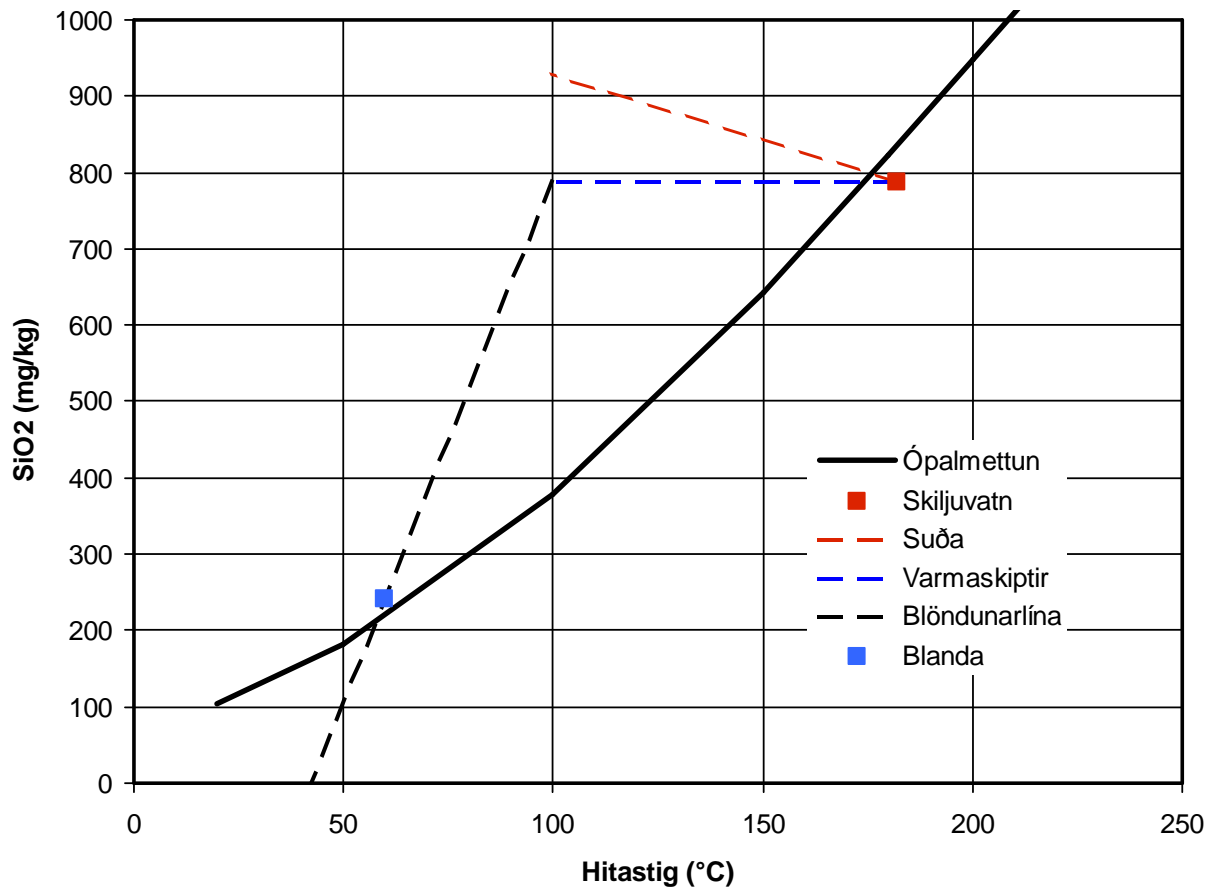
Mynd 4. Vinnslurás með kælingu skiljuvatns.

Eftirfarandi mynd sýnir yfirmettun kísils sem verður í skiljuvatninu við suðuna (rauður brotaferill). Við 100 °C verður SI skiljuvatnsins (“saturation index” þar sem  $SI = 1.00$  við mettnarástand) jafnt og 2,55. Það er nokkuð hátt gildi og nokkuð mikil hætta á kísilútfellingum úr slíkum vökva.

Ef skiljuvatnið er kælt niður í varmaskipti (blá brotalína) niður í 100 °C þá verður minni kísilyfirmettun ( $SI = 2,16$ ).

Reynsla er fyrir því að nýta skiljuvatn sem inniheldur 800 mg/kg kísil í Nesjavallavirkjun til upphitunar. Það hefur gengið án verulegra kísilútfellinga. Það er því vel mögulegt að slíkt verði einnig raunin á Þeistareykjum en þó vissara að sannreyna það með tilraunum.

Ef vatnið, eftir kælingu í 100 °C, er blandað við allt það þéttivatn sem til fellur verður hitastig blöndunnar 59°C og  $SI = 1,07$  sem er viðráðanleg yfirmettun og ætti að vera hægt að láta blönduna renna í holur án útfellinga.



Mynd 5. Frekari nýting skiljuvatnsvarma.

## 5 Helstu niðurstöður

Efnasamsetning vökva úr borholum ÞG-1 (10%), ÞG-3 (10%), ÞG-4 (18%), ÞG-5B (38%), ÞG-6 (12%), ÞG-7 (7%) og ÞG-9 (4%) var veginn saman í ákveðnum hlutföllum og búin til ein einkennandi samsetning vinnslugufu og vatns og hún notuð til þess að meta vinnslueiginleikana í orkurásinni.

Gasstreymi úr eimsvala verður 1,012 kg/s og þyngdarhlutfall CO<sub>2</sub> 78 %, H<sub>2</sub>S 20 % og H<sub>2</sub> 0,5 %.

Áætluð árleg (365 dagar) gaslosun frá 180 MW þeistareykjavirkjun verður 24.860 tonn af CO<sub>2</sub> og 6.240 tonn af H<sub>2</sub>S.

Losunin verður um 15,8 g/kWh af CO<sub>2</sub> og 4,0 g/kWh af H<sub>2</sub>S.

Skiljuvatnsrennsli verður um 150 kg/s við 182 °C og er unnt að losa það án vandræða heitu, ómeðhöndluðu og óþynntu niður í borholur.

Kísilstyrkurur í skiljuvatninu við 182 °C er 787 mg/kg og rétt undir útfellingarmökum ópals. Ef skiljuvatnið verður kælt t.d. fyrir frekari nýtingu í tvívökva kerfi (ORC) eða fyrir hitaveitu þá verður vatnið fljótt yfirmettað. Búast má við einhverjum kísilútfellingum í slíkum varmavinnslubúnaði.

Reynsla er fyrir því að nýta skiljuvatn sem inniheldur 800 mg/kg kísil í Nesjavallavirkjun til upphitunar. Það hefur gengið án verulegra kísilútfellinga.

Fyrir óbeina eimþéttingu kemur til greina að nota bæði þéttivatn og ferskvatn sem kælimiðil.

Ekki eru nein vandkvæði að nota þéttivatn í þessum tilgangi og spara þannig ferskvatnsdælingu. Þó verður taka með í reikninginn að ómengað súrefnisfrítt þéttivatn getur verið gagnlegt og nauðsynlegt í öðrum tilgangi í rekstri virkjunarinnar.

Hagkvæmt getur reynst að blanda köldu þéttivatni í skiljuvatn og nýta þannig þrýsting sem mun nægja til þess að drífa vatnið að niðurdælingarsvæði. Kaldara niðurdælingarvatn eykur einnig viðtöku niðurdælingarhola.

Ef skiljuvatnið verður nýtt til rafmagnsframleiðslu þá getur reynst nauðsynlegt, til þess að koma í veg fyrir útfellingar, að nýta þéttivatn frá virkjuninni til íblöndunar í niðurdælingarvatn. Þéttivatn til þessara nota verður að vera súrefnisfrítt og má því ekki nota fyrst í kælihringrás.

Ef ferskvatn úr borholu ÞR-9 er eingöngu notað til áfyllingar í kælivatnshringrás þeistareykjavirkjunar má styrkurur steinefna ekki aukast meira en 2,9-falt svo að tryggt sé að ekki verði kyrning og engar kalkútfellingar myndast í kælivatnshringrásinni.

## 6 Tillögur

1. Til að byrja með verði þéttivatn frá óbeinum eimsvala notað sem fæðivatn í kælivatnshringrás ásamt ferskvatni frá gaskælum. Ekki ætti að vera nauðsynlegt að afgasa þéttivatnið sérstaklega í þessum tilgangi.
2. Gera ætti ráð fyrir þeim möguleika að ferskvatn verði seinna notað í meiri mæli sem fæðivatn til þess að hægt verði að nota meira og jafnvel allt þéttivatnið til þynningar á niðurrennslistvatni.
3. Gera þarf ráð fyrir efnameðhöndlun kælivatnsins (pH- og örverustýring).
4. Skaðlaust er að losa yfirfall frá kæliturni á yfirborð.
5. Skiljuvatni frá virkjuninni ætti að renna heitt (182 °C) eða lítilsháttar þynnt með þéttivatni í borholur þar til frekari nýting skiljuvatnsins verður ákveðin.
6. Lagt er til að gerðar verði útfellingarprófanir á skiljuvatninu þegar virkjunin fer í gang, til þess að kanna mögulega útfellingu vegna frekari nýtingar þess til raforkuvinnslu eða annarra nota.
7. Prófa ætti jafnframt niðurdælingarhæfni skiljuvatns frá slíkri nýtingu blandað þéttivatni.

## 7 Heimildir

Mannvit 2011. Þeistareykjavirkjun verkhönnun 2011. Útgáfa 1. LV-2011-065 Þeistareykir ehf - Landsvirkjun Júní 2011, 110 s.

Halldór Ármannsson og Magnús Ólafsson 2010: *Háhitaholur á Þeistareykjum. Efnasamsetning vökva og gufu í blástursprófunum 2002-2008*. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. ÍSOR-2010/082. Verknr.: 522020. Desember 2010, 25s.

Trausti Hauksson 2011. *Bjarnarflagsvirkjun. Vinnsloeiginleikar gufu og vatns úr borholum*. Landsvirkjun skýrsla LV-2011/063. Apríl 2011 25s.

Trausti Hauksson 2011. *Þeistareykjavirkjun. Vinnsloeiginleikar gufu og vatns úr borholum*. Landsvirkjun skýrsla LV-2011/123. September 2011 20s.

Trausti Hauksson 2013. *Þeistareykjavirkjun. Prófun ferskvatns fyrir kælivatnshringrás virkjunar*. Landsvirkjun skýrsla LV-2013/051. Apríl 2013 15s.





Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68  
103 Reykjavík  
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is  
Sími: 515 90 00

