



## **Aukin nýting gufu til raforkuframleiðslu**

### **í Svartsengi á álagstímum**

Gunnar Hrafn Gunnarsson

## **Lokaverkefni í vél- og orkutæknifræði BSc** 2011

Umsjónarkennari: Indriði Sævar Ríkharðsson

Tækni- og verkfræðideild

Leiðbeinendur: Friðrik Friðriksson  
Geir Þórólfsson

Vor 2011



## Tækni- og verkfræðideild

### Heiti verkefnis:

Aukin nýting gufu til raforkuframleiðslu í Svartsengi á álagstímum.

### Námsbraut:

Vél- og orkutæknifræði BSc

### Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í tæknifræði BSc

### Önn:

Vor

### Námskeið:

Lok 1012

### Ágrip:

Verkefnið miðar að því að minnka það toppafl sem HS-Orka þarf að kaupa af Landsvirkjun eða öðrum raforkuframleiðendum.

Könnuð hagkvæmni þess að stækka forðatanka HS-Orku fyrir heitt vatn og geyma þar aukið vatnsmagn. Með því móti er ætlunin að komast hjá því að nota varmaorku til þess að hita upp vatn á álagstímum, og þess í stað að nýta alla tiltæka gufu til raforkuframleiðslu á verðmætu toppaflí þegar þess gerist þörf.

Skoðuð er verðmyndun á raforku og þróun verðs á toppaflí ásamt heitavatnspörfinni.

Kostnaðarliðir eru áætlaðir sem og endurgreiðslutími framkvæmdarinnar til eigenda.

Við verkefnavinnuna er aðallega stuðst við tiltæk mælingagögn frá HS-Orku, en einnig við kostnaðaráætlunir frá verktökum.

### Höfundur:

Gunnar Hrafn Gunnarsson

### Umsjónarkennari:

Indriði Sævar Ríkharðsson

### Leiðbeinandi:

Friðrik Friðriksson  
Geir Þórólfsson

### Fyrirtæki/stofnun:

HS-Orka

### Dagsetning:

11. maí  
2011

### Lykilorð íslensk:

Orkuver, Svartsengi  
Dælustöð, Fitjar

### Lykilorð ensk:

Svartsengi,  
powerplant

### Dreifing:

opin

lokuð

til:

## ÚTDRÁTTUR

Orkuöflun HS-Orku er þannig háttáð að um 164 MW eru fengin frá virkjunum sem eru í eigu eða leigu fyrirtækisins sjálfs. Því má auðveldlega færa rök fyrir því að fyrirtækið anní grunnafþörfinni og rétt rúmlega það. Það sem upp á vantar til þess að mæta dægur- og árstíðasveiflum, eða um 34 MW, er keypt af Landsvirkjun samkvæmt langtímasamningum, en þessa samninga þarf að endurnýja innan fárra ára. Það toppafl sem keypt er umfram þessi 34 MW, ef þess gerist þörf, er keypt á verði sem engan veginn er arðbært því búið er að selja orkuna á mun lægra verði til notenda.

Þetta verkefni gengur út á það að reyna að minnka það toppafl sem HS-Orka þarf að kaupa af Landsvirkjun eða öðrum raforkuframleiðendum.

Könnuð er hagkvæmni þess að stækka forðatanka HS-Orku fyrir heitt vatn en með því móti er ætlunin að komast hjá því að nota varmaorku til þess að hita upp vatn á álagstímum og þess í stað að nýta alla tiltæka gufu til raforkuframleiðslu á verðmætu toppaflí þegar þess gerist þörf. Einnig er leitast við að velja þessum tönkum staðsetningu út frá forsendum um hagkvæmni.

Skoðuð er verðmyndun á raforku og þróun verðs á toppaflí ásamt því að skoða þörfina á heitu vatni og þróun mála í þeim efnum út frá tiltækum gögnum.

Kostnaðarliðir varðandi hönnun, smíði og uppsetningu nýrra tanka eru áætlaðir sem og endurgreiðslutími framkvæmdarinnar til eigenda.

Við verkefnavinnuna er aðallega stuðst við upplýsingar um rekstur virkjana í Svartsengi og tiltæk mælingagögn frá HS-Orku, en einnig við kostnaðaráætlanir frá verktökum.



## EFNISYFIRLIT

ÚTDRÁTTUR.....	3
MYNDIR .....	7
TÖFLUR.....	8
1. ÞAKKARORÐ.....	8
2. INNGANGUR.....	9
2.1. Markmið verkefnis.....	9
2.2. Leiðir að markmiði.....	10
2.3. Viðfangsefnið Svartsengi.....	11
3. UM HS-ORKU.....	13
3.1. Stofnun og vöxtur HS-Orku.....	13
3.2. Uppbygging orkuvera í Svartsengi.....	15
3.2.1. Orkuver 1.....	15
3.2.2. Orkuver 2.....	16
3.2.3. Orkuver 3.....	16
3.2.4. Orkuver 4.....	17
3.2.5. Orkuver 5.....	18
3.2.6. Orkuver 6.....	19
3.3. Dreifikerfi HS.....	20
3.3.1. Vatnsveita.....	20
3.3.2. Hitaveita.....	21
4. JARÐHITASVÆÐIÐ SVARTSENGI.....	22
4.1. Nýtingarhlutfall jarðvarma.....	22
4.2. Borholur í Svartsengi.....	24
4.3. Niðurdæling.....	24
4.4. Nýtingarmöguleikar jarðvarma í Svartsengi.....	25
4.5. Önnur verkefni til nýtingar jarðvarma.....	28
5. MYNDUN RAFORKUVERÐS.....	29
5.1. Orkuöflun HS-Orku.....	30
5.2. Orkusala til stóriðju.....	31
5.3. Orkusala til stórnotenda.....	31
5.3.1. Afgjald.....	31
5.3.2. Þrígjald.....	32
5.4. Orkusala til almennra notenda.....	34



6.	FRAMTÍÐARSPÁ UM ÞRÓUN VERÐS Á TOPPAFLI .....	34
7.	HEITAVATNSNOTKUN OG FRAMTÍÐARSPÁ .....	37
7.1.	Kísilverksmiðja í Helguvík .....	38
7.2.	Álver í Helguvík .....	38
7.3.	Flugvallarsvæði (bakrásarkerfi) .....	39
7.4.	Flugstöð Leifs Eiríkssonar (bakrásarkerfi).....	40
7.5.	Byggðir á suðurnesjum (Einfalt dreifikerfi).....	41
8.	NÚVERANDI VATNSTANKAR Á FITJUM.....	42
9.	ÚRVINNSLA RENNSLISGAGNA .....	43
9.1.	Skilgreining álagstímabila .....	44
10.	ÚTREIKNINGAR HELSTU STÆRÐA .....	48
10.1.	Varmaskiptarásir OV-2 .....	48
10.2.	Vatnsrennsli um Njarðvíkuræð.....	50
10.3.	Rafskautaketill á Fitjum .....	51
10.4.	Magn gufu til upphitunar á vatni í OV-5.....	54
11.	FORSENDUR VARÐANDI VATNSFRAMLEIÐSLU.....	56
11.1.	Vatnsframleiðsla stöðvuð á álagstímum .....	56
11.2.	Niðurstaða stöðvunar vatnsframleiðslu .....	59
11.3.	Vatnsframleiðsla takmörkuð á álagstímum.....	60
11.4.	Niðurstaða takmörkunar vatnsframleiðslu .....	60
12.	FRAMLEIÐSLUFORSENDUR.....	61
12.1.	Rekstrarplan 1 .....	62
12.1.1.	Ávinningur .....	63
12.1.2.	Fjárfesting.....	63
12.1.3.	Arðsemi .....	63
12.2.	Rekstrarplan 2 .....	63
12.2.1.	Ávinningur .....	65
12.2.2.	Fjárfesting.....	65
12.2.3.	Arðsemi .....	65
12.3.	Rekstrarplan 3 .....	66
12.3.1.	Ávinningur .....	67
12.3.2.	Fjárfesting.....	67
12.3.3.	Arðsemi .....	67
12.4.	Núverandi rekstrarform .....	67



13.	HÖNNUN OG STAÐSETNING Á NÝJUM VATNSTÖNKUM.....	68
13.1.	Vangaveitur um staðsetningu vatnstanka.....	70
14.	KOSTNAÐARÁÆTLANIR VARÐANDI TANKA OG PÍPULÖGN .....	71
14.1.	Vatnstankar - Stálvinna .....	71
14.2.	Vatnstankar – Einangrun og klæðning .....	72
14.3.	Njarðvíkuræð II - DN600.....	72
15.	ARÐSEMI FRAMKVÆMDA.....	73
15.1.	Kostnaðargreining - Rekstrarplan 1.....	73
15.2.	Arðsemi – Rekstrarplan 1 .....	75
15.3.	Kostnaðargreining - Rekstrarplan 2.....	75
15.4.	Arðsemi – Rekstrarplan 2 .....	79
15.5.	Arðsemi – Rekstrarplan 3 .....	80
16.	NIÐURSTÖÐUR .....	81
17.	UMRÆÐUR OG LOKAORÐ.....	82
18.	HEIMILDASKRÁ .....	84
19.	VIÐAUKAR.....	85
19.1.	VIÐAUKI A - JÖFNUR.....	85
19.2.	VIÐAUKI B – KERFISMYNDIR.....	89
19.3.	VIÐAUKI C – EES.....	100
	ORKUFLUTNINGUR Í MILLIHITURUM OV-2 .....	100
	ORKUFLUTNINGUR Í MILLIHITURUM OV-5 .....	101
	RENNSLI UM NJARÐVÍKURÆÐ, AÐ FITJUM .....	102
19.4.	VIÐAUKI D – RENNSLISGÖGN .....	103



## SKRÁ YFIR MYNDIR

Mynd 1	Þróun varma- og raforkuframleiðslu í Svartsengi frá 1998 .....	10
Mynd 2	Samanburður á upptekt, niðurdælingu og vatnsframleiðslu .....	12
Mynd 3	Önnur 1 MW túrbína orkuvers 1 .....	15
Mynd 4	Séð yfir orkuver 2 .....	16
Mynd 5	6 MW Fuji-vél í orkuveri 3 .....	16
Mynd 6	1,2 MW Ormat Ísópentan vél í orkuveri 4.....	17
Mynd 7	Séð yfir orkuver 5 .....	18
Mynd 8	30 MW Fuji-vélin sem nefnd er "Kolkrabbinn" .....	19
Mynd 9	Vatnsveitukerfi HS.....	20
Mynd 10	Hitaveitukerfi HS .....	21
Mynd 11	Veitusvæði HS .....	22
Mynd 12	Helstu háhitasvæði á Íslandi.....	22
Mynd 13	T-s rit sem sýnir ferli jarðsjávar og þurrugufu frá jarðhitageymi, gegnum hverfil og inn í eimsvala.....	27
Mynd 14	Dreifing verðþrepa við notkun þriggjalda .....	33
Mynd 15	Þróun heitavatnsnotkunar á veitusvæði HS-Orku frá 2001-2010.....	37
Mynd 16	Rennsli á heitu vatni að flugvallarsvæði 2008-2010 og áætlun til ársins 2020.....	40
Mynd 17	Rennsli á heitu vatni að flugstöð 2008-2010 og áætlun til ársins 2020 .....	41
Mynd 18	Rennsli á heitu vatni að einföldu dreifikerfi 2008-2010 og áætlun til ársins 2020 .....	42
Mynd 19	Forðatankar og dælustöð að Fitjum í Reykjanesbæ.....	42
Mynd 20	Samanburður rennslis síðustu þriggja ára frá orkuveri að Fitjum.....	43
Mynd 22	Þróun og áætlun meðalrennslis frá Svartsengi að Fitjum til ársins 2020.....	45
Mynd 21	Dæmigerð álagsdreifing raforku yfir einn sólarhring .....	45
Mynd 23	Þróun og áætlun meðalrennslis frá Fitjum að einföldu dreifikerfi til ársins 2020 .....	46
Mynd 24	Þróun og áætlun meðalrennslis frá Fitjum að flugvallarsvæði til ársins 2020 .....	47
Mynd 25	Þróun og áætlun meðalrennslis frá Fitjum að flugstöð á keflavíkuvelli til ársins 2020 .....	48
Mynd 26	Magn bakþrýstigufu til hámarks nýtingar OV-2 .....	49
Mynd 27	Hámarks rennsli um Njarðvíkuræð .....	50
Mynd 28	Þrýstingur í rafskautakatli ásamt þrýstingi í gufuteppi vatnstanka.....	52
Mynd 29	Magn lágþrýstigufu sem tekin er út úr vél 11 við núverandi keyrslu.....	55
Mynd 30	Magn lágþrýstigufu til hámarks nýtingar OV-5 .....	56
Mynd 31	Veitukerfi hitaveitu ásamt blöndun bakrennslis til reglunar á hitastigi framrásar .....	57
Mynd 32	Aflþörf 400 kW ketils.....	74
Mynd 33	Orkunotkun 800 kW ketils.....	78



## SKRÁ YFIR TÖFLUR

Tafla 1 Eignarhald HS-Orku árið 2011.....	15
Tafla 2 Yfirlit yfir boraðar holur í Svartsengi.....	24
Tafla 3 Þróun hlutfalls niðurdælingar af uppteikt milli ára. ....	25
Tafla 4 Samband raforkuframleiðslu og framleiðslu á heitu vatni frá OV-5.....	55
Tafla 5 Tankastaða og rennsli miðað við að vatnsframleiðsla sé stöðvuð á álagstímum.....	58
Tafla 6 Áætluð meðal-vatnspörf frá Fitjum að dreifikerfi árið 2020 eftir tímum sólarhrings .....	61
Tafla 7 Samspil vatns- og raforkuframleiðslu OV-5 .....	61
Tafla 8 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við rekstarplan 1, yfir sólarhring .....	62
Tafla 9 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við Rekstarplan 2, yfir einn sólarhring .....	64
Tafla 10 Vatnsstaða tanka í byrjun hvers mánaðar tímabils miðað við rekstrarplan 2.....	64
Tafla 11 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við Rekstarplan 3, yfir einn sólarhring .....	66
Tafla 12 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við núverandi rekstrarform.....	68

## 1. ÞAKKARORÐ

Verkefni þetta er unnið undir dyggri leiðsögn Friðriks Friðrikssonar framkvæmdastjóra sölu- og framleiðslusviðs HS–Orku og Geirs Þórólfssonar verkefnastjóra á tæknisviði HS–Orku og kann ég þeim bestu þakki fyrir veittan stuðning og aðstoð. Einnig vil ég þakka Hreini Halldórssyni viðhaldsstjóra framleiðslusviðs í Svartsengi fyrir hans aðstoð við skilning á framleiðsluferli orkuveranna í Svartsengi og allt annað sem til hans var leitað með. Síðast en ekki síst vil ég þakka fjölskyldu minni fyrir endalausa þolinmæði og umburðarlyndi á námstímanum og meðan á þessari verkefnavinnu stóð.

Gunnar Hrafn Gunnarsson



## 2. INNGANGUR

### 2.1. Markmið verkefnis

Ástæðan fyrir tilkomu þessa verkefnis er áhugi innan HS-Orku á því að kanna hvort mögulegt og hagkvæmt sé að auka nýtingu gufu til raforkuframleiðslu í Svartsengi á álagstímum með það að markmiði að minnka toppaflíð sem fyrirtækið kaupir að hluta til af Landsvirkjun, en einnig af öðrum raforkuframleiðendum. Kaup á þessu afli eru fyrirtækinu nauðsynleg svo unnt sé að standa við gerða samninga um örugga afhendingu raforku.

Einungis er hægt að taka ákveðið magn af jarðsjó og gufu úr jarðvarmageyminum til þess að viðhalda sjálfbærni auðlindarinnar og er þetta magn ekki nægjanlegt til þess að fullnýta það afl sem uppsett er í Svartsengi án þess að ganga á svæðið. Í vinnsluleyfi virkjunarinnar sem gefið er út af iðnaðarráðuneytinu, er ekki tiltekið það magn sem taka má upp úr svæðinu yfir ákveðið tímabil, heldur er takmörkuð sú orka sem vinna má úr svæðinu á ársgrundvelli. Hluti þeirrar orku sem þarna kemur upp er notuð til upphitunar á vatni sem síðan fer til neyslu hjá viðskiptavinum fyrirtækisins á veitusvæðinu, en hluti hennar er nýttur til raforkuframleiðslu út á landsnet.

Markmiðið með þessu verkefni er í stórum dráttum að kanna hvort hagkvæmt og arðbært sé fyrir fyrirtækið að auka tankarými undir heitt vatn með þeim kostnaði sem því fylgir, hita vatnið að mestu leyti upp að næturlagi þegar raforkuþörfin er í lágmarki og dreifa því til neytenda yfir daginn.

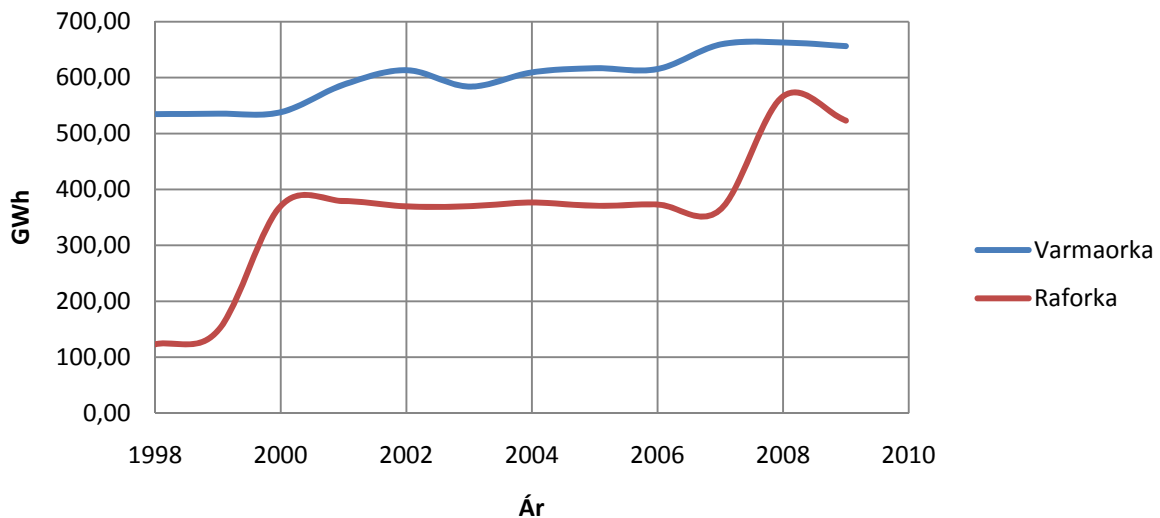
Á næturtíma er raforkuþörfin í lágmarki og því mögulegt að nýta stærri hluta varmaorkunnar úr jarðvarmageyminum til upphitunar vatns. Ef hagkvæmt reynist að smíða tanka til þess að geyma þetta vatn þar til þörfin fyrir það er fyrir hendi, er hægt að nýta stærri hluta varmaorkunnar á álagstímum til framleiðslu raforku, sem annars er nýtt til upphitunar á vatni, og þannig minnka það toppafl sem keypt er frá öðrum aðilum.

## 2.2. Leiðir að markmiði

Hugsanlega má skoða tvær leiðir til þess að nálgast þetta markmið:

- Vatnsframleiðsla frá Svartsengi til Fitja er stöðvuð á þeim álagstímum sem raforkuþörfin er í hámarki og þannig má nýta alla þá gufu sem fyrir hendi er í vélum virkjunarinnar til raforkuframleiðslu. Þess á milli er ýmist keyrt á skertum afköstum vatnsframleiðslunnar, eða á fullum afköstum yfir nóttina þegar möguleikinn á því er fyrir hendi. Til þess að þetta sé mögulegt er nauðsynlegt að stækka það tankpláss sem fyrir er á Fitjum, eða annars staðar ef það telst hagkvæmara varðandi kostnað og dreifingu.
- Vatnsframleiðsla OV-5 í Svartsengi er takmörkuð eins og þurfa þykir til þess að hámarka þá raforkuframleiðslu sem mögulegt er að fá út úr vélum virkjunarinnar á álagstímum. Á sama tíma er framleiðsla OV-2 á heitu vatni aukin eins og mögulegt er.

### Varma- og Raforkuframleiðsla í Svartsengi 1998 - 2009



Mynd 1 Þróun varma- og raforkuframleiðslu í Svartsengi frá 1998

Mynd 1 sýnir hvernig varma- og raforkuframleiðslan í Svartsengi hefur þróast frá árinu 1998. Eins og sjá má hefur framleiðsla á varmaorku verið að aukast jafnt og þétt milli ára meðan raforkuframleiðslan eykst í þrepum eftir því sem ný orkuver eru tekin í notkun.

### 2.3. Viðfangsefnið Svartsengi

Í Svartsengi eru virkjaðar „blautar“ holur sem gefa blöndu af yfirhitaðri gufu og jarðsjó sem eimaður er með hvellsuðu (e. flashing) í háþrýstigufuskiljum og er gufan leidd inn á túrbínur til raforkuframleiðslu. Hluti vökvans sem kemur frá háþrýstiskiljunum er nýttur inn á lágþrýstigufuskiljur orkuvers 2, þar sem vökvinn er hvellsaðinn í annað sinn og lágþrýst gufan nýtt til upphitunar á neysluvatni. Vökvinn sem eftir verður í lágþrýstiskiljum fer til niðurdælingar, en það sem ekki nýtist inn á lágþrýstigufuskiljur er dælt út í Bláa Lónið. Jarðsjórinn úr skiljum stöðvarinnar er þannig nýttur til þess að auka nýtni virkjunarinnar á óhefðbundinn hátt sem ekki þekkist í tengslum við margar aðrar jarðhitavirkjanir í heiminum.

Einnig eru virkjaðar “ þurrar ” holur í Svartsengi sem gefa hreina gufu sem tekin er beint inn á nýjustu vél orkuversins, vél 12 í orkuveri 6, en sú gufa er tekin úr gufupúðanum sem er efst í jarðvarmageyminum og hefur myndast vegna uppsuðu úr jarðsjónum. Þrýstingur gufupúðans hefur lækkað töluvert frá því áður en vinnsla hófst úr honum, en vegna þess er ekki hægt að keyra vél 12 nema á um 70% álagi og skilar hún að öllu jöfnu rúmlega 22 MW í stað 30 MW. Fyrstu mánuðina var þó hægt að keyra vélina með fullum afköstum þar til draga tók af svæðinu.

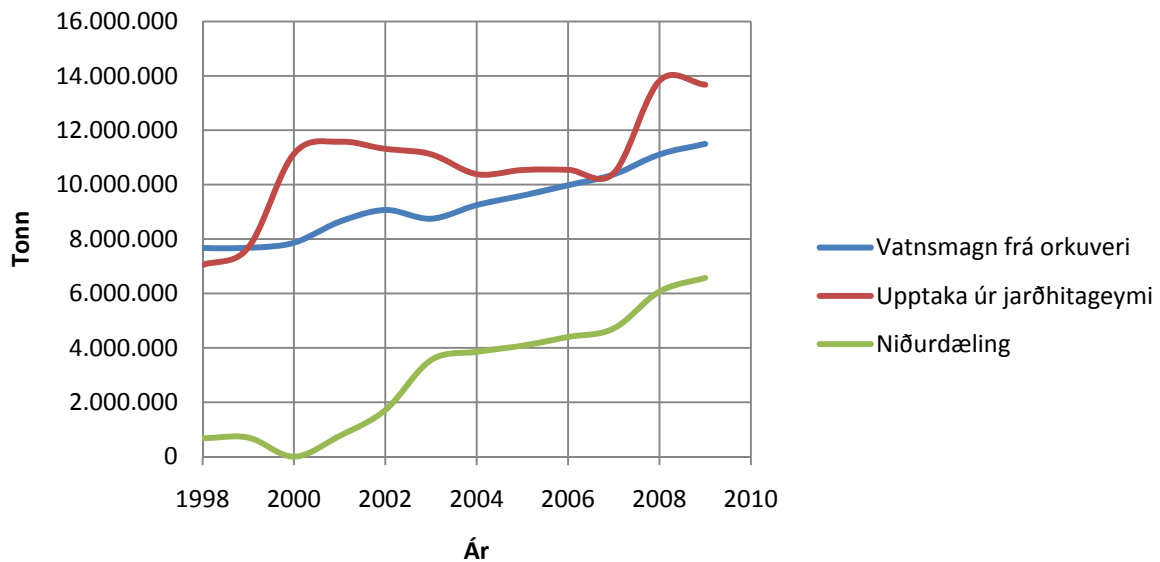
Eðli málsins samkvæmt væri hagkvæmara fyrir orkuverin að taka meira af þurr-gufu með miklu vermi úr gufupúðanum inn á vélar, en til þess að auka rýmd gufupúðans í jarðvarmageyminum þarf að dæla meira magni af jarðsjó úr honum. Mikilvægt er einnig í því sambandi að gæta þess að vinnsla jarðsjávar og gufupúðans sé í jafnvægi til þess að viðhalda þrýstingi í jarðhitageyminum.

Það sem takmarkar aftur á móti möguleikana á upptöku jarðsjávar er annars vegar það magn sem Bláa Lónið getur tekið við og hinsvegar takmörkuð niðurdæling á þeim jarðsjó sem búið er að nýta varmann úr.

Bláa Lónið, sem myndaðist vegna skiljuvatns frá virkjuninni í Svartsengi, er orðið það þétt að lekt vatnsins niður í hraunið er orðin sáralítill. Aukning á dælingu út í lónið kemur því að mestu leiti fram í hækkun yfirborðs þess, sem má ekki eiga sér stað vegna þeirra bygginga sem risið hafa á svæðinu undanfarin ár í tengslum við rekstur lónsins og gerðu ekki ráð fyrir hærra vatnsborði en orðið er.

Niðurdæling á svæðinu hefur aukist smátt og smátt í gegnum tíðina og í dag er milli 40 og 50% af uppteknum vökva dælt niður aftur og stefnt er að því að auka það magn enn frekar á komandi árum. Þetta tvennt gerir það að verkum að til þess að hægt sé að taka meiri jarðsjó úr jarðhitageyminum og auka þannig rýmd gufupúðans þarf að dæla þeim jarðvökva, sem ekki fer til niðurdælingar, til sjávar um frárennslispípur. Þessi framkvæmd er á teikniborðinu sem einn af þeim kostum sem fyrir hendi er til þess að leysa þetta vandamál. Ýmisleg hefur verið reynt, en síðasti kosturinn er að setja starfsfólk og gesti Bláa Lónsins í stígvél, sem ekki er víst að mælist vel fyrir.

### Samanburður heitavatsframleiðslu, upptöku og niðurdælingar frá árinu 1998 til 2009



Mynd 2 Samanburður á upptekt, niðurdælingu og vatnsframleiðslu

Farið var í gegnum framleiðsluferli virkjananna í Svartsengi til þess að finna þá staði í ferlinu sem gáfu möguleika á betri nýtingu gufunnar til raforkuframleiðslu á þeim tímum sem þess er óskað. Við þá vinnu kom í ljós að það er raunverulega aðeins einn staður í ferlinu sem bauð upp á þessa möguleika, en það er orkuver 5. Út úr vél 11 í orkuveri 5 er tekin gufa í mismunandi þrepum túrbínuhjólsins og við mismunandi hitastig til þess að hita upp vatn í millihitum og lokahitum ef þess gerist þörf. Með því að hleypa eins miklu og kostur er af þeirri gufu sem fyrir hendi er í gegnum túrbínuna og yfir í eimsvallann og takmarka það magn

sem tekið er út til vatnshitunar, má hugsanlega auka nýtingu vélarinnar sem því nemur til raforkuframleiðslu á álagstímum.

### 3. UM HS-ORKU

#### 3.1. Stofnun og vöxtur HS-Orku

Boranir eftir gufu hófust í Svartsengi árið 1971, en þó var það ekki fyrr en árið 1974 að ákveðið var að stofna Hitaveitu Suðurnesja sem skyldi hafa það að markmiðið að virkja jarðhita í Svartsengi við Grindavík eða annars staðar á Reykjanesi, reisa þar varmaskiptistöðvar og leggja aðveituæðar til þéttbýliskjarna á Suðurnesjum, leggja dreifikerfi og annast sölu á heitu vatni til notenda. Eigendur þess voru ríkissjóður, Keflavíkurkaupstaður, Njarðvíkurhreppur, Gerðahreppur, Miðneshreppur, Hafnahreppur, Grindavíkurkaupstaður og Vatnsleysustrandarhreppur. Eignaraðild að fyrirtækinu var þannig að sveitarfélögin skyldu eignast 60% en ríkið 40%.

Strax við virkjun jarðhitans fór skiljusjórinn að mynda affallslón sem í dag er Bláa Lónið. Vatni var hleypt á fyrstu húsin í Grindavík 6. nóvember 1976 og ári síðar, eða 30. desember 1977 á fyrstu húsin í Njarðvík.

Starfsemi raforkuframleiðslu hófst árið 1978 þegar gangsett var 1 MW túrbína til eigin nota og skömmu síðar önnur túrbína sömu stærðar.

Árið 1980 var Hitaveitu Suðurnesja, veitt heimild til að stækka raforkuver sitt í Svartsengi um allt að 6 MW og reisa og reka flutningslínur til þess að tengja orkuverið við orkuflutningskerfi Suðurnesja. Einnig var hlutverki Hitaveitu Suðurnesja breytt í almennt orkufyrirtæki með heimild til að reka rafveitur.

Með samningi sem undirritaður var þann 17. maí 1985 var samið um kaup Hitaveitu Suðurnesja á eignum Rafmagnsveitna ríkisins á Suðurnesjum og fór yfirtaka eignanna fram 1. júlí 1985. Þá var undirritað samkomulag milli Hitaveitu Suðurnesja og sveitarfélaga á Suðurnesjum þann 5. júlí 1985 um yfirtöku fyrirtækisins á öllum rafveitum á Suðurnesjum. Samið var um að eignir rafveitna sveitarfélaganna yrðu lagðar fram sem stofnframlög og að eignarhlutur ríkisins í Hitaveitu Suðurnesja lækkaði þar með niður í 20%.

Árið 1989 fjárfesti fyrirtækið í þremur Ormat, ísópentan-vélum sem skila samtals 3,6 MW og árið 1993 var bætt við fjórum samskonar vélum upp á samtals 4,8 MW. Vélunum var komið fyrir í Svartsengi og nefnt orkuver 4.

Nauðsynlegar breytingar á lögum um Hitaveitu Suðurnesja voru gerðar árið 1995 í kjölfar þess að Keflavík, Njarðvík og Hafnahreppur sameinuðust í eitt sveitarfélag og breyttist skipting eignarhluta hluthafanna í samræmi við þessa sameiningu.

Orkuver 5 var tekið í gagnið í lok ársins 1999, en með því jókst raforkuframleiðslan í Svartsengi um 30 MW.

Samkomulag náðist í nóvember árið 2000 um sameiningu Hitaveitu Suðurnesja og Rafveitu Hafnarfjarðar. Við samrunann fékk Hafnarfjarðarbær sem eigandi Rafveitu Hafnarfjarðar eignarhlut í Hitaveitu Suðurnesja og breyttist eignarhlutur eigenda Hitaveitu Suðurnesja sem þessu nam. Árið 2002 sameinuðust HS og Bæjarveitur Vestmannaeyja og tveimur árum seinna (2004) kaupir HS rafveituhluta Selfossveitna. (Alþingi, 2000-2001)

Miklar sviptingar urðu á eignarhaldi HS árið 2007 þegar Geysir Green Energy kaupir 32% hlut í HS og á sama tíma kaupir Orkuveita Reykjavíkur nánast öll bréf Grindavíkurbæjar og Hafnarfjarðarbæjar í félaginu.

Hitaveitu suðurnesja er skipt upp í tvö sjálfstætt starfandi fyrirtæki árið 2008, HS-Orku og HS-Veitur, en þetta var gert í kjölfar samþykktar laga þar sem kveðið er á um aðskilnað samkeppnis- og sérleyfisstarfsemi. Sama ár er orkuver 6 tekið í notkun og eykst þar með uppsett afl til raforkuframleiðslu í Svartsengi um 30 MW.

Það hafði því tekið fyrirtækið um 30 ár að ná 75 MW rafmagnsframleiðslu í Svartsengi, en það sem lengst af stóð í vegi fyrir uppbyggingu fyrirtækisins í raforkumálum var einkaleyfi Landsvirkjunar til raforkuframleiðslu á Íslandi.

Áframhaldandi sviptingar áttu eftir að vera um eignarhald félagsins, því árið 2009 kaupir Magma Energy Sweden A.B. 40,94% hlut í HS og Geysir Green Energy eykur hlut sinn úr 32% í 57,38% sama ár. Á móti minnkaði hlutur Reykjanesbæjar úr 34,75% í 0,75% ásamt því að Orkuveita Reykjavíkur, Hafnarfjarðarbær og Sandgerðisbær hverfa úr hluthafahópnum.

Magma Energy kaupir síðan hlut Geysis Green Energy og stendur uppi sem meirihlutaeigandi í dag.

Eignarhald HS-Orku árið 2011 er eftirfarandi:

HLUTHAFI	EIGNARHLUTUR
Magma Energy Sweden A.B.	98,526%
Reykjanesbær	0,658%
Grindavíkurbær	0,447%
Sveitarfélagið Garður	0,281%
Sveitarfélagið Vogar	0,088%

Tafla 1 Eignarhald HS-Orku árið 2011

Orkuverin í Svartsengi hafa verið byggð upp í áföngum. Það fyrsta, orkuver 1 var byggt á árunum 1977 – 1979 og það síðasta, orkuver 6 var byggt á árunum 2006 – 2008 með framleiðslugetu upp á 30 MW. Í dag er heildar-framleiðslugeta orkuveranna í Svartsengi um 75 MW í raforku og um 180 MW í varma.

## 3.2. Uppbygging orkuvera í Svartsengi

### 3.2.1. Orkuver 1

OV-1 var hannað og byggt á árunum 1977-1979. Þar eru tveir 1 MW<sub>e</sub> mótþrýstigufhverflar („back-pressure hverflar“) af AEG gerð sem sáu orkuverinu fyrir eigin orkuþörf. Sá fyrri var tekin í notkun árið 1978 og sá seinni árið 1979. Í orkuverinu voru einnig fjórar varmaskiptarásir sem hver gat framleitt um 40 l/s af 120°C heitu vatni.



Mynd 3 Önnur 1 MW túrbína orkuvers 1

Varmaorkuframleiðsla orkuversins var 50 MW<sub>th</sub>, en vegna aldurs voru tvær varmaskiptarásir lagðar af árið 2000 og í dag er búið að leggja af alla framleiðslu í OV-1 vegna aldurs og lélegrar nýtingar.(HS-Orka)

### 3.2.2. Orkuver 2

OV-2 var byggt á árunum 1979–80 og tekið í notkun í beinu framhaldi. Þar eru þrjár varmaskiptarásir sem hver getur afkastað 75 l/s af 125°C vatni, sem samsvarar 25 MW í varmaafli eða samtals 75 MW<sub>th</sub>.



Mynd 4 Séð yfir orkuver 2

Ferlið er með þeim hætti að ferskvatn er forhitað úr 4-5°C í um 25°C í eimsvölum Ormat-hverfla í orkuveri 4. Þaðan kemur vatnið yfir í OV-2 þar sem það er afloftað og hitað með lágþrýstigufu í varmaskiptasúlum í um 82°C. Þá er vatnið hitað í um 96°C í plötuvarmaskiptum (millihitarar) með 102°C-105°C gufu frá útrás gufuhverfils orkuvers 3 og að endingu, ef þess gerist þörf, er hitaveituvatnið yfirhitað í 101°C-110°C í plötu-varmaskiptum (lokahitarar) og er það gert með háþrýstigufu. (HS-Orka) Ekki hefur verið mikil þörf fyrir að keyra vatnið í gegnum lokahitara eftir að Varnarliðið yfirgaf landið og vatnsnotkun á flugvallarsvæðinu stórminnkaði.

### 3.2.3. Orkuver 3

OV-3 er raforkuver með 6 MW<sub>e</sub> Japönskum Fuji mótþrýsti-gufuhverfli sem gangsettur var þann 20. desember 1980 til raforkuframleiðslu út á net. Inn á vélina fara um 40 kg/sek af gufu við um 5 bar þrýsting og 156°C hita. Frá henni fer bakþrýstigufa með um 0,2 bar(a) þrýstingi sem er um 103°C heit inn á varmaskiptakerfi orkuvers 2 og einnig inn á sjóðara fyrir Ormat-vélar í orkuveri 4. (HS-Orka)



Mynd 5 6 MW Fuji-vél í orkuveri 3



### 3.2.4. Orkuver 4

OV-4 er raforkuver með sjö Ormat Ísopentan-vélum sem nota lágþrýsta bakþrýstigufu frá OV-3 og framleiðir hver samstæða 1,2 MW<sub>e</sub>. Þrjár af þessum sjö vélum voru gangsettar 1989 og eru niðurgíraðar, eins þrepa með vatnskælda eimsvala, en fjórar „asynchrón“ vélar án gírs, tveggja þrepa með loftkælda eimsvala voru gangsettar 1993.



Mynd 6 1,2 MW Ormat Ísopentan vél í orkuveri 4

Heildar framleiðslugeta OV-4 er 8,4 MW í rafafli og um 30 MW<sub>th</sub> í varmaafli til hitaveitu. Gufuhverfill OV-3 notar einungis hluta af orkunni í háþrýstigufunni, því eftir að hafa knúið túrbínuna er gufan um 103°C heit. Þá er hún bæði notuð til að hita upp vatn í varmaskiptarásum OV-2 og til að hita upp ísopentan í sjóðurum Ormat-véla í OV-4.

Nafnið Ormat er dregið af framleiðanda vélanna, Ormat Turbines í Yavne í Ísrael. Ormat hverflarnir byggja á svokallaðri “Organic Rankine” hringrás eða varmaferli, skammstafað ORC. “Rankine” ferlið er algengast í kynntum orkuverum þar sem notað er kol, gas, olía, mór, sorp eða kjarnorka til kyndingar og er vinnuvökvinn í lokaðri hringrás þá vatn. Í ORC er venjulega notað eitthvert kolvetnasamband í hringrásina.

Í Svartsengi er notað ísopentan, en það er hringtengt C<sub>5</sub> H<sub>12</sub> sem ber einnig efnaheitið 2MethylButan. Ísopentan er eldfimt en ekki eitruð, suðumarkið er 27,8°C við andrúmsloftsþrýsting og eðlisþyngd við 20°C er 620 kg/m<sup>3</sup>. Magn ísopentans á hverri vél er 3.000 lítrar á þeim vatnskældu en 6.500 lítrar á þeim loftkældu.

Ormat vélasamstæðan samanstendur í aðalatriðum af sjóðara, skilju, túrbínu, eimsvala og fæðidælu.

Varmaferli Ormat-vélar er þannig að bakþrýstigufa frá OV-3 er leidd í röravarmaskipti, sem kallaður er sjóðari. Þar er Ísopentan hitað upp í um 95°C og er það þá orðið að gasi við 5,5 bar(g) þrýsting. Gufan þéttist hins vegar í rorum varmaskiptisins og er leidd burt sem þéttivatn til niðurdælingar í jarðhitakerfið. Fasaskiptin frá gufu yfir í vökva gefa hvað mesta varmaorku yfir í Ísopentanið því þéttunarvarmi vatnsgufunnar er um 2260 kJ/kg.

Ísópentan gasið fer því næst í gegnum dropaskilju og síðan inn á túrbínu sem knýr 1,2 MW rafala. Frá túrbínunni streymir gasið í eimsvala, sem er röravarmaskiptir og þéttist þar við um það bil andrúmsloftsprýsting. Frá eimsvalanum streymir isopentan vökvinn svo að fæðidælu, sem dælir honum í sjóðarann og lokast þar með hringrásin.

Kælivatnið sem notað er til kælingar í eimsvölum fyrstu þriggja Ormat vélanna er hitað áfram upp í OV-2 og OV-5 sem hitaveituvatn og er kælivatnspörfin fyrir hverja vatnskælda vél um 140 l/s.

Seinni Ormat vélarnar fjórar nota hins vegar loftkælda eimsvala sem eru töluverð mannvirki, en ofan á þeim eru 36 viftur sem hver er 4 metrar í þvermál. Hver Ormat vél þarf um 12 MW af varma til að framleiða 1,2 MW í rafafli og þarf því að fjarlægja um 10,5 MW í eimsvölunum sem gefur varmanýtni upp á rétt rúm 10%.

Tilkoma Ormat-vélanna árið 1989 féll mjög vel inn í varmaferlið sem fyrir var í Svartsengi, þá sem forhitun á hitaveituvatni sem nemur aukningu á framleiðslugetu um 30 MW<sub>th</sub>. Það leiddi af sér sparnað á jarðsjó og þar með minnkun á niðurdrætti í jarðhitageyminum.

Aðrir kostir sem nefna má við Ormat-vélarnar er að jarhitanýtni orkuversins hefur aukist verulega, nýtingartími vélanna er góður ásamt því að hávaði og mengun (súrt regn) hefur minnkað verulega vegna minna gufuústreymis. (HS-Orka)

### 3.2.5. Orkuver 5

OV-5 var byggt vegna nauðsynlegrar endurnýjunar elsta hluta orkuversins í Svartsengi, sem er OV-1 frá 1977 og stækkunar til framtíðar ásamt því markmiði að nýta jarðhitakerfið á sem hagkvæmasta hátt. OV-5 var tekið í notkun til raforkuframleiðslu í byrjun nóvember 1999 en heitavatnsframleiðsla í orkuverinu hófst í lok febrúar árið 2000.



Mynd 7 Séð yfir orkuver 5

Orkuver 5 er virkjun með 30 MW<sub>e</sub> eimsvalatúrbínu og 75 MW<sub>th</sub> varmaskiptakerfi ásamt gasdælum og gufuþeysum, sér gufuveitu, þéttivatnskerfi, forskilju- og rakaskiljustöð, kæliturn, stjórnherbergi, spennum og rofastöð.

Í orkuverinu eru notuð um 75 kg/s af um 160 °C gufu við 5,5 bar þrýsting inn á túrbínu sem er hönnuð með 10 þrepum og með þremur gufuúttökum fyrir varmaskiptakerfi orkuversins. Sú gufa sem fer um öll 10 þrep túrbínunnar, endar í eimsvala en þar nýtist hún við að hita forhitað vatn frá orkuveri 4 úr um 23 - 25°C í um 35 - 38°C.

Frá úttaki tvö, sem er eftir 5. þrep, fer gufan að millihiturum um 117°C heit og hitar vatnið áfram í um 94°C. Þaðan fer það í afloftara og síðan um lokahitara, sé þess þörf. Þá er notuð gufa sem er 133°C frá úttaki eitt sem er eftir 3. þrep túrbínunnar. Í lokahiturum er vatnið hitað eftir þörfum oftast í 100-105 °C. Þaðan fer vatnið frá orkuveri um Njarðvíkuræð að dælu- og blöndunarstöð Fitjum. (HS-Orka)

### 3.2.6. Orkuver 6

OV-6 er eimsvalavirkjun með mjög eftirtektarverðri vél sem skilar allt að 30 MW<sub>e</sub>. Vélin er ekki grunnafllseining heldur fylgir álag hennar að verulegu leiti hitaveitu- og rafmagnsálagi hverju sinni.

OV-6 notar háþrýsta gufu, en inntaksþrýstingur inn á vélina er 15 bar

og gufumagn við inntak er um 80 kg/s.

Við 5,7 bar þrýsting í túrbínunni er rúmlega helmingi gufunnar hleypt yfir á vél 11 í OV-5. Restin af gufunni heldur áfram í gegnum vélina niður í 0,07 bara þrýsting.

Einnig er haft inntak á túrbínunni frá gufulögn að Ormat vélum sem gerir það að verkum að vélin getur tekið við hlutverki allt að þriggja Ormat véla ef þær eru í upptekt. Hvert inntak og úttak er með tvo stúta og eru því samtals átta stútar á vélinni, til viðbótar við endauúttakið fyrir eimsvalagufuna. (HS-Orka)

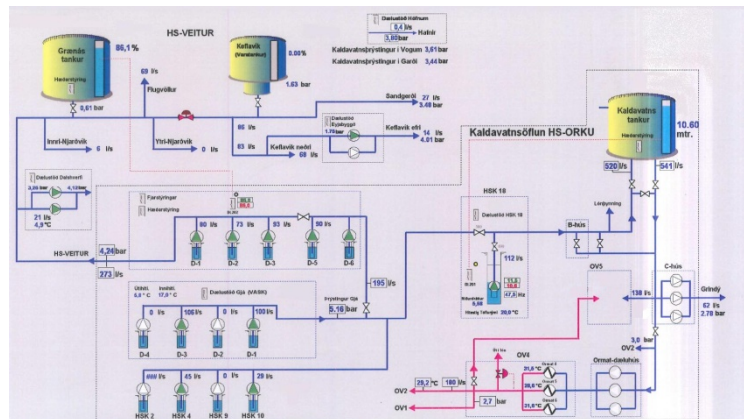


Mynd 8 30 MW Fuji-vélin sem nefnd er "Kolkrabbinn"

### 3.3. Dreifikerfi HS

#### 3.3.1. Vatnsveita

HS á og rekur vatnsveitu í Reykjanesbæ, Garði, Höfnum og rekur einnig vatnsveitu Keflavíkurflugvallar. Sandgerði, Grindavík og Vogar fá neysluvatn frá HS en reka sín dreifikerfi. Aðalvatnstökusvæði HS er gjá í hrauninu í Lágum, en þar eru tvær dælustöðvar. Önnur er tvískipt og dælir bæði inn á ferskvatnskerfið og til Svartsengis, en hin er eingöngu fyrir Svartsengi. Með aukinni vatnspörf er hægt að bæta við dælum, en meginstofnæðin er hönnuð fyrir hámarksrennsli allt að 400 l/s.



Mynd 9 Vatnsveitukerfi HS

Ferskvatn flýtur ofan á jarðsjó á þessum slóðum og ræðst þykkt ferskvatnslagsins af eðlisþyngdarmun ferskvatns og sjávar. Ferskvatnslagið er rúmlega 40 metra þykkt og nær niður á um 58 metra. Þar tekur við 10-15 metra þykkt blandlag þar sem seltan vex ört með dýpi. Á 70 metra dýpi er komið í fullsaltan jarðsjó.

Aðal miðlunarrými veitunnar er Grænásgeymir, 2000 m<sup>3</sup> að stærð, en 800 m<sup>3</sup> geymir er í Keflavík og annar 700 m<sup>3</sup> til vara. Ekki langt frá Grænásgeymi er aðaldælustöð Keflavíkurflugvallar sem dælir vatni úr geyminum og inn á dreifikerfið á Keflavíkurflugvelli, upp á 1900 m<sup>3</sup> miðlunargeymi sem er aðalforðabúur veitunnar á Keflavíkurflugvelli. Hann heldur uppi stöðugum vatnsþrýstingi á kerfinu undir venjulegum kringumstæðum.

Garðurinn fékk allt sitt vatn með dælingu úr tveimur borholum, en nýlokið er við tengingu við Sandgerðisæð. Tveir miðlunartankar eru á kerfinu 100 og 600 m<sup>3</sup>.

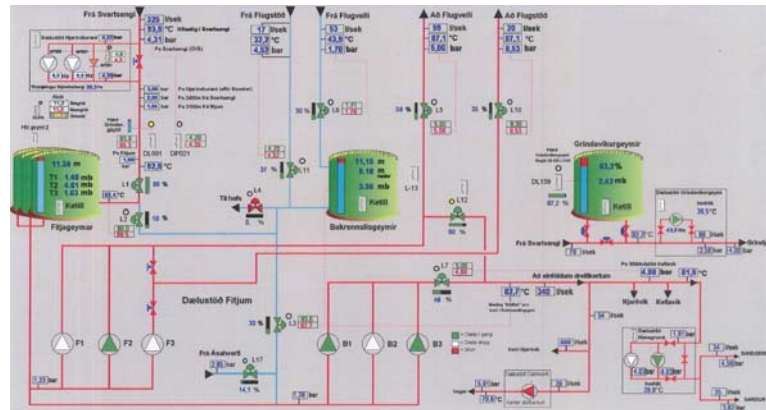
Hafnir fá vatn úr tveimur borholum sem eru við þjóðveginn rétt austan við byggðina. Saltmagn í þessu vatni er hátt. Til þess að vinna bót á því er sérstakur búnaður í kerfinu sem

síar salt úr neysluvatni, en með því er málmtæring minnkuð og vatnið stenst reglugerð um neysluvatn. Þrýstingi er haldið á kerfinu með dælum og er notkunin um 3 - 5 l/s.

Aðalstjórnstöð veitunnar í heild er í Svartsengi en Keflavíkurflugvöllur hefur sjálfstæða stjórnstöð af sögulegum ástæðum. (HS-Veitur)

### 3.3.2. Hitaveita

Dreifikerfi HS nær til allra sveitarfélaga á svæðinu, auk Keflavíkurflugvallar. Hitastig vatnsins frá orkuverum er með tvennum hætti. Vatn til Grindavíkur fer út um 83°C og er þá gert ráð fyrir að það sé um 80°C við bæjarmörk. Það vatn sem fer til dælustöðvar á Fitjum

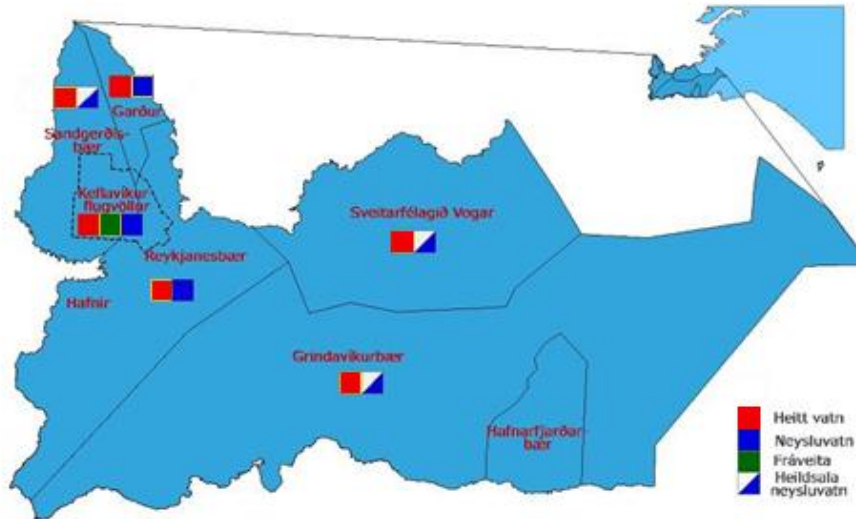


Mynd 10 Hitaveitukerfi HS

fer út frá orkuverum um 93°C, en það er síðan blandað með bakrennslisvatni frá flugvellingum og flugvallarsvæðinu í dælustöðinni og sent út til notenda um 83°C. Almennt er reiknað með að notendur nýti varmann úr vatninu niður í 35 - 40°C, en síðan rennur vatnið til sjávar um holræsakerfi sveitarfélaganna.

Dreifikerfi sveitarfélaganna á suðurnesjum er svokallað einfalt hitaveitukerfi, en kerfið á flugvallarsvæðinu og fyrir flugstöðina á Keflavíkurvelli er tvöfalt hitaveitukerfi og því skilar bakrennslíð sér þaðan aftur í dælustöð.

Ferskvatnstaka fyrir orkuverin í Svartsengi er því nokkuð mikil eða allt að 1.800 tonnum á klukkustund, eða um 500 l/s og vatnstaka vegna vatnsveitnanna er að meðaltali um 700 tonn á klukkustund (190 l/s). Ekki er þó talin hætta á of mikilli vatnsnotkun, þar sem reiknað er með að meðal-úrkoma sem fellur á 10 til 15 ferkílómetrum nægi til að fullnægja allri vatnspörf hitaveitunnar. Til samanburðar ber að hafa í huga að Reykjanesskaginn í heild er um 580 ferkílómetrar. (HS-Veitur)



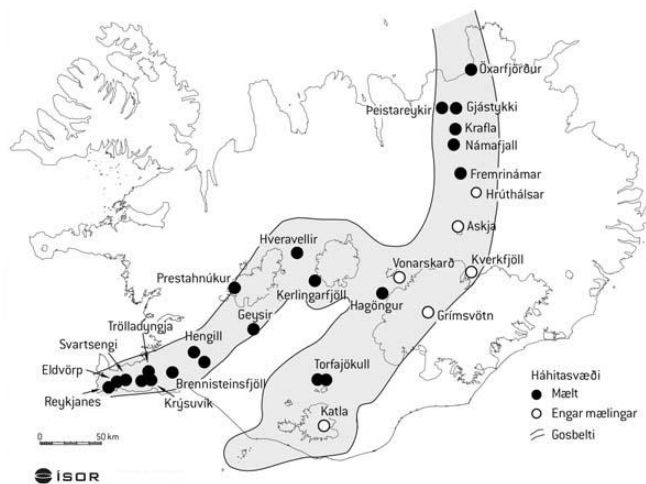
Mynd 11 Veitusvæði HS

## 4. JARÐHITASVÆÐIÐ SVARTSENGI

### 4.1. Nýtingarhlutfall jarðvarma

Nokkuð löng hefð hefur skapast fyrir því að skipta jarðhita upp í háhita og lághita. Ef jarðhitinn er yfir 200°C á minna en 1000 m dýpi, er svæðið flokkað sem háhitasvæði. Lághitasvæðum er gjarnan skipt í tvo flokka, svo kölluð sjóðandi lághitasvæði þar sem hitastig á innan við 1000 m dýpi er milli 100 og 200°C og svo hefðbundin lághitasvæði þar sem hitastig er lægra en 100°C.

Háhitasvæðin eru öll á gos- og gliðunarbelti landsins og oftast tengd megineldstöðvum og er Svartsengi þar á meðal. ("Háhiti | Íslenskar orkurannsóknir,")



Mynd 12 Helstu háhitasvæði á Íslandi

Íslendingar, sem og aðrar jarðhitabjóðir, hafa löngum haft tilhneigingu til þess að einblína á háhitasvæðin til raforkuframleiðslu, enda henta þau best til þess og því betur sem hlutfall þurrufu er meira. Lághitasvæðin voru þá mest nýtt til hitaveitu og verkefna þeim tengd. Með tilkomu „binary cycle“ orkuvera opnaðist möguleiki til þess að nýta lághitasvæðin einnig

til raforkuframleiðslu og hafa þær aðferðir verið teknar upp hér á landi í auknum mæli. Orkuver 4 í Svartsengi er dæmi um notkun slíkra orkuvera, en þar eru 7 vélasamstæður sem nýta lághita við um það bil 103°C til þess að hita Ísópentan-lausn, með suðumark um 28°C við andrúmsloftsþrýsting, upp í um 95°C. Þessar vélar hafa aukið nýtingarstuðul orkuversins umtalsvert fyrir utan aðra kosti sem taldir hafa verið upp hér að framan.

Að þessu sögðu er nokkuð ljóst að ef svæðið býður upp á aukna nýtingu háhita úr gufupúða jarðhitageymisins til aukinnar raforkuframleiðslu, þá væri mjög hagkvæmt að stækka einnig flota Ormat-vélanna til þess að geta nýtt orkuna á lægri stigum ferlisins.

Þegar talað er um nýtni eða nýtingarhlutfall, er átt við að hve miklu leyti frumorka úr tiltekinni orkulind nýtist til þess að framleiða nýtanlega orku. Orkuforðinn í jarðvarmanum er skilgreindur með hugtakinu „vermi“ (e. enthalpy), en það segir til um það hversu mikil orka (kJ) er í hverju kg af jarðvökva/gufu. Nýtni vinnslunnar segir til um það hversu stór hluti orkunnar (vermisins) verður eftir og nýtist áður en vökvanum er skilað aftur til náttúrunnar. Nýtni vinnslunnar er með öðrum orðum mismunurinn á vermi inn og vermi út úr vinnsluferlinu.

Hægt er að leika sér svolítið með hugtakið nýtni þegar verið er að tala um jarðvarmavirkjanir og fer hún svolítið eftir því hvaða forsendur menn gefa sér. Sem dæmi má nefna að allur sá jarðvökvi sem fer til niðurdælingar í jarðgeyminn aftur er dreginn frá því magni sem tekið er upp. Þannig má, með niðurdælingu jarðvökvans, auka nýtingarstuðul viðkomandi orkuvers umtalsvert ásamt því að auka sjálfbærni jarðhitasvæðisins, þó töluverð orka, fyrirhöfn og kostnaður sé fylgjandi því að koma vökvanum niður aftur. Einnig er hægt að leika sér með þær tölur sem fræðilega væri hægt að nýta úr uppteknum jarðhita til þess að fá „100%“ nýtni, en yfirleitt er miðað við umhverfishita, sem er í kringum 10 – 15°C. Gert er ráð fyrir að hitastig bakrásarvatns frá viðskiptavinum hitaveitunnar sé í kringum 40°C.

Í Svartsengi er samnýtt hráorka til raforkuframleiðslu, hitaveitu og heilsubaða. Nýting vegna raforkuframleiðslu og hitaveitu reiknast um 40% og er þá ekki reiknað með rekstri Bláa lónsins.

Ef reiknað er með rekstri Bláa lónsins með allri þeirri starfsemi sem þar fer fram ásamt þróun og framleiðslu á húðvörum, unnum úr steinefnaútfellingum jarðsjávarins og vinnslu metanól

eldsneytis úr koltvísýringi frá virkjuninni, er ólíklegt að nokkur önnur virkjun komist með tærnar þar sem Svartsengi hefur hælana hvað varðar nýtingu auðlindarinnar.

#### 4.2. Borholur í Svartsengi

Frá upphafi vinnslu í Svartsengi hafa verið boraðar 24 holur á svæðinu, ýmist sem vinnsluholur, niðurdælingarholur eða rannsóknarholur. Ekki eru allar þessar holur virkar í dag af ýmsum ástæðum og hefur verið steipt upp í sumar þeirra, meðan aðrar eru nýttar til mælinga og einhverjar standa einfaldlega ónotaðar.

Í töflu 2 má sjá hvernig nýtingu borhola í Svartsengi er háttað í dag (2011).

BORHOLA	BORUÐ	DÝPT [m]	FÓÐRING	TENGD VIÐ	ATHUGASEMDIR
SVA H001	1971	262	10 ¾"		Köld hola – Notuð sem skolvatnshola
SVA H002	1972	239	8"		Ónothæf – Fyllt af steypu árið 1983
SVA H003	1972	402	8"		Notkun hætt 1981 Fyllt af steypu 1987
SVA H004	1974	1.713	9 5/8"		Notkun hætt 1979 Fyllt af steypu 2000
SVA H005	1974	1.519	9 5/8"		Notkun hætt 1988 Fyllt af steypu 1993
SVA H006	1978	1.998	9 5/8"		Notkun hætt 1990
SVA H007	1979	1.438	13 3/8"	OV - 2	Tvífasa hola
SVA H008	1980	1.604	13 3/8"	OV - 2	Tvífasa hola
SVA H009	1980	994	13 3/8"	OV - 2	Tvífasa hola
SVA H010	1980	425	13 3/8"	OV - 6	Gufuhola
SVA H011	1980	1.141	13 3/8"	OV - 2	Tvífasa hola
SVA H012	1982	1.488	13 3/8"		Tvífasa hola, notuð til mælinga
SVA H013	1981	60			Höggborshola – Ónotuð
SVA H014	1993	612	9 5/8"	OV - 5	Gufuhola – Tengd haustið 1995
SVA H015	1993	140	8 5/8"		Rannsóknarhola v/þrýstings í gufupúða
SVA H016	1998	448	13 3/8"	OV - 6	Gufuhola, tengd árið 1999
SVA H017	1998	1.260	13 3/8"		Niðurdælingarhola, tengd 1999
SVA H018	1998	1.855	13 3/8"	OV - 5	Tvífasa hola, tengd 1999
SVA H019	1998	1.600	13 3/8"	OV - 5	Tvífasa hola, tengd 1999
SVA H020	2000	430	13 3/8"	OV - 6	Gufuhola, tengd 2000
SVA H021	2001	1.475	13 3/8"	OV - 5	Tvífasa hola, tengd 2007
SVA H022	2008	862	13 3/8"	OV - 5	Stefnuboruð tvífasa hola, tengd 2008
SVA H023	2008	698	13 3/8"	OV - 6	Stefnuboruð gufuhola, tengd 2008
SVA H024	2008	1.086	18 5/8"		Stefnuboruð niðurdælingarhola 2008

Tafla 2 Yfirlit yfir boraðar holur í Svartsengi.

#### 4.3. Niðurdæling

Tilraunir með niðurdælingu á blöndu skiljuvatns og þéttivatns frá orkuverum í Svartsengi hafa farið fram um áratuga skeið og er núna í fullum rekstri. Hún hefur m.a. þá kosti í för með sér að hún viðheldur þrýstingi í jarðhitageyminum og eykur varmanám úr berglögum, lengir nýtingartíma jarðhitasvæðisins og viðheldur sjálfbærni orkulindarinnar. Þá er einnig



kostur við þessa aðferð að með henni er skilað aftur í jarðhitageyminn steinefnum sem geta haft mengandi áhrif á yfirborði og sem erfitt getur reynst að hreinsa og farga.

Í töflu 4 hér á eftir má sjá hvernig niðurdæling í Svartsengi stendur með tilliti til upptektar jarðvökvans og í hve stóru hlutfalli við upptekt honum er dælt niður aftur. Þess má geta að orkuver 5 kemur inn í lok árs 1999 með 30 MW vél og orkuver 6 kemur inn um áramótin 2007-2008, einnig með 30 MW vél. Þetta veldur stökkum í aukningu upptektar og þar af leiðandi auknum niðurdrætti í jarðhitakerfinu sem síðan jafnar sig að einhverju leiti aftur og nær nýju jafnvægi. Innkoma vélanna í OV-5 og OV-6 og aukning upptektar er dregin fram með litabreytingum í töflunni. Niðurdælingin eykst svo jafnt og þétt yfir öll árin, fyrir utan árið 2000, en allt það ár var niðurdælingin stopp vegna breytinga á búnaði.

	Upptekt	Breyting	Niðurdæling	Breyting	Hlutf. niðurd.
	Tonn	%	Tonn	%	af upptekt
1998	7.045.000	-7,62	674.000		
1999	7.686.000	9,10	701.000	4,01	9,12%
2000	11.137.000	44,90	0	-100	0,00%
2001	11.580.000	3,98	764.000		6,60%
2002	11.316.000	-2,28	1.716.000	124,61	15,16%
2003	11.120.000	-2,07	3.550.000	106,88	31,92%
2004	10.386.000	-6,61	3.856.000	8,84	37,13%
2005	10.541.000	1,88	4.081.000	5,84	38,72%
2006	10.548.000	0,07	4.400.000	7,82	41,71%
2007	10.426.000	-1,16	4.716.000	7,18	45,23%
2008	13.819.000	31,01	6.075.000	28,82	43,96%
2009	13.677.000	-1,03	6.577.000	8,26	48,09%
2010	13.341.000	-2,52	5.465.000	-16,91	40,96%

Tafla 3 Þróun hlutfalls niðurdælingar af upptekt milli ára.

#### 4.4. Nýtingarmöguleikar jarðvarma í Svartsengi

Í upphafi raforkuframleiðslu í Svartsengi var gert ráð fyrir að rafmagn yrði framleitt sem aukaafurð í samrekstri við heitavatnsframleiðsluna. Með tilkomu 30 MW<sub>e</sub> eimsvalahverfilsins í OV-5 árið 1999-2000, færðist áherslan frá heitavatnsframleiðslu yfir í raforkuvinnslu og massataka úr jarðhitakerfinu varð þá umfram þarfir hitaveitunnar einnar. Því má segja að

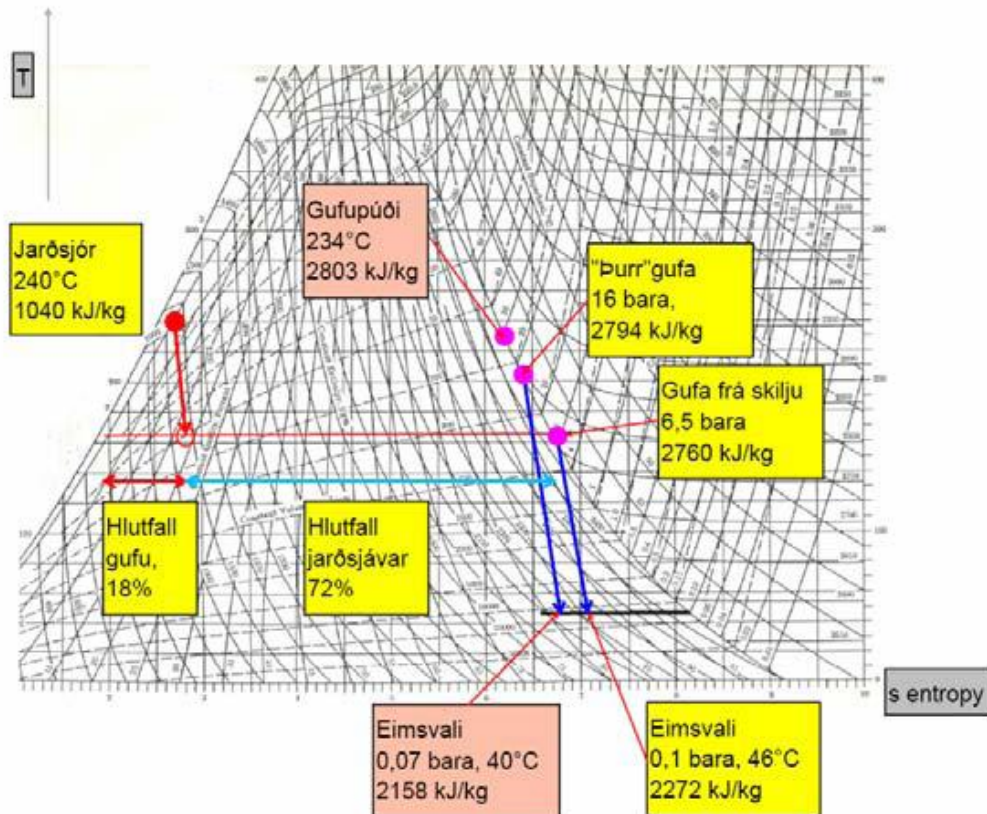
áhersla vinnslunnar hafi snúist við og í raun sé framleiðsla á heitu vatni í varmaorkuverum aukaafurð og að raforkuvinnslan sé orðin ráðandi um massatökuna.

Upphaflega, þegar vinnsla hófst í Svartsengi var svo til eingöngu vatn í jarðhitakerfinu, en nú er kerfið hins vegar að breytast í blandað kerfi með vatni og gufu. Breytingarnar stafa af þrýstifalli í jarðhitakerfinu fyrir áhrif vinnslu úr svæðinu sem hefur leitt til aukinnar suðu og myndunar á gufupúða yfir heitu djúpvatni. Á árinu 2006 hafði allt að 3% af djúpvatninu breyst í gufu sem hefur stigið upp og myndað gufupúðann.

Fræðimenn og rekstraraðilar orkuveranna í Svartsengi telja brýnt að viðhalda afkastagetu gufupúðans með því að stýra þrýstilækkun í djúpsvæðinu. Þar skiptir máli að finna hver sé besta skipting milli massatöku úr djúpkerfi og gufupúða og niðurrennslis til að viðhalda hámarks afköstum gufupúðans sem lengst. (Björnsson, 2008)

Varma- og raforkuverið í Svartsengi hefur þróast í takt við eftirspurn eftir raforku og ástandi jarðvarmageymisins. Nýjasta orkuverið, OV-6, tekur mið af þessum nýju og breyttu aðstæðum, en þar er tekin inn háþrýst þurr-gufa sem er við 30 bara í jarðhitageyminum og nýtt við um 15 bara í fyrstu þrepum vélarinnar. Frá hverflinum fer gufan síðan út í milliprepi við um 5,5 bara sem er inntaksþrýstingur inn á vél 11 í OV-5 sem nýtir varma frá jarðsjónum og svo inn aftur við lægri þrýsting og endar að lokum í eimsvala við 0,07 bara sem svarar til um 40°C.

Þetta er býsna flókið ferli, en til að útskýra hvað það er sem í raun skiptir máli varðandi nýtingu og nýtni í orkuferli eru dregin upp tvenns konar ferli á T-s línurit. Annars vegar sýnir ritið ferli mettaðrar þurr-gufu úr jarðhitageymi, í gegnum túrbínu og inn í eimsvala. Hins vegar má sjá ferli jarðsjávar sem sýður í borholu og er hvellsóðinn (flassaður) á yfirborði áður en gufan er leidd í gegnum túrbínu og í eimsvala.



Mynd 13 T-s rit sem sýnir ferli jarðsjávar og þurr-gufu frá jarðhitageymi, gegnum hverfil og inn í eimsvala.

Samanburður þessara tveggja ferla sýnir að:

- ✓ Aðeins um 18% jarðsjávarins verður að gufu sem nýtist til raforkuframleiðslu. Afgangsvökvanum er reyndar ekki hent, heldur er hann „flassaður“ aftur og nýttur til upphitunar á vatni í OV-2. Restin er síðan nýtt til upphitunar Bláa Lónsins og getur því varla reiknast sem töp í dag.
- ✓ Mismunur á vermi fyrir og eftir hverfil er um þriðjungi meiri þegar tekin er gufa úr þurr-gufugeyminum en jarðsjávargeyminum. Af T-s grafi má sjá að vermi mettaðrar gufu hækkar um 50 kJ/kg á bilinu 5 bara til 20 bara, en lækkar þrefalt meira í eimsvala við 0,1 bara þegar miðað er við sömu ísentrópsku nýtni hverfils.
- ✓ Mun minni massa jarðhitavökva þarf því að nema úr jarðhitageyminum til að framleiða hvert MW rafafis þegar notuð er þurr-gufa en jarðsjór.



Þegar notaður er 240°C heitur jarðsjór í Svartsengi er inntaksþrýstingur í hverfla 6,5 bara og hitastig gufunnar um 160°C, samanber vél 11 í OV-5.

Við þau skilyrði þarf um 2,16 kg/s af gufu inn í hverfil sem vinnur við 0,1 bara eimsvlaþrýsting til að framleiða 1 MW rafafls. Ef hins vegar er notuð þurrugufta við 15 bara inntaksþrýsting í hverfil, líkt og gert er í OV-6, þarf aðeins um 1,6 kg/s pr. MW.

Mikill munur er því á heildarmassastreymi upp úr jarðhitakerfinu eftir því hvort notaður er jarðsjór eða þurr gufta. Í tilfalli jarðsjávarins þarf um 65 kg/s til að framleiða 30 MW rafafls, en í tilfalli þurrgufunnar þarf 48 kg/s af þurruguftu til að framleiða sama rafafli, en þá er ekki nein framleiðsla á heitu vatni. (Björnsson, 2008)

Djúpborunarverkefnið (IDDP) er langtíma rannsóknar- og þróunarverkefni og er því enn sem komið er ekki kostur við virkjun jarðhita. Vonir standa til þess að verkefnið leiði til þess að endurmeta þurfi hinn raunverulega orkuforða landsins því hugsanlega má vinna mun meiri orku úr háhitasvæðunum en hingað til hefur verið gert. Ef niðurstöður rannsókna verða í samræmi við væntingar gætu slíkar holur gefið margföld afköst miðað við það sem gengur og gerist í dag, en á þessu stigi er þó mikil óvissa ríkjandi og tæknilegir erfiðleikar gætu verið við að nýta jarðhitavökva af svo miklu dýpi. Verkefnið hefur legið niðri um nokkurt skeið, í það minnsta opinberlega, bæði vegna skorts á fjármagni og vegna þeirra hindrana sem stöðvuðu verkefnið á sínum tíma. Þó er ekki útséð með framhaldið því mikið er í húfi og raunverulega velta stækkunarmöguleikar bæði Kröfluvirkjunar og Svartsengis á útkomu þessa verkefnis. Að verkefninu standa, auk Orkustofnunar, ÍSOR, Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur og HS-Orka.

#### 4.5. Önnur verkefni til nýtingar jarðvarma

Fyrirtækið Carbon Recycling er um þessar mundir að leggja lokahönd á verksmiðju sína í Svartsengi þar sem ætlunin er að vinna metanól úr CO<sub>2</sub> „útblæstri“ frá orkuverum á svæðinu. Metanól þetta verður síðan notað til íblöndunar í bensín fyrir bílaflofan og ekki bara hér á landi því framleiðslugeta verksmiðjunnar verður um 5 milljónir lítra á ári, sem er mun meira magn en nýtist hér á landi. Íblönduninni er ætlað að auka octantölu eldsneytisins og gefa fullkomnari bruna. Þó þetta feli ekki í sér beina nýtingu jarðvarma, er þessi framleiðsla beinlínis afurð jarðvarmans og er einungis framkvæmanleg vegna hans.

Þéttivatn frá varmaskiptum og eimsvala í orkuveri 5 er að fara um 45 °C til skiljustöðvar og niðurdælingar og því töluvert orkuinnihald eftir í vökvanum, þó hann sé ekki nýtanlegur til raforkuframleiðslu. Töluvert hefur verið rætt um fiskeldi og ylrækt af ýmsum toga í nágrenni við jarðvarmavirkjanir til þess að nýta þennan varma sem annars fer ónýttur til niðurdælingar. Vandamálið hefur hins vegar verið að menn í þessum greinum eru tilbúnir að nýta þennan varma, en eru ekki tilbúnir til þess að greiða fyrir hann þar sem þetta er hvort eð er „afgangsvarmi“ sem hefur verið dælt niður hingað til.

## 5. MYNDUN RAFORKUVERÐS

Miklar breytingar urðu á öllu fyrirkomulagi raforkuviðskipta á árinu 2005. Landsnet hf, þá nýstofnað flutningsfyrirtæki raforku tók við lykilhlutverki í stjórnun raforkumarkaðsins, en fyrirtækið stillir saman innsendar áætlanir um framleiðslu inn á flutningskerfið og úttektir úr því. Þurfa raforkufyrirtækin því að senda Landsneti áætlanir um framleiðslu allra virkjana sinna, klukkustund fyrir klukkustund, ásamt spá um úttekt.

Ef upp kemur mismunur á milli áætlana og raunmælinga á hverri klukkustund ársins er sá mismunur gerður upp á verði jöfnunarorku. Þetta fyrirkomulag leiðir af sér að íslenski raforkumarkaðurinn er gerður upp 8.760 sinnum á hverju ári.

Verð jöfnunarorku er síbreytilegt og tekur mið af tilboðum í þá orku hverju sinni.

Gerðar eru kröfur um að alltaf sé til í raforkukerfinu nægt varaafll (e. Spinning Reserve) sem getur tekið yfir ef stærsta eining (vél) kerfisins dettur út af netinu. Allir raforkuframleiðendur geta boðið í jöfnunarorkuna í hlutfalli við það varaafll sem þeir eiga uppsett til þess að mæta þessum aðstæðum og þar sem Landsvirkjun ræður yfir langsamlega stærstum hluta þessa afls eru þeir ráðandi um verðið á jöfnunarorkunni hverju sinni.

Verð jöfnunarorku breytist eftir því hvort orkuseljendur hafi pantað of mikið af rafmagni hjá framleiðendum eða of lítið. Ef vöntun er á afli inn á kerfið þá er talað um uppreglun og verðið hækkar, mismunandi eftir magni og árstíma en ef regla þarf niður er verið lágt, það er að segja það verð sem seljendur fá endurgreitt frá Landsvirkjun eða öðrum fyrir umframkaup.



Mikil gagnrýni kom á sínum tíma á fyrirkomulag þessara mála hjá kaupendum og kvörtuðu þeir sáran undan flóknu kerfi og litlu svigrúmi til samninga sérstaklega ef viðskipti voru mikil. Eins kom fram gagnrýni frá þeim notendum sem áður höfðu keypt raforku á sértöxtum, þar sem tekið hafði verið tillit til hvenær orkan var notuð og eðli notkunar.

Með uppskiptingu raforkuverðs í dreifitaxta og sölutaxta var hætt að taka tillit til eðli notkunar raforkunnar í dreifitöxtunum eða til hvers raforkan var notuð. Þess í stað er greitt jafnaðargjald innan dreifiveitusvæðis viðkomandi dreifiveitu, en í reglugerðum með raforkulögum er skýrt kveðið á um að ekki megi mismuna notendum með verðlagningu eftir eðli notkunar.

Stærri notendur gagnrýndu lítinn mun á verði til kaupenda eftir magni og kom í ljós að uppbygging heildsölusamninga Landsvirkjunar tekur ekkert tillit til magns orku heldur er nýting afltopps ráðandi þáttur í verðlagningunni ásamt hvort hún sé tekin að sumri eða vetri. Þetta þýðir með öðrum orðum að aðal málið er hvernig uppsett afl er nýtt, en ekki hversu mikið er tekið, til dæmis á dagtíma.

Annað atriði sem hamlað hefur hvata sölufyrirtækjanna til að afla sér nýrra viðskiptavina er að heildsöluverð raforku frá Landsvirkjun er hærra en raforkutaxtar sölufyrirtækjanna. Þau raforkufyrirtæki sem hafa yfir að ráða rafmagnsframleiðslu hafa notað eigin framleiðslu til að greiða niður sína taxta ef miðað er við að heildsölu-gjaldskrá Landsvirkjunar sé leiðandi í verðlagningu heildsölurafmagns.

Í ljósi þessa hefur það ekki þótt sérstaklega eftirsóknarvert að sækja í aukin viðskipti þar sem kaupa þarf viðbótarorku hjá Landsvirkjun á hærra verði en verið er að selja á. Markaðurinn tekur þó að öllum líkindum eitthvað við sér þegar útlit er fyrir aukna framleiðslu umfram það sem búið er að selja til stóriðju og eru raforkuframleiðendur yfirleitt tilbúnir að tapa einhverju í byrjun til að hafa markað þegar nýjar framleiðslueiningar koma inn. (HS-Orka, 2006)

## 5.1. Orkuöflun HS-Orku

Orkuþörf HS-Orku skiptist í grunnafl og toppafl, en grunnaflið miðast raunverulega við þá orkunotkun sem búið er að selja til stóriðju þar sem sú orka er tiltölulega jöfn og greitt er fyrir hana hvort sem hún er nýtt eða ekki. Grunnaflspörfin hjá HS-Orku er í dag um 150 MW og er orkuöfluninni þannig háttað að um 97 MW eru fengin frá Reykjanesvirkjun og um 53 MW frá orkuverum í Svartsengi. Að auki eru tvær toppaflsvirkjanir sem framleiða fyrir HS-



orku, en þær eru Múlavirkjun á Snæfellsnesi sem skilar um 3 MW og Fjarðarvirkjun í Seyðisfirði sem skilar um 11 MW inn á net. Þessar tvær virkjanir eru toppafsvirkjanir sem keyrðar eru á fullum afköstum yfir daginn til þess að framleiða upp í afltoppinn, en skila nánast engu afli á nóttunni þegar orkuþörfin er í lágmarki. Til viðbótar við það sem að framan er talið kaupir HS-Orka um 34 MW af Landsvirkjun samkvæmt langtímasamningum þar um, til þess að mæta dægur- og árstíðarsveiflum hjá raforkunotendum. Allt það afl sem hugsanlega þarf að kaupa af Landsvirkjun, umfram þessi 34 MW, er toppafl og er það keypt á mjög dýru verði, eða á um 8 kr/kWh í dag. Allar horfur eru á að þetta verði eigi eftir að hækka þegar fram líða stundir með aukinni orkuþörf og dýrari virkjunarkostum í vatnsafli.

Álagstímar ársins eru skilgreindir út frá þeim mánuðum þegar raforkuþörfin er hvað mest, framboð á umfram-orku er lítið miðað við önnur tímabil og verð á raforku því hátt. Þetta álagstímabil, sem kallað er vetrartaxti raforku, stendur frá byrjun nóvember og út mars. Einnig eru skilgreindir álagstímar innan hvers sólarhrings þegar raforkuþörfin er hvað mest og álagstoppur koma fram. Álagstoppur innan sólarhrings eru hæstir frá kl. 10:00 til 13:00 og aftur frá kl. 16:00 til 21:00, en á þessu tímabili er orkuöflunin dýrust. Tímabilið frá kl. 13:00 til 16:00 er svo verðlagt á gjaldi sem er milli hæsta og lægsta taxta og tímabilið frá kl. 21:00 til 10:00 er verðlagt á lægsta taxta.

## 5.2. Orkusala til stóriðju

Orkusala til stóriðju fer þannig fram að uppsett aflþörf viðkomandi fyrirtækis er þekkt stærð og er greitt fyrir orkuna pr. kWh. samkvæmt samningi. Stóriðjan hefur þó eitthvað svigrúm varðandi sveiflur í álagi, en eru tilkynningaskyldir ef um mikla álagsaukningu er að ræða.

## 5.3. Orkusala til stórnotenda

Stórnotendur á raforku geta valið um tvær leiðir fyrir utan almennan taxta til gjaldtöku fyrir það afl sem þeir nota og fer það eftir eðli rekstursins og á hvaða tímum sólarhrings starfsemin fer fram, hvor leiðin kemur betur út.

### 5.3.1. Aflgjald

Sala á raforku til stórnotenda samkvæmt aflgjaldi fer fram með þeim hætti að tekið er meðaltal af fjórum stærstu mánaðarafllöppum notanda yfir árið og sú tala sem fæst út úr því



meðaltali er notuð til þess að reikna út afgangið sem notandinn greiðir. Aflið í dag reiknast á um 6500 kr kW/ár og er afgangið reiknað á eftirfarandi hátt:

$$\text{Meðaltal afltoppa} * \frac{6500}{12} = \text{Afgangi}$$

Til viðbótar við afgangið greiðir notandinn svo orkugjald sem miðast við sumartaxta annars vegar og vetrartaxta hinsvegar eftir því hvort á við hverju sinni. Þá skiptir máli hversu margar kWh. liggja að baki hjá notanda yfir uppgjörstímabilið og er sumartaxtinn 1,80 kr/kWh, en vetrartaxtinn er 3,03 kr/kWh. Orkugjaldið er reiknað á eftirfarandi hátt:

$$\text{Fjöldi kWh} * 1,80 \text{ kr/kWh} = \text{sumartaxti}$$

$$\text{Fjöldi kWh} * 3,03 \text{ kr/kWh} = \text{vetrartaxti}$$

Þetta vill segja að tveir notendur, A og B með samsvarandi aflþörf, A heldur uppi stöðugu álagi á meðan B kemur sveiflukennt inn með álagstoppa yfir sama tímabil. Notandi B greiðir tiltölulega lítið lægri orkureikning en notandi A þar sem orkugjaldið er tiltölulega lágt hlutfall af orkureikningnum, en orkunýtingin er að sama skapi mun betri hjá notanda A en hjá notanda B.

Aflþátt orkuverðsins í afltaxtanum er því hægt að reikna á eftirfarandi hátt:

$$\frac{\text{Meðaltal afltoppa} \cdot 6.500}{\text{Heildarfjöldi kWh yfir árið}} = \text{kr/kWh}$$

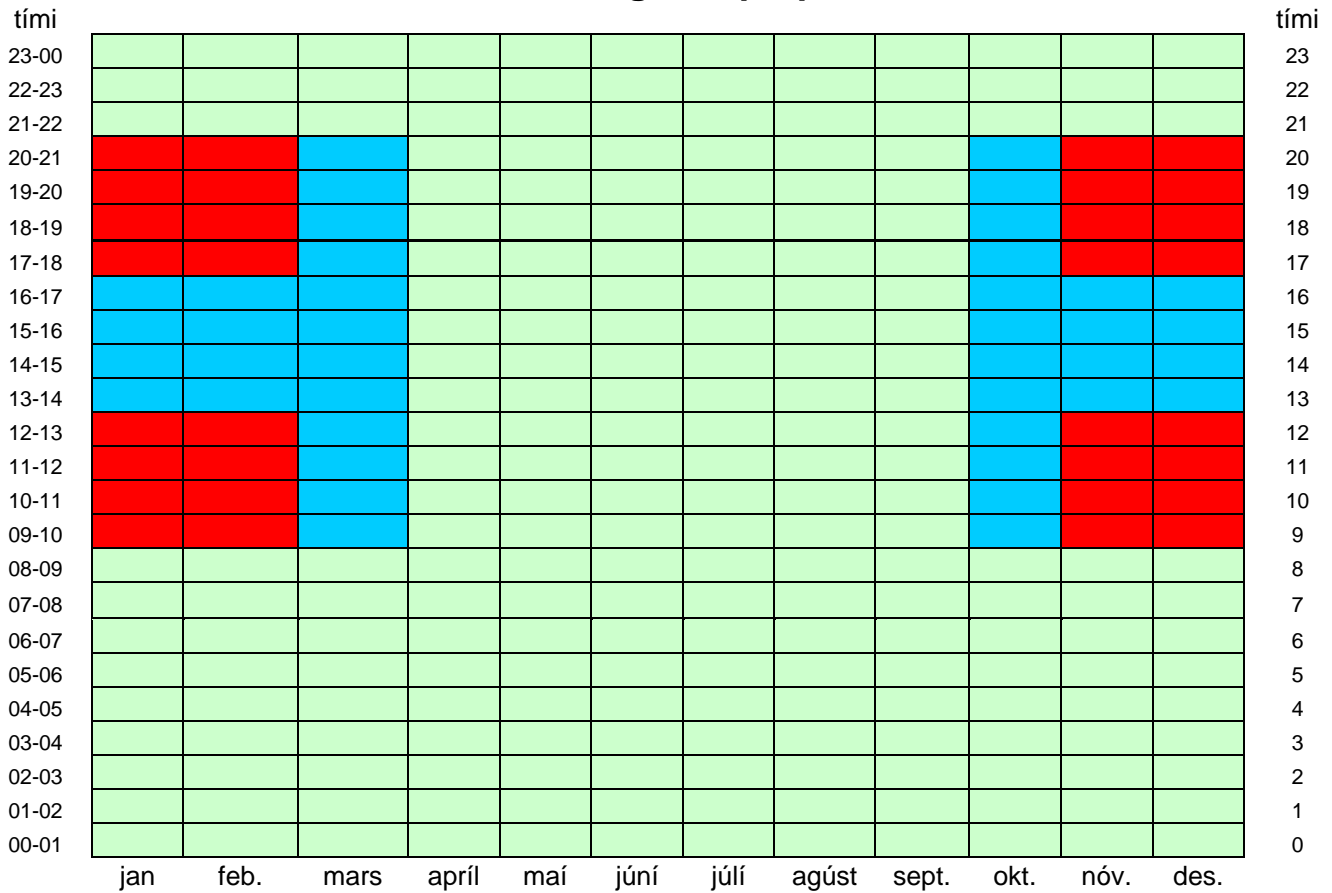
### 5.3.2. Þrígjald

Þrígjaldinu er ætlað að stýra orkunotkun viðkomandi notanda þannig að hann noti sem minnsta orku á álagstíma, en sem mesta orku utan álagstíma raforkuframleiðandans. Þetta er gert þannig að á þeim tímabilum yfir sólarhringinn þegar mesta álagið er, er orkuverð þrígjaldstaxtans hátt, á tímabilinu milli kl. 13 og 17 er orkuverðið aðeins lægra og þess utan er það mjög lágt. Að auki gildir aðeins lægsta verðið yfir sumarmánuðina, þ.e. utan nóvember-mars.

Þrígjaldstaxtinn er útskýrður betur með mynd 14 hér á eftir þar sem fram kemur tímaskipting gjaldsins.



### Dreifing verðþrepa



lágverð PS1  
 miðverð PS2  
 háverð PS3

Mynd 14 Dreifing verðþrepa við notkun þrígjalds

PS1 (lágverð) gildir allan sólarhringinn í apríl til og með september og kl 21.00 til 9.00 í október til og með mars.

PS2 (miðverð) gildir kl. 13.00 til 17.00 í nóvember til og með febrúar og kl. 9.00 til 21.00 í október og mars. PS2 gildir á sunnudögum frá nóv. til feb. og einnig frá kl. 9.00 til 21.00 á frídögum í nóv. til og með febrúar.

PS3 (háverð) gildir á virkum dögum kl. 9.00 til 13.00 og 17.00 til 21.00 í nóvember til og með febrúar.

Aðfangadagur 24.12 og gamlársgdagur 31.12 eru með þrískipt verð, þó svo að þeir lendi á helgi.



#### 5.4. Orkusala til almennra notenda

Almennum notendum raforku er best fyrir komið á almennum töxtum orkufyrirtækjanna þar sem hver kWh kostar 4,44 krónur í dag, sama hvaða tími árs eða sólarhrings er. Þá er við uppgjör hvers mánaðar, áætluð notkun kaupandans og svo er raunveruleg staða mælis tekin ákveðið oft á ári til þess að stilla af stöðuna.

Af þessu má sjá að það skiptir töluverðu máli, sérstaklega fyrir minni orkufyrirtækin, að hafa fullkomna yfirsýn yfir raforkunotkun sinna viðskiptavina á hverjum tíma til þess að geta spáð fyrir um nauðsynlega orkuþörf komandi tímabila og gert ráðstafanir til þess að mæta því.

### 6. FRAMTÍÐARSPÁ UM ÞRÓUN VERÐS Á TOPPAFLI

Jarðhitavirkjanir eru þess eðlis að ekki er gott að láta þær spila á augnabiks aflþörf kerfisins með góðu móti, þó hugmyndin með þessu verkefni sé að reyna það að einhverju leiti. Hægt er að hugsa sér jarðvarmavirkjanir sem nokkurs konar grunnafllseiningar í þeim skilningi að þegar þær eru settar inn á netið, eru þær oftast keyrðar á 95-100% afköstum. Vatnsaflsvirkjanir eru hins vegar mun betur til þess fallnar að fylgja dægursveiflum í aflþörf kerfisins hverju sinni og er þá orkuberinn, vatnið, einfaldlega geymdur í uppistöðulóninu þar til þörfin fyrir hann er fyrir hendi. Það liggur því í hlutarins eðli að toppafl í raforkukerfinu kemur og mun koma að mestu leiti frá vatnsaflsvirkjunum. Stærstur hluti uppsetts afls í vatnsaflsvirkjunum á Íslandi er í Þjórsá, Blöndu og Kárahnjúkum. Nánast öll raforkuframleiðsla Kárahnjúkavirkjunar fer til Alcoa á Reyðarfirði og stór hluti raforkuframleiðslu Þjórsárvirkjana fer til álversins í Straumsvík og Norðuráls á Grundartanga.

Vatnsaflsvirkjanir eins og Blönduvirkjun og virkjanir í Þjórsá voru hannaðar með það fyrir augum að nýtingartími þeirra væri að meðaltali um 6.500 stundir, sem byggir á þeim vatnsforða sem fyrir hendi var þegar þær voru byggðar. Einhverjar eru með hærri nýtingartíma og einhverjar lægri.

$$\text{Nýtingartími virkjunar} = \frac{\text{Framleidd orka [MWh]}}{\text{Uppsett afl [MW]}} = \text{klst.}$$

Vegna aukins rennslis í ám í kjölfar hlýnunar loftslags og aukinnar bráðnunar jökla hefur það gert Landsvirkjun kleift að auka nýtingartíma þessara helstu vatnsaflsvirkjana sinna í stað



Þess að byggja nýjar virkjanir og mæta þannig orkuþörf við gerð nýrra sölusamninga. Þegar nýtingartími vatnsaflsvirkjananna er aukinn, minnkar það afl sem til ráðstöfunar er í kerfinu til þess að mæta eftirspurn eftir toppafli. Það er því nokkuð ljóst að innan skamms tíma verða fjárfestingar í aukinni aflgetu vatnsaflsvirkjana nauðsynlegar.

Heildarkostnaður við hvert uppsett MW í vatnsafla er á bilinu 300-350 milljónir miðað við forsendur í dag (Friðrik Friðriksson, HS-Orka) og er því mjög hagkvæmt fyrir Landsvirkjun að geta aukið nýtingartíma virkjana í stað þess að reisa nýjar, meðan sú leið er fær. Þessi aukni nýtingartími samsvarar framleiðsluaukningu upp á 1.500 GWh eða 200 MW virkjun með 7.500 stunda nýtingu. Núverandi samningur milli HS-Orku og Landsvirkjunar um kaup á toppafli hljóðar upp á 6.000kr/kW/ár sem einnig gæti útlagst sem 6.000.000 kr/MW/ár og er óhugsandi miðað við fyrirliggjandi virkjunarkostnað pr. MW í dag að þessir samningar verði endurnýjaðir á sömu verðum.

Hér á eftir er sett upp einfalt dæmi sem færir mjög góð rök fyrir því hvers vegna verð á toppafli á eftir að hækka umtalsvert í framtíðinni.

Í dæminu er gert ráð fyrir 50 MW vatnsaflsvirkjun með 1000 stunda nýtingartíma á fullum afköstum. Virkjunarkostnaður við hvert MW er 300 milljónir, afskriftartími framkvæmdarinnar er 50 ár og vextir af lánsfjárhæð eru 6 % á ársgrundvelli. Kostnaður varðandi framkvæmd og fjármögnun verkefnisins er hafður í lágmarki til þess að undirstrika þörfina á hækkun söluverðs pr. kWh.

Heildarkostnað við byggingu virkjunarinnar má því reikna á eftirfarandi hátt:

50 MW\*300 milljónir = 1,5 milljarðar.

Sú upphæð sem framkvæmdin þarf að skila á hverju ári til þess að standa undir kostnaði er reiknuð á eftirfarandi hátt:

$$PMT = \frac{P \cdot i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$PMT = \frac{1,5 \cdot 10^{10} \cdot 0,06(1+0,06)^{50}}{(1+0,06)^{50} - 1} = 951,7 \text{ milljónir}$$



PMT = Afborgun á ári

P = Lánsupphæðin

i = Ársvextir

n = Fjöldi ára

Nú er hægt að reikna hvað hver kWh þarf að kosta til þess að standa undir framkvæmdinni, þar sem 951,7 millj. er árlegur kostnaður vegna fjármögnunar framkvæmdar og  $50 \cdot 10^6$  er fjöldi kWh sem fæst út úr 50 MW í 1000 stundir.

$$\text{Verð pr. kWh} = \frac{951,7 * 10^6}{50 * 10^6} = 19,03 \text{ kr/kWh}$$

Hafa ber í huga að í þessum útreikningum er aðeins gert ráð fyrir að 19 kr/kWh standi undir fjárfestingunni einni, en að sjálfsögðu bætist við rekstrarkostnaður virkjunarinnar sem gerir lítið annað en að hækka verðið.

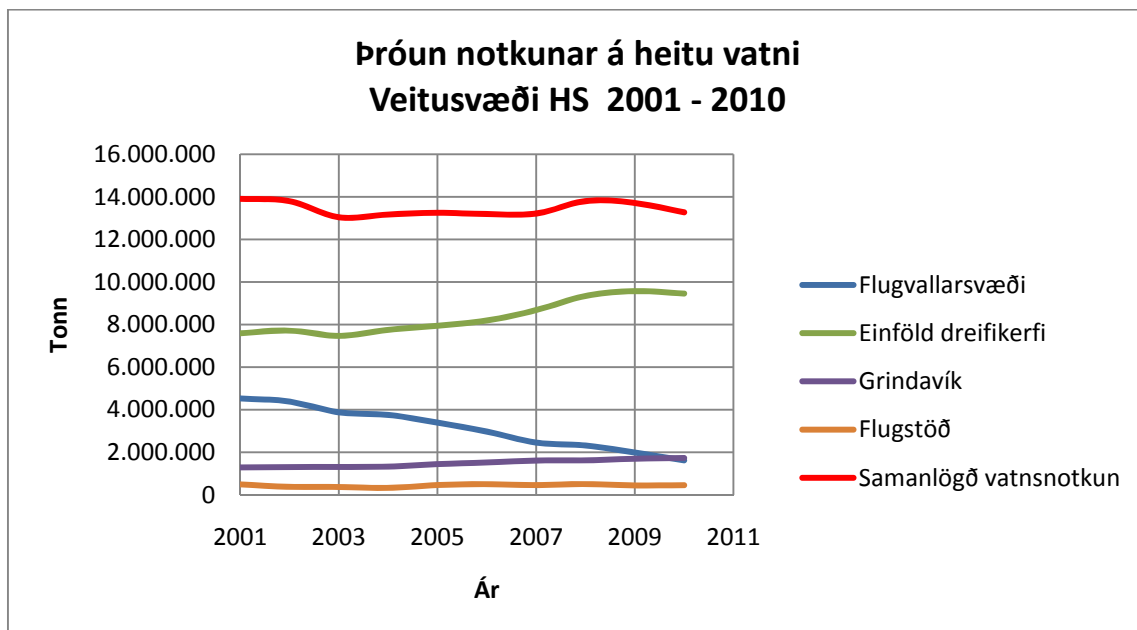
Verð á toppafli utan samninga er um 8 kr/kWh um þessar mundir, en eitthvað ódýrara samkvæmt þeim langtíma-samningum sem HS-Orka hefur gert við Landsvirkjun. Því má sjá að 19 kr/kWh er nokkuð myndarleg hækkun frá því sem nú er. Að sjálfsögðu er ekki gert ráð fyrir að þessi hækkun á verði toppafls komi fram af fullum þunga um leið og næsta vatnsaflsvirkjun verður byggð, en hennar á vafalaust eftir að gæta næst þegar langtíma-samningar eru gerðir um sölu á toppafli.

Það verð pr. kWh sem notað verður í verkefninu til útreikninga á arðsemi þeirra framkvæmda sem stefnt er að er 16 kr/kWh. Það er varlega áætlað miðað við spá um verð á toppafli, en samt 100% hækkun frá því sem nú er.

## 7. HEITAVATNSNOTKUN OG FRAMTÍÐARSPÁ

Til þess að spá fyrir um heitavatnsnotkun á veitusvæðinu í náinni framtíð, verður stuðst við rennislöggn frá HS um framleiðslu og notkun undanfarinna þriggja ára, þ.e. árin 2008, 2009 og 2010. Einnig er stuðst við gögn úr ársskýrslum fyrirtækisins, en þar má finna heildartölur yfir rennsli og notkun lengra aftur í tímann.

Mælingar á rennsli og hitastigi hitaveituvatns eru skráðar á klukkustundar fresti yfir árið, bæði frá orkuverum í Svartsengi að Fitjum og Grindavíkurgeymi, sem og frá Fitjum að einföldum dreifikerfum, flugstöð og flugvallarsvæði. Einnig eru skráð rennislis- og hitagildi víðar til glöggvunar á aðstæðum í kerfinu á hverju svæði og er þetta því töluvert magn af gögnum. Þessar upplýsingar, ásamt framtíðarspá um vatnsnotkun til ársins 2020, verða notaðar til þess að áætla nauðsynlega stærð nýrra forðatanka sem rúma það vatnsmagn sem þarf fyrir notkun á þeim tímum sem kallast álagstímar og nýta þarf varmaorkuna að mestu til raforkuframleiðslu.



Mynd 15 Þróun heitavatnsnotkunar á veitusvæði HS-Orku frá 2001-2010

Nauðsynlegt er einnig að horfa til þess hvaða framkvæmdir eru fyrirleggjandi á veitusvæðinu í náinni framtíð og hversu mannfrekar þær framkvæmdir eru. Með hliðsjón af þeim framkvæmdum og þeirri uppbyggingu sem fyrirhuguð er og snýr aðallega að Helguvík, má

eins ætla að búseta á svæðinu eigi eftir að aukast, bæði meðan á framkvæmdum stendur og eins að þeim loknum.

Þær áætlanir sem hér eru gerðar um þróun rennslismagns í hverri grein dreifikerfisins til ársins 2020 eru því sambland af framvindulínu (e. trendline) út frá rennslisgögnum fyrri ára, þar sem stuðst er við Excel-fallið „forecast“, og mati út frá upplýsingum um fyrirhuguð umsvif á svæðinu. Sú aukning/minnkun rennslis í prósentum talið sem fæst fyrir hvert ár er síðan heimfært beint yfir á rennslismagn fyrir hvert tímabil sólarhringsins sem unnið er út frá samkvæmt forsendum. Nánar er útskýrt hver þessi tímabil eru og hvernig þau eru skilgreind í kaflanum hér á eftir um úrvinnslu rennslisgagna.

### 7.1. Kísilverksmiðja í Helguvík

Fyrirliggjandi er samþykki fyrir byggingu kísilverksmiðju í Helguvík og er áætluð orkupörf hennar um 70 MW, sem HS-Orka kemur til með að útvega að einhverju leiti. Þó rekstur verksmiðjunnar krefjist mikillar raforku, er ekki þar með sagt að reksturinn sem slíkur kalli á aukna framleiðslu á heitu vatni. Þó verður aukin þörf fyrir mannskap við byggingu og rekstur verksmiðjunnar væntanlega til þess að heitavatnspörfin aukist að einhverju magni. Kísilverksmiðjan verður reist í þremur áföngum og reiknað er með að heildarfjöldi starfa á byggingartímanum verði um 150 og 90 störf við rekstur hennar þegar fyrsta áfangi er lokið. Áætlanir gera ráð fyrir að fyrsti áfangi verksmiðjunnar verði gangsettur árið 2013 og að fullum 50.000 tonna afköstum verði náð árið 2015.

Sú aukning sem gert er ráð fyrir í framleiðslu á heitu vatni vegna þessara framkvæmda kemur inn í spár fyrir rennslis frá Fitjum að einföldum dreifikerfum.

### 7.2. Álver í Helguvík

Vonir standa til þess að framtíðaráform vegna byggingu álvers á vegum Norðuráls í Helguvík gangi eftir um leið og áætlun um orkuöflun liggur fyrir. Eins og með kísilverksmiðjuna þá kallar framleiðsla álversins ekki á aukna framleiðslu á heitu vatni, nema í tengslum við þann mannskap sem kemur að byggingu og rekstri þess.



Gert er ráð fyrir að heildarfjöldi starfa á byggingartíma álversins vegna línulagna, virkjana og álversbygginga telji um 2.400 manns og í framhaldinu, að byggingartíma loknum um 1.200 störf vegna starfsemi álversins og tengdra starfa. Þó gera megi ráð fyrir að eitthvað af þessum starfsmönnum séu búsettir á veitusvæðinu, má einnig fastlega gera ráð fyrir að stór hluti þeirra komi annars staðar að og sé því hrein viðbót við vatnsnotendur á svæðinu.

Í þeim áætlunum sem hér eru gerðar er gert ráð fyrir að framkvæmdir við álverið hefjist af fullum krafti árið 2012-2013 og standi til ársins 2017.

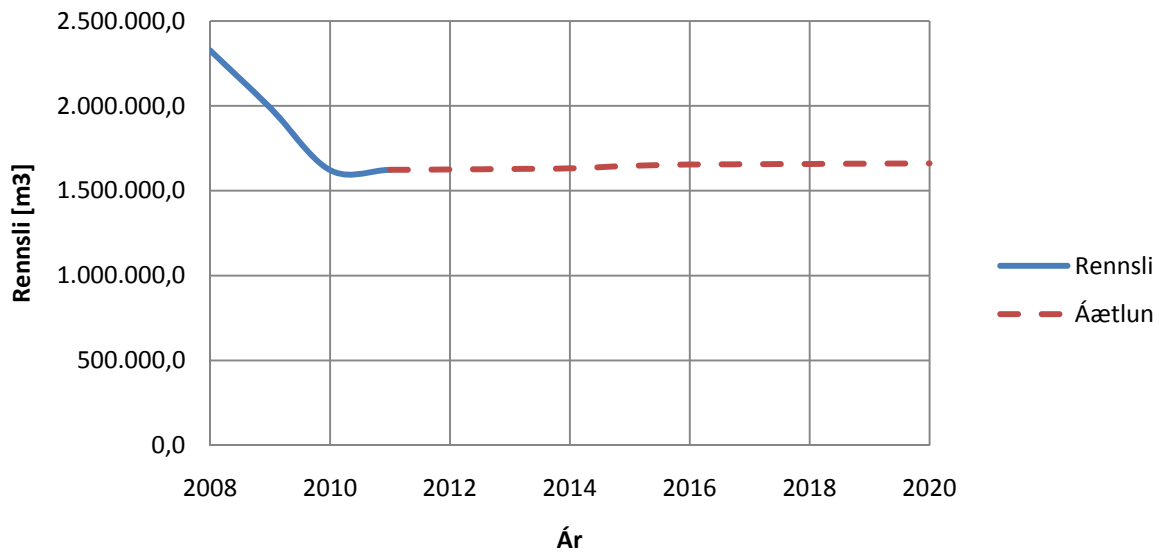
Sú aukning sem gert er ráð fyrir í framleiðslu á heitu vatni vegna þessara framkvæmda kemur inn í áætlanir fyrir rennsli frá Fitjum að einföldum dreifikerfum til ársins 2020.

### 7.3. Flugvallarsvæði (bakrásarkerfi)

Vatnsnotkun á svæði varnarliðsins á Keflavíkurvelli hefur dregist jafnt og þétt saman í beinu framhaldi af brotthvarfi varnarliðsins af vellinum. Þá virðist sem notkun á heitu vatni þar fari að mestu til kyndingar á því húsnæðis sem til staðar er ásamt vatnsnotkun sem tengist þeirri litlu starfsemi sem er í gangi á svæðinu í dag. Það er því varla hægt að gera ráð fyrir því að notkun á heitu vatni verði minni en hún var árið 2010 því væntanlega er hún þar í algeru lágmarki. Það sem hefur hins vegar breyst frá því varnarliðið fór af landi brott, er að ekki er þörf á því að afgreiða vatnið eins heitt og krafist var þegar varnarliðið hélt til á svæðinu. Það gerir það að verkum að ekki þarf að keyra vatnið í gegnum lokahitara í Svartsengi sem nota gufu frá 3. þrepi túrbínu orkuvers 5 og takmarka þar af leiðandi raforkuframleiðslu vélarinnar um leið.

Notkun á heitu vatni á flugvallarsvæðinu gæti vissulega aukist ef frekari atvinnustarfsemi og íbúafjölgun fer í gang á svæðinu eins og stefnt hefur verið að hjá hlutaðeigandi sveitarfélögum allt frá því varnarliðið yfirgaf svæðið. Í þeim áætlunum sem hér er gengið út frá er þó ekki gert ráð fyrir því að það gangi eftir með afgerandi hætti. Frekar er reiknað með að notkunin haldist nokkurn veginn í horfinu, með einhverri aukningu þó, til ársins 2020.

### Að flugvallarsvæði Rennsli 2008 til og með 2010 og áætlun til 2020

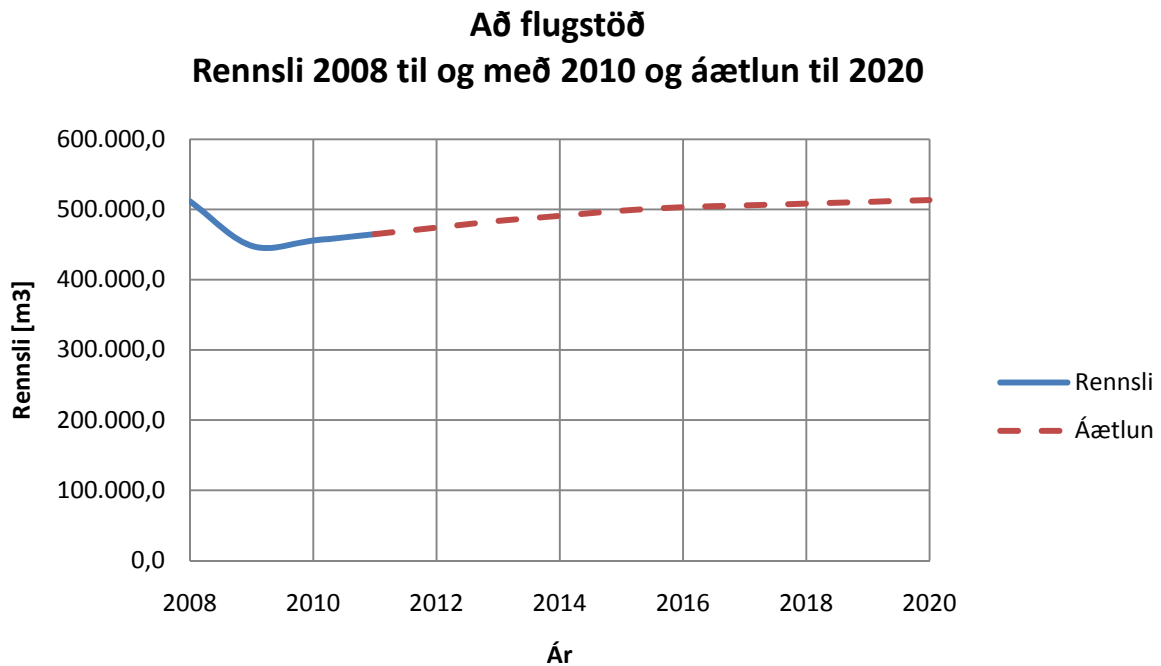


Mynd 16 Rennsli á heitu vatni að flugvallarsvæði 2008-2010 og áætlun til ársins 2020

#### 7.4. Flugstöð Leifs Eiríkssonar (bakrásarkerfi)

Vatnssala til flugstöðvarinnar á Keflavíkurvelli hefur verið nokkuð jöfn og stöðug frá árinu 1998, með einhverjum árstíðarsveiflum þó, sem skýrast væntanlega af veðurfari. Í þeim áætlunum sem hér eru gerðar um rennslið til ársins 2020 verður ekki gert ráð fyrir því að innanlandsflugið verði fært yfir til Keflavíkurflugvallar né að fyrirhuguð sé stækkun á flugstöðinni í tengslum við millilandaflug. Ekki verður heldur gert ráð fyrir því að ný fyrirtæki í tengslum við flugiðnaðinn festi þar rætur í náinni framtíð, þrátt fyrir sýndan áhuga í þeim efnum. Þó er gert ráð fyrir því að spár samtaka ferðaþjónustuaðila gangi að einhverju leyti eftir varðandi aukningu á erlendum ferðamönnum hingað til lands. Því er gert ráð fyrir að vatnssala til flugstöðvarinnar verði í takt við það sem verið hefur undangengin þrjú ár, að viðbættri sígandi aukningu í tengslum við aukinn ferðamannastraum.





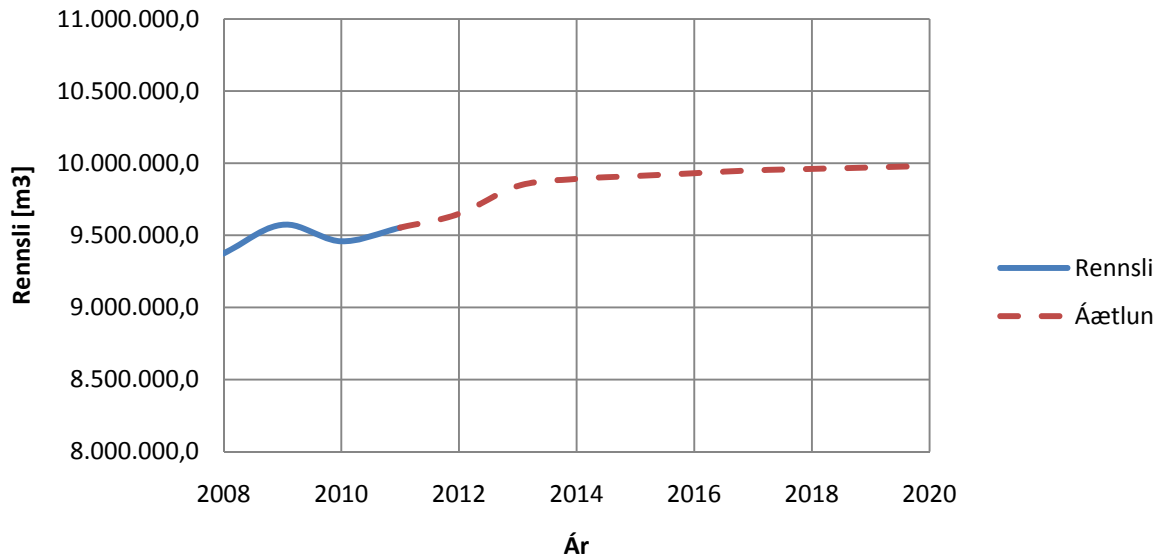
Mynd 17 Rennsli á heitu vatni að flugstöð 2008-2010 og áætlun til ársins 2020

### 7.5. Byggðir á suðurnesjum (Einfalt dreifikerfi)

Notkun á heitu vatni til byggða á veitusvæðinu hefur aukist jafnt og þétt frá ári til árs á heildina litið og gera má ráð fyrir að sú aukning haldi áfram, að einhverju marki, á komandi árum. Í ljósi uppbyggingar mannfreks iðnaðar á svæðinu er ekki óvarlegt að ætla í það minnsta að sú aukning sem hefur verið í notkun á heitu vatni undanfarin þrjú ár, komi til með að halda að minnsta kosti til ársins 2013-14, en að rennslið nái þá einhverju jafnvægi til ársins 2020, sem er sá tími sem horft er fram til í þessu verkefni.

### Að einföldu dreifikerfi

#### Rennsli 2008 til og með 2010 og áætlað rennsli til 2020



Mynd 18 Rennsli á heitu vatni að einföldu dreifikerfi 2008-2010 og áætlun til ársins 2020

## 8. NÚVERANDI VATNSTANKAR Á FITJUM

Núverandi vatnstankar eru staðsettir á

Fitjum í Reykjanesbæ. Tankarnir eru þrjár talsins og er hver tankur um  $3.400 \text{ m}^3$  að nýtanlegu rúmmáli, sem gefur heildartankapláss upp á um það bil  $10.200 \text{ m}^3$ .

Tankarnir voru að sögn upphaflega hugsaðir sem neyðartankar í stað eiginlegra miðlunargeyma og vilja þeir sem sjá um rekstur orkuveranna helst hafa þá fulla öllum stundum. 200 kW rafskautaketill sér um að

viðhalda gufuteppi við yfirborð tankavatsins, en það kemur í veg fyrir íblöndun súrefnis í vatnið og kemur einnig í veg fyrir varmatap frá tanktoppnum.

Vatninu er dælt um 12,2 km. leið um Njarðvíkuræð, frá orkuveri í Svartsengi að Fitjum. Pípan, er niðurgrafin DN 600 pípa á um 230 metra kafla frá orkuveri í Svartsengi í átt að Fitjum, en eftir það grennist hún í DN 500 pípu og er þá ofanjarðar það sem eftir er að



Mynd 19 Forðatankar og dælustöð að Fitjum í Reykjanesbæ

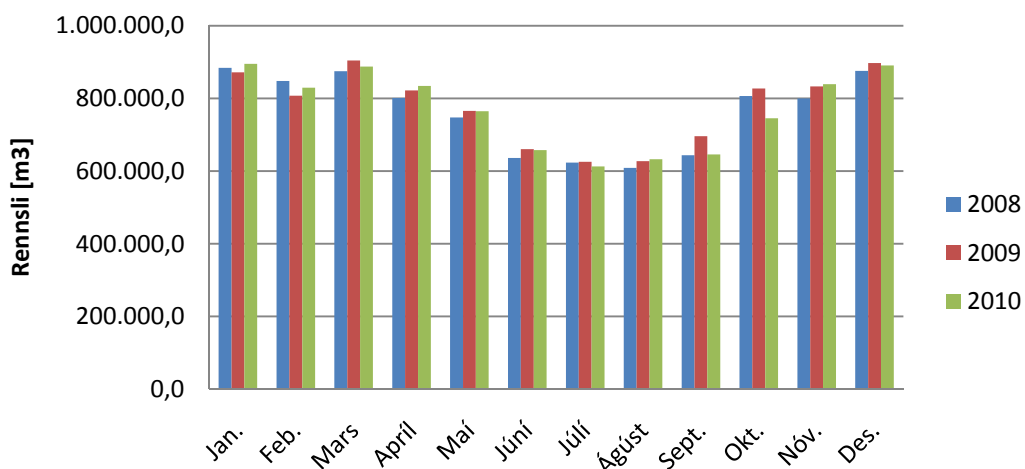
Fitjum. Niðurgrafni DN 600 hluti pípunnar er síðan 1998 og var endurnýjaður og sveraður upp í tengslum við byggingu orkuvers 5.

Hugsanlegt er að svera þurfi DN 500 pípuna til þess að auka flutningsgetuna í tengslum við breyttar forsendur í rekstri heitavatsframleiðslunnar ef verkefnið reynist arðbært. Þó er ólíklegt að hagkvæmt sé að setja pípuna í jörð þar sem hún liggur um hraun og yrði kostnaðurinn við þá framkvæmd einfaldlega allt of hár.

## 9. ÚRVINNSLA RENNSLISGAGNA

Eins og áður hefur komið fram ná rennslisgögnin sem stuðst er við yfir árin 2008, 2009 og 2010. Við úrvinnslu gagnanna voru álagsmánuðirnir, sem eru nóvember – mars, teknir sérstaklega fyrir með það að markmiði að finna út meðalrennsli á ákveðnum tímabilum yfir sólarhringinn og spá fyrir um þróun meðalrennslis í náinni framtíð. Ástæðan er sú að þetta eru dýrustu mánuðirnir hvað raforkuna varðar og því hagkvæmt að geta sparað kaup á toppafli eins og kostur er. Skilgreind eru ákveðin tímabil yfir sólarhringinn eftir því hversu þörfin fyrir raforkuframleiðsluna er mikil og er markmiðið að stoppa eða takmarka vatnsframleiðsluna á þeim tímum sem raforkuþörfin er mest.

**Samanburður á rennsli þriggja ára frá Svartsengi að Fitjum**



Mynd 20 Samanburður rennslis síðustu þriggja ára frá orkuveri að Fitjum



## 9.1. Skilgreining álagstímabila

Hér á eftir er útskýrt nánar um hvaða tímabil dags er að ræða og hvernig þau eru skilgreind með tilliti til raforku- og vatnsframleiðslu.

### *10:00 – 13:00*

Tímabilið frá klukkan 10:00-13:00 er skilgreint sem álagstími í raforkuframleiðslu. Markmiðið er að takmarka vatnsframleiðsluna á þessu tímabili og nýta alla tiltæka gufu til raforkuframleiðslu.

### *13:00 – 16:00*

Á tímabilinu frá klukkan 13:00-16:00 dregur aðeins úr raforkuþörfinni frá því sem hún er mest. Hugsanlega er hægt að draga úr takmörkun vatnsframleiðslunnar á þessu tímabili dags, en þó þarf væntanlega að takmarka hana að einhverju marki.

### *16:00 – 21:00*

Tímabilið frá klukkan 16:00-21:00 er skilgreint sem álagstími í raforkuframleiðslu. Eins og á tímabilinu frá klukkan 10:00–13:00, er stefnt að því að takmarka vatnsframleiðsluna og nýta alla tiltæka gufu til raforkuframleiðslu.

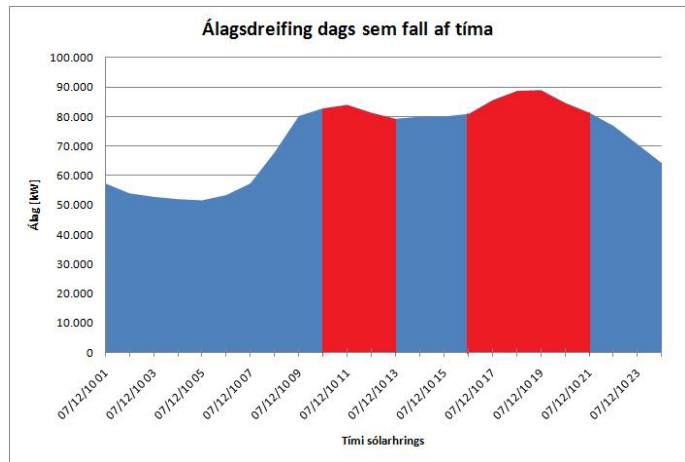
### *21:00 – 10:00*

Á tímabilinu frá klukkan 21:00 að kvöldi til klukkan 10:00 að morgni er raforkuþörfin í lágmarki og er því stefnt að því að nota eins mikið og hægt er af jarðvarma til upphitunar á vatni og framleiða á miðlunargeymana á fullum afköstum.

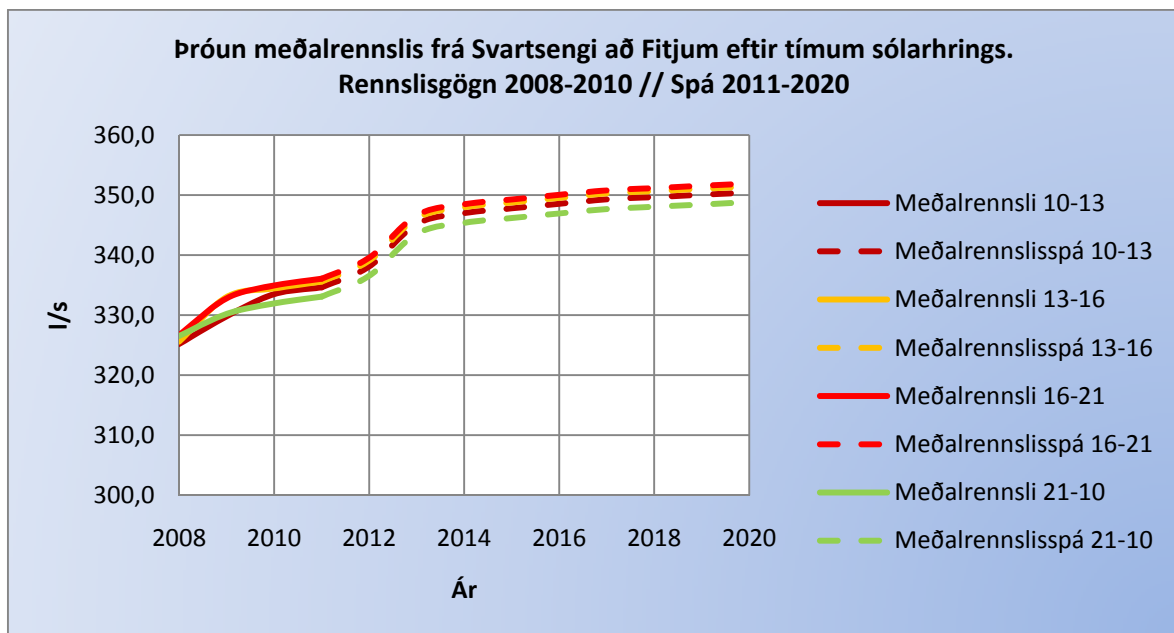
Mynd 21 sem sýnir álagsdreifingu raforku yfir sólarhringinn færir nokkuð góð rök fyrir þeim skilgreiningum sem lýst er hér á undan, en hún sýnir dæmigerðan dag í desember og hvernig álagið dreifist yfir hann.

Álagstímabilin frá kl. 10:00 – 13:00 og frá kl. 16:00 – 21:00 eru sýnd með rauðum lit, þar sem aðal-áherslan er lögð á að takmarka vatnsframleiðsluna og auka raforkuframleiðslu upp í toppana.

Gröfin hér á eftir sýna hvernig rennsli hefur þróast á þessum tímabilum sem skilgreind eru hér að framan og einnig hvernig áætlað er að þróunin verði til ársins 2020. Í þessum línuritum er búið að einangra gögnin við álagsmánuðina nóvember til mars að báðum meðtöldum, en öðrum mánuðum ársins er sleppt þar sem ekki er þörf á að auka nýtingu gufunnar til raforkuframleiðslu á þeim tímum ársins.

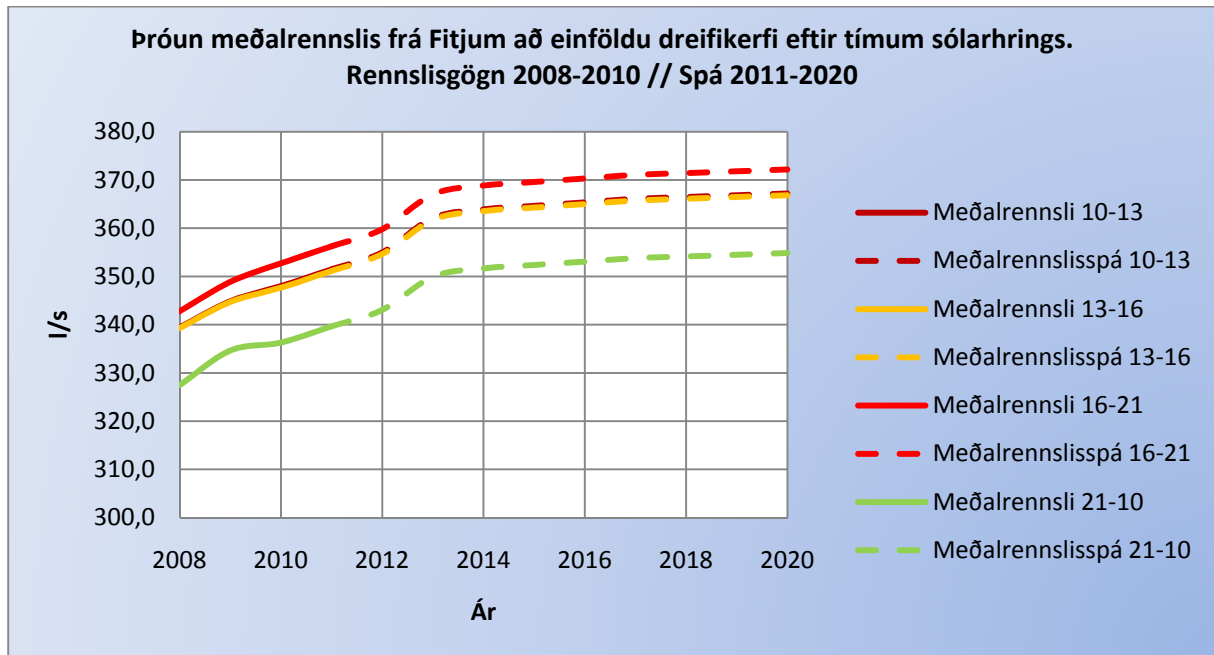


Mynd 21 Dæmigerð álagsdreifing raforku yfir einn sólarhring



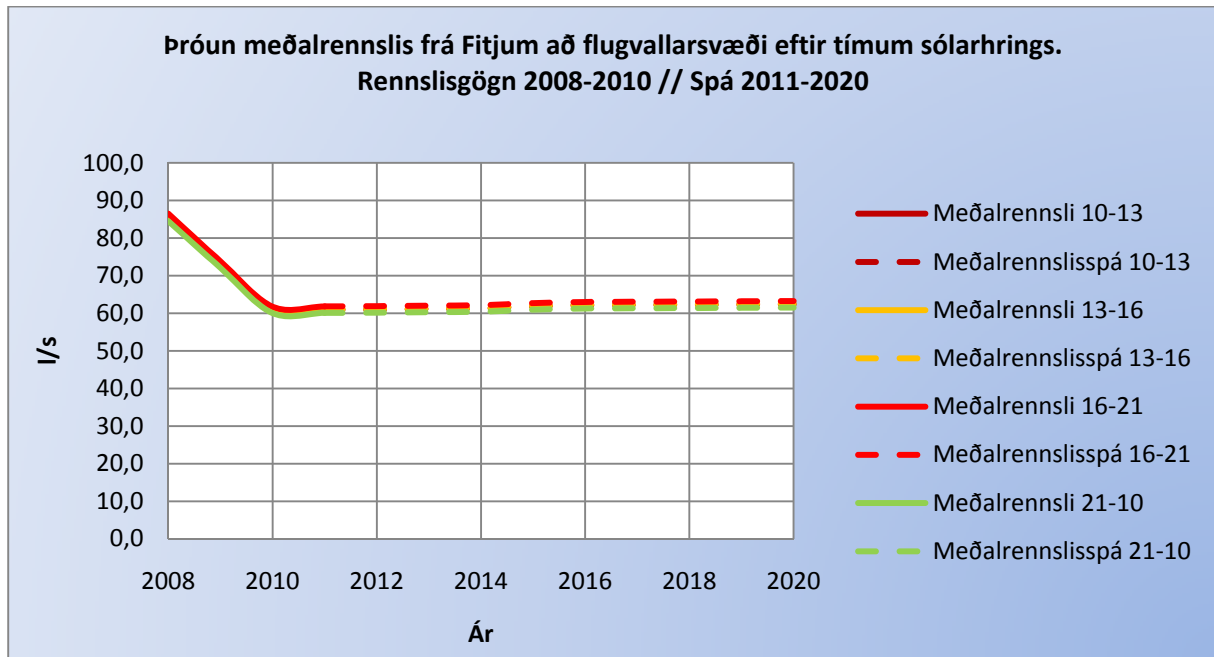
Mynd 22 Þróun og áætlun meðalrennslis frá Svartsengi að Fitjum til ársins 2020

Rennsli frá Svartsengi að dælustöð á Fitjum hefur verið að aukast nokkuð afgerandi á þeim árstíma sem um ræðir. Spáin gerir ráð fyrir áframhaldandi aukningu í rennsli til ársins 2014, en upp úr því er gert ráð fyrir að það nái sígandi jafnvægi.



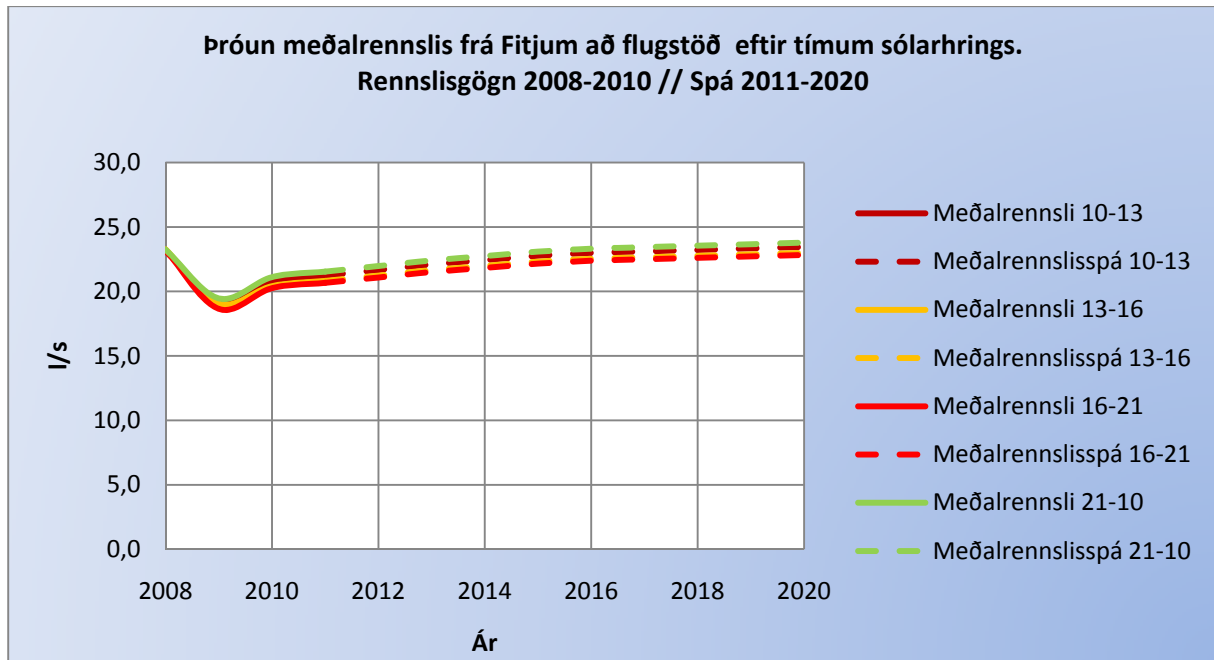
Mynd 23 Þróun og áætlun meðalrennslis frá Fitjum að einföldu dreifikerfi til ársins 2020

Sama má segja um rennslis á einföldu dreifikerfi og rennslis frá Svartsengi, en það hefur verið að aukast með afgerandi hætti á undanförunum þremur árum, enda á það stóran þátt í rennslisaukningunni frá Svartsengi. Eins verður gert ráð fyrir því í framhaldinu að aukningin haldi til ársins 2014 í tengslum við aukinn íbúafjölda, en upp úr því leiti rennslis í meira jafnvægi. Áberandi er hve rennslis minnkar yfir nóttina, milli kl. 21:00 og 10:00, frá því sem það er mest yfir daginn, milli kl. 16:00 og 21:00.



Mynd 24 Þróun og áætlun meðalrennslis frá Fitjum að flugvallarsvæði til ársins 2020

Lítill munur er á rennslis á heitu vatni, hvort sem um er að ræða á dagtíma eða næturtíma og stór hluti vatnsins skilar sér til baka til blöndunar á framrásarvatni í dælustöð að Fitjum. Það gefur vísbendingar um að stærstur hluti þess vatns sem fer að flugvallarsvæðinu er notað til húshitunar, en ekki sem neysluvatn.



Mynd 25 Þróun og áætlun meðalrennslis frá Fitjum að flugstöð á keflavíkuvelli til ársins 2020

Sjá má á línuritinu fyrir rennslis að flugstöð að vatnsnotkunin er nokkuð jöfn, óháð tíma sólarhrings og er gert ráð fyrir að það neyslumynstur haldist. Annað er þó sem vekur meiri athygli, en það er að notkunin er meiri að nóttu en yfir daginn og kann það að skýrast af einhverjum þáttum í rekstri flugstöðva sem eru höfundir þessa verkefnis ókunnir.

Að þessum forsendum gefnum er hægt að reikna út hver vatnspörfin er eftir tímabilum sólarhringsins og það vatnsmagn sem flytja þarf frá Svartsengi að forðatönkunum.

## 10. ÚTREIKNINGAR HELSTU STÆRÐA

### 10.1. Varmaskiptarásir OV-2

Í varmaskiptarásum orkuvera 2, 4 og 5 er hitað upp allt það hitaveituvatn sem HS dreifir á veitusvæðið. OV-2 er búið plötuvarmaskiptum bæði fyrir millihitun og lokahitun, í OV-4 eru röra-varmaskiptar sem þetta Ísópentan Ormat-vélanna, og í OV-5 eru notaðir röra-varmaskiptar fyrir millihitun og lokahitun.

Í niðurstöðum útreikninga úr EES þar sem stillt var upp orkujafnvægi yfir millihitara OV-2 má sjá það magn lágþrýstigufu sem þarf til þess að hita 200 kg/s af vatni úr 83°C, sem er hitastig



vatns frá lágþrýstiskiljum OV-2, í 93°C eftir millihitara. Millihitarar OV-2 eru fjórir að tölu og því fara 50 kg/s af vatni í gegnum hvern varmaskipti til upphitarar og um 0,92 kg/s af gufu sem gefa um 3,68 kg/s af lágþrýstigufu í heildina.

Eftirfarandi jafna var notuð til þess að stilla upp orkujafnvægi yfir varmaskiptinn, en finna má uppsetningu EES útreikninga ásamt skýringum varðandi millihitara OV-2 í viðauka C.

$$0 = \dot{Q}_{cv} - \dot{W}_{cv} + \dot{m}_{hi} \cdot \left[ h_{hi} + \frac{V_{hi}^2}{2} + g \cdot z_{hi} \right] + \dot{m}_{ci} \cdot \left[ h_{ci} + \frac{V_{ci}^2}{2} + g \cdot z_{ci} \right] - \dot{m}_{ho} \cdot \left[ h_{ho} + \frac{V_{ho}^2}{2} + g \cdot z_{ho} \right] - \dot{m}_{co} \cdot \left[ h_{co} + \frac{V_{co}^2}{2} + g \cdot z_{co} \right]$$

Reiknað er með að engin breyting verði á hreyfi- og stöðuorku yfir reiknirúmmálið, sem er varmaskiptirinn og stytast þeir liðir því út úr jöfnunni. Ennfremur er ekki gert ráð fyrir neinum varmaskiptum milli varmaskiptisins í heild og umhverfis og því verður  $\dot{Q}_{cv} = 0$ . Að lokum er engin raunveruleg vinna framkvæmd í varmaskiptinum, nema í formi streymis við inntak og úttak og verður  $\dot{W}_{cv}$  því einnig 0.

$g = 9,807 \text{ [m/s}^2\text{]}$	$h_{ci} = 347,7 \text{ [kJ/kg]}$	$h_{co} = 389,7 \text{ [kJ/kg]}$	$h_{pi} = 2680 \text{ [kJ/kg]}$
$h_{ho} = 398 \text{ [kJ/kg]}$	<b>Massastreymi<sub>gufa</sub> = 3,681 [kg/s]</b>	<b>Massastreymi<sub>vatn</sub> = 200 [kg/s]</b>	$\dot{m}_{ci} = 50 \text{ [kg/s]}$
$\dot{m}_{co} = 50 \text{ [kg/s]}$	$\dot{m}_{hi} = 0,9203 \text{ [kg/s]}$	$\dot{m}_{ho} = 0,9203 \text{ [kg/s]}$	$P_{ci} = 3 \text{ [bar]}$
$P_{co} = 2,89 \text{ [bar]}$	$P_{hi} = 1,127 \text{ [bar]}$	$P_{ho} = 1,027 \text{ [bar]}$	$\dot{Q}_{cv} = 0 \text{ [kW]}$
$\rho_{co} = 963,4 \text{ [kg/m}^3\text{]}$	Rúmmálsstreymi <sub>vatn</sub> = 207,6 [l/s]	$T_{ci} = 83 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_{co} = 93 \text{ [}^\circ\text{C]}$
$T_{hi} = 103 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_{ho} = 95 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$V_{ci} = 0,0006266 \text{ [m/s]}$	$V_{co} = 0,0006266 \text{ [m/s]}$
$V_{hi} = 0,0006266 \text{ [m/s]}$	$V_{ho} = 0,0006266 \text{ [m/s]}$	$\dot{W}_{cv} = 0 \text{ [kW]}$	$z_{ci} = 0 \text{ [m]}$
$z_{co} = 0 \text{ [m]}$	$z_{hi} = 0 \text{ [m]}$	$z_{ho} = 0 \text{ [m]}$	

Mynd 26 Magn bakþrýstigufu til hámarks nýtingar OV-2

Þar sem gert er ráð fyrir að 40 kg/s af vatni fari að Grindavíkurgeymi samkvæmt rennslisáætlunum fyrir árið 2020 og það sem umfram er í framleiðslugetu, eða 200 kg/s fer að Fitjum, telst framleiðslugeta OV-2 vera full-nýtt miðað við þessar forsendur.

## 10.2. Vatnsrennsli um Njarðvíkuræð

Það sem takmarkar rennslið um vatnsæðina frá Svartsengi að miðlunartönkum er eins og gefur að skilja þvermál hennar sem er 500 mm. Nýverið var sett upp dælustöð við orkuverin í Svartsengi sem dælir inn á Njarðvíkuræðina. Megintilgangurinn með uppsetningu hennar var að auðvelda dælum orkuveranna sjálfra að koma vatninu frá sér, sem gekk oft á tíðum ekki of vel vegna of mikils mótþrýstings í kerfinu á álagstímum. Með tilkomu dælustöðvarinnar var þetta vandamál úr sögunni, en dæluþrýstingurinn inn á Njarðvíkuræðina er nú 12 bar að hámarki. Ekki þótti ástæða til þess að fara með þrýstinginn hærra og ekki er heldur þörf á að keyra þessar dælur nema á stuttum álagsköflum yfir daginn.

Hámarks flutningsgeta um Njarðvíkuræðina miðað við þær forsendur sem lýst er hér að framan er um 550 kg/s sem samsvarar um 570 l/s af 93°C heitu vatni. Möguleiki væri á því að auka flutningsgetuna enn frekar með því að bæta við dælustöð miðja vegu milli Svartsengis og Fitja, en ólíklegt er að þörf sé fyrir þá rennslisaukningu í bráð.

Hér á eftir eru sýndar niðurstöður útreikninga úr EES, sem sýna aðstæður við hámarksrennsli um æðina ásamt jöfnunni sem notuð er til þess að stilla upp orkulíkingu fyrir stöðugu streymi í pípunni. Ekki er gert ráð fyrir landfræðilegum halla pípunnar vegna hæðarmunar milli Svartsengis og Fitja, enda telst hann ekki mikill. Nánari útskýringar á þessum útreikningum má finna í viðauka C.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_f$$

$A = 0,1963 \text{ [m}^2\text{]}$	$\alpha = 1$	$d = 0,5 \text{ [m]}$	$\Delta h_{pr.m} = 20,58 \text{ [mm/m]}$	$\Delta h_{tot} = 251 \text{ [m]}$
$\Delta P = 1,186E+06 \text{ [Pa]}$	$\Delta P_{bar} = 11,86 \text{ [bar]}$	$\epsilon = 0,00004 \text{ [m]}$	$f = 0,01194$	$g = 9,807 \text{ [m/s}^2\text{]}$
$h_f = 125,5 \text{ [m]}$	$h_m = 125,5 \text{ [m]}$	$K = 291,4$	$L = 12200 \text{ [m]}$	$\mu = 0,0003043 \text{ [kg/m-s]}$
$\dot{m}_1 = 550 \text{ [kg/s]}$	$\dot{m}_2 = 550 \text{ [kg/s]}$	$v = 3,158E-07 \text{ [m}^2\text{/s]}$	$P_1 = 1,200E+06 \text{ [Pa]}$	$P_2 = 13674 \text{ [Pa]}$
$\dot{Q}_1 = 0,5706 \text{ [m}^3\text{/s]}$	$\dot{Q}_2 = 0,5706 \text{ [m}^3\text{/s]}$	$Re = 4,602E+06$	$\rho = 963,8 \text{ [kg/m}^3\text{]}$	$RR = 0,00008$
$T_1 = 93 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$v_1 = 2,906 \text{ [m/s]}$	$v_2 = 2,906 \text{ [m/s]}$		

Mynd 27 Hámarks rennsli um Njarðvíkuræð

Varmatap um einangrun pípunnar á leiðinni frá Svartsengi að dælustöð á Fitjum er nokkuð mismunandi eftir rennsli og umhverfishita hverju sinni. Ef til að mynda er gert ráð fyrir  $-4^{\circ}\text{C}$  umhverfishita, er mismunur á varmatapi eftir því hvort um er að ræða hámarks rennsli um pípunna eða meðalrennsli rétt um  $0,5^{\circ}\text{C}$  og í báðum tilfellum er lækking á hitastigi vatnsins vel innan við  $1^{\circ}\text{C}$ . Hér er því ekki um stórar tölur að ræða, en rétt þó að gera sér grein fyrir þessum stærðum og að þessi þáttur sé til staðar. Meðalhiti út frá gögnum Veðurstofu Íslands yfir þennan árstíma, er þó líklega nær  $0^{\circ}\text{C}$ .

### 10.3. Rafskautaketill á Fitjum

Stærð þess rafskautaketils sem sér um framleiðslu gufuteppis fyrir ofan vatnsborð tankanna á Fitjum er 200 kW. Upphitun vatnsins er annars vegar frá  $93^{\circ}\text{C}$  –  $100^{\circ}\text{C}$  þar sem ketillinn tekur vatn úr miðlunargeymum til gufuframleiðslu og síðan fasaskiptin yfir í gufu, en gufunarvarmi vatns er 2257 kJ/kg.

Upphitun  $93^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}$ :

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$$\dot{m} = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t} \Rightarrow \dot{m} = \frac{200 \text{ kW}}{4,2 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot (100^{\circ}\text{C} - 93^{\circ}\text{C})} = 6,8 \text{ kg/s}$$

Fasaskipti  $100^{\circ}\text{C}$  vatn  $\rightarrow 100^{\circ}\text{C}$  gufa:

$$Q = \dot{m} \cdot l$$

$$\dot{m} = \frac{Q}{l} \Rightarrow \dot{m} = \frac{200 \text{ kW}}{2257 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 0,09 \text{ kg/s}$$

$Q$  = orka til upphitunar vatns

$\dot{m}$  = massastreymi vatns

$C_p$  = eðlisvarmi vatns

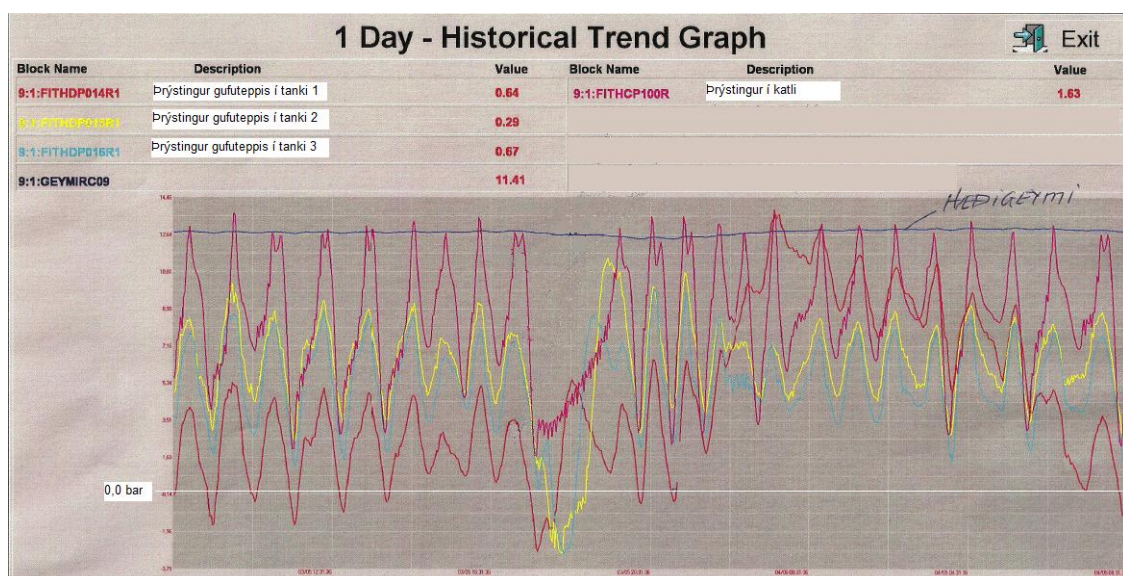
$\Delta t$  = breyting á hitastigi vatns

$l$  = gufunarvarmi vatns

Þessi gufuframleiðsla ketilsins gefur rúmlega 300 kg. af gufu á klst.

Það hefur sýnt sig í rekstri að 200 kW ketill er of lítill fyrir þá tæplega 970 m<sup>3</sup> frí-rýmis sem er fyrir ofan vatnsborð í tönkunum þegar þeir eru allir fullir. Ketillinn er undir álagi stóran hluta sólarhringsins, en nær samt ekki að framleiða gufu í nægu magni til þess að mynda þann 30 millibar yfirþrýsting í gufuteppinu sem honum er ætlað að gera. Það sem hann gerir virðist þó vera nóg til þess að hindra að mestu að súrefni komist í vatnið, en hafa ber í huga vatnsborðið er ekki á mikilli hreyfingu eins og framleiðslunni hefur verið háttað og er það kannski aðallega það sem hindrar súrefnisupptökuna. Fyrir utan það að vera of lítill er ketillinn mjög óhagkvæmur í rekstri. Rekstrarkostnaður er hár og þar að auki er ketillinn að skjóta af sér töluverðu magni af vatni á hverri klukkustund, en það er gert til þess að losna við steinefnaútfellingar og viðhalda leiðni vatnsins.

Út frá myndinni hér á eftir má fá einhverja hugmynd um það hvernig ketillinn er að vinna yfir einn sólarhring út frá þrýstingi í katlinum sjálfum. Þegar þrýstingurinn fellur í katlinum er þó ekki þar með sagt að hann sé í straumlausu ástandi, því þar eru í flestum tilfellum aflestunarlokar að opna til þess að hleypa út þrýstingi og þar með orku, en ketillinn er áfram undir álagi. Á myndinni má einnig sjá sveiflur í þrýstingi gufuteppis í öllum þremur tönkum á Fitjum, en sá þrýstingur er á einhverjum tímabilum að falla niður fyrir 0 bar línuna sem er ekki æskilegt. Reiknað er með að gangtími ketilsins sé um 20 klst. á sólarhring á fullum afköstum sem gefur orkunotkun sem nemur um 4.000 kWh.



Mynd 28 Þrýstingur í rafskautakatli ásamt þrýstingi í gufuteppi vatnstanka



Eðlisrúmmál gufu við 100°C og 1 atm. er 1,673 m<sup>3</sup>/kg og þarf því um 579 kg af gufu til þess að fylla 969 m<sup>3</sup> við andrúmsloftsþrýsting.

$$Gufumagn frírýmis = \frac{969 \text{ m}^3}{1,673 \text{ m}^3/\text{kg}} = 579,2 \text{ kg}$$

Gufuframleiðsla ketilsins er um 300 kg/klst. og er hann því að afkasta þessu að einhverju marki, án þess þó að ná að mynda yfirþrýsting í rýminu. Miðað við þessi 0,09 kg/s af gufu sem hann framleiðir, þá er hann um 1,8 klst. að fylla rýmið ef ekki er gert ráð fyrir neinu varmatapi til umhverfis.

$$Tími til fyllingar = \frac{579,2 \text{ kg}}{0,09 \text{ kg/s}} = 6435,5 \text{ s} = 107,3 \text{ min.} = 1,8 \text{ klst.}$$

Með því að reikna út varmatapið um tanktoppinn má fá einhverja hugmynd um kælingu gufuteppisins og þá um leið hversu oft ketillinn þarf að dæla inn gufu til þess að viðhalda teppinu.

Flatarmál tankþaks reiknast 336,6 m<sup>2</sup>, en nánar er farið í þá útreikninga í kafla um kostnaðargreiningu rekstrarplans 2. Varmaleiðnistuðull (k) fyrir steinullareinangrun er 0,046 W/m\*K og einangrunin er 150 mm að þykkt. Hitastig í gufuteppinu er 100°C og gert er ráð fyrir útihitastigi sem er -4°C.

Varmaflutningur um þak hvers tanks:

$$q_x = \frac{k \cdot A}{L} \cdot (T_i - T_u)$$

$$q_x = \frac{0,046 \cdot 336,6}{0,15} \cdot (100 - (-4)) = 10.735 \text{ W}$$

Varmaflutningur á flatareiningu hvers tankþaks:

$$q''_x = \frac{q_x}{A}$$

$$q''_x = \frac{10.735}{336,6} = 31,9 \text{ W/m}^2$$

Með öðrum orðum, þá eru 31,9 J af varma að tapast úr gufuteppinu á hverri sekúndu á hvern fermetra þakflatarins, eða um 32.200 J/s alls ef taldir eru allir þrír tankarnir.

#### 10.4. Magn gufu til upphitunar á vatni í OV-5

Ef skoðaður er eðlilegur rekstur á vél 11 í OV-5 eins og hún hefur verið keyrð, kemur í ljós að 65 kg/s af gufu við 5,5 bar þrýsting og um 158 °C eru tekin inn á túrbínu. Ef gert er ráð fyrir að 2,16 kg/s þurfi til þess að framleiða hvert MW<sub>e</sub>, eru 65 kg/s það magn gufu sem þarf til þess að framleiða þau 30 MW sem vélin getur skilað. Í reynd er vélin hins vegar að skila rúmum 27 MW<sub>e</sub> í rafafli, en á sama tíma er orkuver 5 að skila frá sér 180 l/s af 92°C heitu vatni. Ef reiknað er út það gufumagn lágþrýstigufu frá úttaki vélarinnar sem þarf til þess að hita þetta vatnsmagn kemur í ljós að rétt um 18,4 kg/s af 117°C heitri gufu þarf til verksins eins og sést á eftirfarandi niðurstöðum úr EES.

Til þess að stilla upp orkujafnvægi yfir varmaskiptinn er notuð eftirfarandi jafna:

$$0 = \dot{Q}_{cv} - \dot{W}_{cv} + \dot{m}_{hi} \cdot \left[ h_{hi} + \frac{V_{hi}^2}{2} + g \cdot z_{hi} \right] + \dot{m}_{ci} \cdot \left[ h_{ci} + \frac{V_{ci}^2}{2} + g \cdot z_{ci} \right] - \dot{m}_{ho} \cdot \left[ h_{ho} + \frac{V_{ho}^2}{2} + g \cdot z_{ho} \right] - \dot{m}_{co} \cdot \left[ h_{co} + \frac{V_{co}^2}{2} + g \cdot z_{co} \right]$$

Eina raunverulega vinnan sem fram fer í varmaskiptinum er vegna streymis við inntak og úttak og þess vegna dettur  $\dot{W}_{cv}$  út úr jöfnunni. Engin varmaskipti eiga sér stað milli varmaskiptisins í heild og umhverfis, svo  $\dot{Q}_{cv}$  dettur einnig út úr jöfnu orkujafnvægis. Engin breyting er í hreyfi- og stöðuorku yfir reiknirúmmálið og stýttast þeir liðir því út úr jöfnunni. (Moran & Shapiro, 2008) Sjá má uppstillingu fyrir útreikninga varðandi varmaskiptarásir OV-5 í viðauka C.



$$g = 9,807 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$h_{ho} = 410,7 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\dot{m}_{co} = 90 \text{ [kg/s]}$$

$$P_{co} = 2,89 \text{ [bar]}$$

$$\rho_{co} = 964,1 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$T_{hi} = 117 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$V_{hi} = 0,000209 \text{ [m/s]}$$

$$z_{co} = 0 \text{ [m]}$$

$$h_{ci} = 151 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{Massastreymi}_{gufa} = 18,42 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{m}_{hi} = 9,211 \text{ [kg/s]}$$

$$P_{hi} = 1,803 \text{ [bar]}$$

$$\text{Rúmmálsstreymi}_{vatn} = 186,7 \text{ [l/s]}$$

$$T_{ho} = 98 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$V_{ho} = 0,000209 \text{ [m/s]}$$

$$z_{hi} = 0 \text{ [m]}$$

$$h_{co} = 385,5 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{Massastreymi}_{vatn} = 180 \text{ [kg/s]}$$

$$\dot{m}_{ho} = 9,211 \text{ [kg/s]}$$

$$P_{ho} = 1,703 \text{ [bar]}$$

$$T_{ci} = 36 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$V_{ci} = 0,000209 \text{ [m/s]}$$

$$\dot{W}_{cv} = 0 \text{ [kW]}$$

$$z_{ho} = 0 \text{ [m]}$$

$$h_{hi} = 2702 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\dot{m}_{ci} = 90 \text{ [kg/s]}$$

$$P_{ci} = 3 \text{ [bar]}$$

$$\dot{Q}_{cv} = 0 \text{ [kW]}$$

$$T_{co} = 92 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$V_{co} = 0,000209 \text{ [m/s]}$$

$$z_{ci} = 0 \text{ [m]}$$

Mynd 29 Magn lágþrýstigufu sem tekin er út úr vél 11 við núverandi keyrslu.

Samkvæmt þessu eru um 18 kg/s af lágþrýstri gufu, sem tekin er út úr vélinni á seinni stikum túrbínuhjólsins, að rýra framleiðslugetu hennar til raforkuframleiðslu um 3 MW<sub>e</sub>, eða úr 30 MW<sub>e</sub> í um 27 MW<sub>e</sub>. Þetta svarar til þess að vélin sé svelt um 6 kg/s af gufu við 5,5 bar í inntaki, eða með öðrum orðum að gufumagn við inntak sé einungis 59 kg/s í stað 65 kg/s og upphitun vatns er sleppt.

Í töflunni hér á eftir má sjá nokkuð góða nálgun á þeirri aukningu á raforkuframleiðslu sem vinnst með því að minnka vatnsframleiðslu í orkuveri 5 á álagstímum og hversu mikið þarf að takmarka lágþrýsta gufu frá vél 11 inn á varmaskiptarásir orkuversins í þeim tilgangi.

Raforkuframleiðsla	Lágþrýstigufa frá	Vatnsframleiðsla	Vatnsframl. Fitjar
Vél 11	vél 11.	frá OV-5 93°C	OV-2 og OV-5
[MW]	[Kg/s]	[kg/s]	[kg/s]
30	0,0	0,0	200,0
29,5	3,3	31,7	231,7
29	6,5	62,4	262,4
28,5	9,4	90,2	290,2
28	13,0	124,8	324,8
27,5	16,2	155,5	355,5
27	18,8	180,0	380,0
26,5	22,2	213,1	413,1
26	25,3	242,8	442,8

Tafla 4 Samband raforkuframleiðslu og framleiðslu á heitu vatni frá OV-5

Þá er einnig gert ráð fyrir að flutningsgeta OV-2 sé full-nýtt og þaðan fari 40 kg/s að Grindavíkurgeymi, sem er áætlað rennsli ársins 2020, ásamt 200 kg/s að Fitjum.

Takmarkanir á framleiðslu vatns ráðast af flutningsgetu vatnslagna í OV-5, sem er 240 kg/s. Samkvæmt útreikningum er orkuverið að skila rétt um 26 MW<sub>e</sub> ef vatnsframleiðslan er nýtt til hins ýrasta.

Mun meira magn af lágþrýstri gufu þarf til vatnshitunar í OV-5 en í OV-2, enda er inntakshiti vatns inn á varmaskipta þar mun lægri, eða um 35-36°C frá eimsvala túrbínunnar.

Í eftirfarandi niðurstöðum útreikninga úr EES, má sjá það magn lágþrýstigufu sem þarf til þess að hita 240 kg/s af vatni í OV-5, sem eru full afköst í vatnsframleiðslu orkuversins.

$g = 9,807 \text{ [m/s}^2\text{]}$	$h_{ci} = 151 \text{ [kJ/kg]}$	$h_{co} = 389,7 \text{ [kJ/kg]}$	$h_{hi} = 2702 \text{ [kJ/kg]}$
$h_{ho} = 410,7 \text{ [kJ/kg]}$	<b>Massastreymi<sub>gufa</sub> = 25 [kg/s]</b>	<b>Massastreymi<sub>vatn</sub> = 240 [kg/s]</b>	$\dot{m}_{ci} = 120 \text{ [kg/s]}$
$\dot{m}_{co} = 120 \text{ [kg/s]}$	$\dot{m}_{hi} = 12,5 \text{ [kg/s]}$	$\dot{m}_{ho} = 12,5 \text{ [kg/s]}$	$P_{ci} = 3 \text{ [bar]}$
$P_{co} = 2,89 \text{ [bar]}$	$P_{hi} = 1,803 \text{ [bar]}$	$P_{ho} = 1,703 \text{ [bar]}$	$\dot{Q}_{cv} = 0 \text{ [kW]}$
$\rho_{co} = 963,4 \text{ [kg/m}^3\text{]}$	Rúmmálsstreymi <sub>vatn</sub> = 249,1 [l/s]	$T_{ci} = 36 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_{co} = 93 \text{ [}^\circ\text{C]}$
$T_{hi} = 117 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$T_{ho} = 98 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$V_{ci} = 0,000209 \text{ [m/s]}$	$V_{co} = 0,000209 \text{ [m/s]}$
$V_{hi} = 0,000209 \text{ [m/s]}$	$V_{ho} = 0,000209 \text{ [m/s]}$	$\dot{W}_{cv} = 0 \text{ [kW]}$	$z_{ci} = 0 \text{ [m]}$
$z_{co} = 0 \text{ [m]}$	$z_{hi} = 0 \text{ [m]}$	$z_{ho} = 0 \text{ [m]}$	

Mynd 30 Magn lágþrýstigufu til hámarks nýtingar OV-5

Andstætt OV-2, er allt vatn sem kemur inn á varmaskipta OV-5 hitað í 92-93°C, óháð því hvort það er sent á Grindavíkurgeymi eða að Fitjum. Það vatn sem fer til Grindavíkur er kælt niður í um 84-85°C með kælivatni frá Ormat-vélum áður en það fer inn á varmaskipta.

## 11. FORSENDUR VARÐANDI VATNSFRAMLEIÐSLU

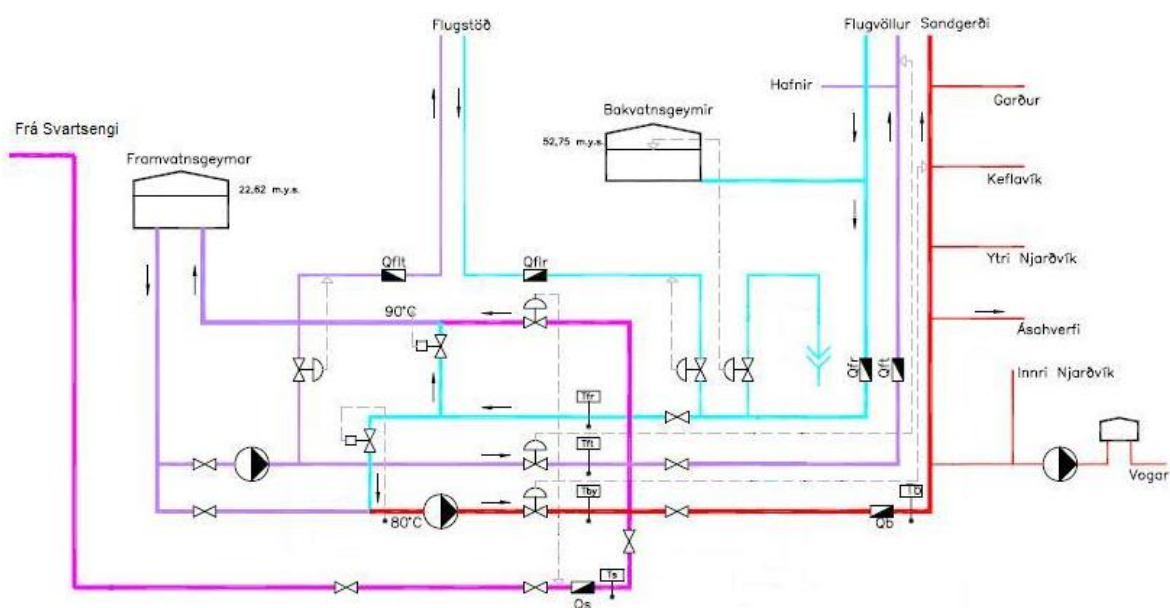
### 11.1. Vatnsframleiðsla stöðvuð á álagstímum

Ef gengið er út frá því að framleiðsla á heitu vatni í Svartsengi sé stöðvuð á þeim álagstímabilum dagsins sem um getur hér að framan, þ.e. milli 10:00 og 13:00 og milli 16:00-21:00, þarf að hafa eftirfarandi aðstæður í huga.



Bakrásarvatn frá flugvallarsvæði og flugstöð er notað til þess að regla hitastig inn á einföld dreifikerfi til byggðanna á veitusvæðinu. Því er nauðsynlegt að reikna blöndunarhitastigið á hverjum tíma miðað við þær forsendur sem lagt er upp með.

Bakrásarvatni frá flugvallarsvæði og flugstöð er blandað áður en því er á endanum blandað til reglunar á hitastigi framrásar. Blöndunin getur farið fram í lögnum frá Svartsengi að tönkum annars vegar og frá tönkum að einföldu dreifikerfi hins vegar eins og sjá má á mynd 31. Samkvæmt niðurstöðum úr rennslisgögnum er meðal-hitastig bakrásarvatns rétt um 40°C eftir að blöndun hefur átt sér stað milli bakrásar frá flugvallarsvæði og flugstöð.



Mynd 31 Veitukerfi hitaveitu ásamt blöndun bakrennslis til reglunar á hitastigi framrásar

Miðað við þau meðalgildi sem fást úr rennslisgögnum fyrir rennsli að dreifikerfi annars vegar og rennsli frá bakrásum tvöföldu kerfanna fyrir flugvallarsvæðið og flugstöðina hins vegar, ætti blöndunarhitastigið inn á dreifikerfið að vera um 83 °C. Þá gert ráð fyrir að hitastig vatnsins sé 90 °C á forðatönkum og einnig að blöndun framrásar og bakrásarvatns fari eingöngu fram í lögnum frá tönkum að dreifikerfi, en ekki í lögnum frá Svartsengi að tönkum eins og hingað til hefur einnig verið gert.

Mjög ólíklegt er að upp komi sú staða að bakrásarvatnið nái ekki að kæla framrásarvatnið niður í æskilegt hitastig til dreifingar, en ef svo skildi fara í tilviki bilana eða annara orsaka, þá er vatnið aldrei heitara en um 89°C að dreifikerfinu. Hins vegar gæti komið upp sú staða,

vegna lágs hitastigs framrásarvatns, að kæling þess af völdum bakrásarvatns sé of mikil. Í því tilfalli er sá möguleiki til staðar að minnka blöndun og hleypa bakrásarvatni frá flugvallarsvæði inn á bakrásartank eða til sjávar til þess að minnka blöndunarhlutfallið.

Reiknað er með að tankaplássið þurfi að vera um 13.000 m<sup>3</sup> að lágmarki í heildina til þess að anna vatnsneyslunni, miðað við þær forsendur að hægt sé að stoppa rennslið frá Svartsengi þegar raforkuþörfin er hvað mest, en það þýðir stækkun á tankaplássi upp á um 2.800 m<sup>3</sup> frá því sem nú er.

Samkvæmt útreikningum út frá rennslisgögnum eru um 637 m<sup>3</sup> af vatni eftir á tönkum miðað við þessar forsendur, þegar fullt rennsli kemst á aftur milli orkuvers og forðatanka kl. 21:00. Fullt rennsli á tankana stendur yfir til kl. 10:00 morguninn eftir, eða í 13 klukkustundir og meðalrennslið á þeim tíma þarf því að vera um 628,5 l/s til þess að möguleiki sé á því að fylla tankana áður en vatnsrennslið er stoppað aftur kl. 10:00.

Tankastaða (engin vatnsframleiðsla á álagstímum)		
13.000 m <sup>3</sup> heildar-rúmmál tanka		
13.000,0	m <sup>3</sup>	Tankar fullir kl. 10:00
0,0	m <sup>3</sup> /3klst.	Ekkert rennsli frá Svartsengi að tönkum milli 10 og 13
8.928,3	m <sup>3</sup>	Tankastaða kl. 13:00
2.656,7	m <sup>3</sup> /3klst.	70 % af meðalrennsli 2020 inn á tanka milli 13 og 16
7.513,3	m <sup>3</sup>	Tankastaða kl. 16:00
0,0	m <sup>3</sup> /5klst.	Ekkert rennsli frá Svartsengi að tönkum milli 16 og 21
637,1	m <sup>3</sup>	Tankastaða kl. 21:00
Útreikningar rennslis		
12.362,9	m <sup>3</sup>	Magn sem vantar á tanka kl. 21:00 þegar fullt rennsli hefst.
17.050,3	m <sup>3</sup>	Meðal-vatnsnotkun frá kl. 21:00-10:00 skv. spá fyrir 2020
29.413,1	m <sup>3</sup>	Magn til Fitja, áfylling + notkun, á 13 tímum
2.262,5	m <sup>3</sup> /klst	Nauðsynlegt meðalrennsli frá Svartsengi til Fitja
628,5	l/s	Nauðsynlegt meðalrennsli frá Svartsengi til Fitja
604,6	kg/s	Nauðsynlegt meðalrennsli frá Svartsengi til Fitja

Tafla 5 Tankastaða og rennsli miðað við að vatnsframleiðsla sé stöðvuð á álagstímum

Uppsett varmaafli orkuveranna í Svartsengi er 180 MW<sub>th</sub> og miðað við rennsli upp á 628,5 l/s (604,6 kg/s) af 90°C heitu vatni, er staðan gagnvart framleiðslugetunni í varmafli eftirfarandi:

$$P = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{ov.} - T_{bak.})$$



$$P = 604,6 \frac{kg}{s} \cdot 4,208 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (90^\circ C - 40^\circ C) = 127,2 MW$$

Eins og sjá má er þetta vel innan marka gagnvart framleiðslugetunni og jafngildir því að vera um 71 % af afkastagetu orkuveranna í varmaafli. Ef þessar tölur eru hinsvegar settar inn í EES reiknilíkan fyrir rennsli um Njarðvíkuræð, sem hægt er að sjá í viðauka C, fást eftirfarandi niðurstöður:

Rennslishraði í Njarðvíkuræð miðað við þvermál DN-500 er við þessar aðstæður = 3,20 m/s

Rennslishraði í Njarðvíkuræð miðað við þvermál DN-600 er við þessar aðstæður = 2,22 m/s

Það er því ljóst að við þetta rennsli þyrfti að svera Njarðvíkuræðina í DN-600 þar sem 3,2 m/s er ekki raunhæfur rennslishraði í pípunni. Rennsli upp á 628,5 l/s er því langt umfram flutningsgetu bæði orkuvera og Njarðvíkuræðar.

## 11.2. Niðurstaða stöðvunar vatnsframleiðslu

Þær forsendur að stoppa framleiðslu á heitu vatni í Svartsengi yfir þau tímabil þegar raforkuþörfin er sem mest, er ekki raunhæf leið þegar málið er skoðað betur. Heitavatsframleiðslan í OV-2 er í raun aukaafurð raforkuframleiðslunnar í OV-3 og því engin ástæða og beinlínis óhagkvæmt að stöðva framleiðslu á því vatnsmagni sem þaðan kemur þó svo um álagstíma sé að ræða. Annað sem mælir á móti því að þetta sé gert á þennan hátt er að um 420 l/s af ferskvatni er notað til þess að þetta Ísópentan í varmaskiptum þeirra þriggja Ormat-véla OV-4 sem vatnskældar eru. Þetta vatn fer síðan um 25°C áfram í gegnum OV-2 og OV-5 til frekari upphitunar. Ef framleiðsla á heitu vatni yrði stöðvuð þyrfti að losna við þetta kælivatn á einhvern annan hátt en að nýta það til dreifingar og ólíklegt að sú leið kæmi betur út fjárhagslega. Svera þyrfti Njarðvíkuræðina úr DN-500 í DN-600 til þess að rennslishraði vatnsins yrði innan skynsamlegra marka og ólíklegt er samt að orkuverin næðu að halda uppi þeirri framleiðslu þrátt fyrir það. Að endingu væri það mjög óæskilegt fyrir vatnslögnina milli Svartsengis og Njarðvíkur að verða fyrir þeim hitaþenslum sem myndu verða við það að stöðva rennsli í henni og leyfa henni að kólna og hitna á víxl.

### 11.3. Vatnsframleiðsla takmörkuð á álagstímum

Vél 3 í orkuveri 3 er að nýta um 40 kg/s af 160°C heitri gufu og skilar þar af leiðandi sama magni frá sér í bakþrýstigufu sem er um 103°C við 0,2 bara þrýsting. Bakþrýstigufunni er skipt á milli sjóðara sjö Ormat-véla í OV-4 sem samtals nota í kringum 35 kg/s og fjögurra millihitara í OV-2 sem hver getur tekið við 3,6 kg/s af gufu eða 14,4 kg/s alls. Það er þó ekki það gufumagn sem varmaskiptarnir eru að nýta að öllu jöfnu því um 0,92 kg/s af bakþrýstigufu þarf inn á hvern varmaskipti til þess að hita 200 kg/s af vatni úr 83°C í 93°C, eða 3,68 kg/s samtals.

420 kg/s er ákveðin lykilstærð hvað varðar vatnsframleiðsluna því það er, eins og fram hefur komið, það vatnsmagn sem fer í gegnum varmaskipta vatnskældra Ormat-véla OV-4 til þess að halda uppi fullum afköstum þar og síðan áfram til upphitunar í OV-2 og OV-5. Það er því töluvert unnið með því að nýta sem mest af þessu vatnsmagni, sem búið er að tína upp kaloríur úr varmaskiptum Ormat-vélanna, til áframhaldandi upphitunar.

Fræðileg framleiðslugeta OV-5 af 93°C heitu vatni, miðað við 75 MW<sub>th</sub> uppsett varmaafli, er um 337 kg/s og sama á við um OV-2. Þó er gert ráð fyrir því að flutningsgeta lagna takmarki framleiðslugetuna og bæði OV-2 og OV-5 hafi flutningsgetu á hitaveituvatni upp á 240 kg/s eða 480 kg/s samtals, sem byggir á reynslu vélstjóra orkuversins. Um 80 kg/s koma til með að fara að Grindavíkurgeymi samkvæmt spá um rennsli til ársins 2020, um 40 kg/s frá hvoru orkuveri, en hafa ber í huga að það vatn sem þangað fer frá OV-2 kemur frá lágþrýstigufuskiljum orkuversins, 83°C heitt og fer því ekki í gegnum millihitara orkuversins. Því er fræðilegur möguleiki á framleiðslu 200 kg/s af 93°C heitu vatni frá hvoru orkuveri að miðlunargeymum, að því gefnu að varmaorkan sé fyrir hendi.

### 11.4. Niðurstaða takmörkunar vatnsframleiðslu

Sú aðferð að takmarka vatnsframleiðslu orkuvers 5 yfir þau tímabil sólarhringsins sem raforkuþörfin er í hámarki er mun vænlegri en sú að stoppa vatnsframleiðslu frá orkuverum yfir álagstímabilin og fellur mun betur að rekstri orkuveranna. Verður því unnið út frá því í framhaldinu að spilað verði á framleitt vatnsmagn frá OV-5 eins og mögulegt er á þeim tímum sem þess þarf. Þá er gert ráð fyrir því að orkuver 2 framleiði heitt vatn á fullum afköstum, í það minnsta yfir þessi álagstímabil.

## 12. FRAMLEIÐSLUFORSENDUR

Nú er hægt að stilla upp mismunandi forsendum með tilliti til framleiðslu á heitu vatni annars vegar og raforkuframleiðslu hinsvegar. Út frá niðurstöðum þeirra má síðan sjá í hvaða framkvæmdir þarf að ráðast til þess að þær gangi upp. Þá er vatnsframleiðsla OV-5 takmörkuð á álagstímum eftir því sem þurfa þykir til þess að auka raforkuframleiðsluna.

Tafla 6 inniheldur niðurstöður úr úrvinnslu rennislisgagna, og sýnir hún áætlaða meðalvatnspörf frá miðlunartönkum á Fitjum að dreifikerfinu, skipt niður eftir tímabilum sólarhringsins, eins og spá fyrir árið 2020 gerir ráð fyrir.

Áætluð vatnspörf veitusvæðis frá miðlunartönkum á völdum tímabilum				
Tími	m <sup>3</sup> /klst.	m <sup>3</sup> /pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	1.357,2	4.071,7	377,0	364,9
13:00-16:00	1.357,2	4.071,7	377,0	364,9
16:00-21:00	1.372,5	6.862,6	381,3	369,1
21:00-10:00	1.311,6	17.050,3	364,3	352,7

Tafla 6 Áætluð meðalvatnspörf frá Fitjum að dreifikerfi árið 2020 eftir tímum sólarhrings

Tafla 7 sýnir samspilið á milli þeirrar raforkuframleiðslu sem hægt er að fá út úr vél 11 í orkuveri 5 og þeirri vatnsframleiðslu sem hægt er að ná út úr varmaskiptarásun orkuversins á sama tíma. Orkuver 2 skilar um 200 kg/s að staðaldri að miðlunartönkum.

Raforkuframleiðsla Vél 11	Lágþrýstigufa að varmaskiptum OV-5	Framleitt vatnsmagn frá OV-5		Samtals rennislismagn að Fitjum m.v. full afköst OV-2		
		kg/s	l/s	kg/s	l/s	m <sup>3</sup> /klst
MW	kg/s	kg/s	l/s	kg/s	l/s	m <sup>3</sup> /klst
30	0,0	0,0	0,0	200,0	207,7	747,7
29,5	3,3	31,7	32,9	231,7	240,6	866,1
29	6,5	62,4	64,8	262,4	272,5	980,9
28,5	9,4	90,2	93,7	290,2	301,4	1.084,9
28	13,0	124,8	129,5	324,8	337,3	1.214,2
27,5	16,2	155,5	161,4	355,5	369,2	1.329,0
27	18,8	180,0	186,8	380,0	394,6	1.420,6
26,5	22,2	213,1	221,2	413,1	429,0	1.544,3
26	25,3	242,8	252,1	442,8	459,8	1.655,3

Tafla 7 Samspil vatns- og raforkuframleiðslu OV-5

## 12.1. Rekstrarplan 1

Hér er sett upp rekstrarplan fyrir OV-5 yfir einn sólarhring, þar sem gert er ráð fyrir að raforkuframleiðsla orkuversins sé keyrð upp um 0,5 MW á klukkustund á þeim tímum sem raforkuþörfin er í hámarki. Utan þess tíma er vélin keyrð með sama hætti og hún er keyrð í dag með tilliti til raforkuframleiðslu og úttektar lágþrýstigufu inn á varmaskiptarásir. Á planinu má sjá vatnsstöðu miðlunargeyma, meðal-vatnsnotkun frá tönkum inn á dreifikerfin samkvæmt spá fram til ársins 2020 og framleitt vatnsmagn frá orkuverum að tönkum á hverri klukkustund yfir sólarhringinn ásamt raforkuframleiðslunni sem vél 11 í OV-5 er að skila.

Tankastaða yfir sólarhring				
Takmörkuð vatnsframleiðsla í OV-5				
Tími Kl.	Vatnsstaða m <sup>3</sup>	Notkun m <sup>3</sup> /klst	Að tönkum m <sup>3</sup> /klst	Framl. OV-5 MWe
10:00	10.200,0	1.357,2	1.214,2	28
11:00	10.057,0	1.357,2	1.214,2	28
12:00	9.914,0	1.357,2	1.214,2	28
13:00	9.770,9	1.357,2	1.329,0	27,5
14:00	9.742,7	1.357,2	1.329,0	27,5
15:00	9.714,4	1.357,2	1.329,0	27,5
16:00	9.686,1	1.372,5	1.214,2	28
17:00	9.527,8	1.372,5	1.214,2	28
18:00	9.369,5	1.372,5	1.214,2	28
19:00	9.211,2	1.372,5	1.214,2	28
20:00	9.052,9	1.372,5	1.214,2	28
21:00	8.894,6	1.311,6	1.420,6	27
22:00	9.003,6	1.311,6	1.420,6	27
23:00	9.112,6	1.311,6	1.420,6	27
00:00	9.221,6	1.311,6	1.420,6	27
01:00	9.330,6	1.311,6	1.420,6	27
02:00	9.439,6	1.311,6	1.420,6	27
03:00	9.548,6	1.311,6	1.420,6	27
04:00	9.657,6	1.311,6	1.420,6	27
05:00	9.766,6	1.311,6	1.420,6	27
06:00	9.875,6	1.311,6	1.420,6	27
07:00	9.984,6	1.311,6	1.420,6	27
08:00	10.093,6	1.311,6	1.420,6	27
09:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27

Tafla 8 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við rekstrarplan 1, yfir sólarhring



### 12.1.1. Ávinningur

Með þessu rekstrarplani er raforkuframleiðslan aukin um 4 MWh yfir daginn á þeim tímum þegar raforkuþörfin er mest, án þess þó að bæta þurfi við tankapláss miðlunargeyma. Vatnsstaða geymanna fer lægst niður í um 8.895 m<sup>3</sup> yfir daginn, en varmaskiptarásir orkuveranna afkasta því að fylla þá aftur yfir nóttina án teljandi vandræða.

### 12.1.2. Fjárfesting

Stærri ketill til framleiðslu gufuteppis yfir vatnsborð geyma er forsenda þess að þetta rekstrarform gangi upp þar sem lækun vatnsborðs í þeim er rúmlega 1,3 m í hverjum tanki. Ketillinn þarf að afkasta því að fylla rúmlega 1.300 m<sup>3</sup> á 11 klst. til viðbótar við frí-rýmið, þá 969 m<sup>3</sup> sem fyrir eru, af gufu við ca. 30 mb. yfirþrýsting.

### 12.1.3. Arðsemi

4.000 kWh á sólarhring sem verðlagðar eru á 16 kr/kWh samsvara 64.000 króna sparnaði í keyptu afli pr. sólarhring. Á ársgrundvelli miðað við 5 mánaða keyrslu orkuvera á þennan hátt skilar þetta rekstrarplan um 9,6 milljóna króna sparnaði á keyptu toppafli.

## 12.2. Rekstrarplan 2

Í þessu rekstrarplani fyrir OV-5 yfir einn sólarhring er raforkuframleiðsla orkuversins keyrð upp um 0,5 - 1 MW á klukkustund á þeim tímum þegar raforkuþörfin er í hámarki. Utan þess tíma er vélin keyrð með nánast sama hætti og hún er keyrð í dag með tilliti til raforkuframleiðslu og úttektar lágþrýstigufu inn á varmaskiptarásir. Samanborið við rekstrarplan 1, þá er ávinningurinn aðeins 0,5 MWh á dag, en kostnaðurinn margfaldast um leið. Það er vegna þess að þegar framleiðslan á heitu vatni hættir að halda í við notkunina, fer að ganga á byrgðir miðlunargeymanna og það, hversu mikið vatnsborðið lækkar á hverjum sólarhring, ræður því hversu mikið þarf að stækka tankplássið til þess að halda út þetta 5 mánaða álagstímabil frá nóvember - mars. Í planinu má sjá vatnsstöðu miðlunargeyma, meðal-vatnsnotkun inn á dreifikerfin samkvæmt spá fyrir árið 2020 og framleitt vatnsmagn frá orkuverum inn á miðlunargeyma, ásamt raforkuframleiðslunni sem vél 11 í OV-5 er að skila.



Tankastaða - Rekstrarplan 2				
Takmörkuð vatnsframleiðsla í OV-5				
Tími	Vatnsstaða m <sup>3</sup>	Notkun m <sup>3</sup> /klst.	Að tönkum m <sup>3</sup> /klst.	Framl. OV-5 MWe
10:00	20.400,0	1.357,2	1.214,2	28
11:00	20.257,0	1.357,2	1.214,2	28
12:00	20.114,0	1.357,2	1.214,2	28
13:00	19.970,9	1.357,2	1.329,0	27,5
14:00	19.942,7	1.357,2	1.329,0	27,5
15:00	19.914,4	1.357,2	1.329,0	27,5
16:00	19.886,1	1.372,5	1.214,2	28
17:00	19.727,8	1.372,5	1.214,2	28
18:00	19.569,5	1.372,5	1.214,2	28
19:00	19.411,2	1.372,5	1.084,9	28,5
20:00	19.123,6	1.372,5	1.214,2	28
21:00	18.965,3	1.311,6	1.420,6	27
22:00	19.074,3	1.311,6	1.420,6	27
23:00	19.183,3	1.311,6	1.420,6	27
00:00	19.292,3	1.311,6	1.420,6	27
01:00	19.401,3	1.311,6	1.420,6	27
02:00	19.510,3	1.311,6	1.420,6	27
03:00	19.619,3	1.311,6	1.420,6	27
04:00	19.728,3	1.311,6	1.420,6	27
05:00	19.837,3	1.311,6	1.420,6	27
06:00	19.946,3	1.311,6	1.420,6	27
07:00	20.055,3	1.311,6	1.420,6	27
08:00	20.164,3	1.311,6	1.420,6	27
09:00	20.273,4	1.311,6	1.420,6	27

Tafla 9 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við Rekstarplan 2, yfir einn sólarhring

Mánuður	Vatnsstaða í byrjun mánaðar m <sup>3</sup>	Gufurými yfir vatnsborði m <sup>3</sup>
Nóvember	20.400	1.938
Desember	16.602	5.736
Janúar	12.677	9.661
Febrúar	8.753	13.585
Mars	5.081	17.257
Apríl	1.410	20.928

Tafla 10 Vatnsstaða tanka í byrjun hvers mánaðar tímabils miðað við rekstrarplan 2



Tafla 10 sýnir vatnsstöðu miðlunargeyma og gufurými fyrir ofan vatnsborð í upphafi hvers mánaðar miðað við að keyrt sé eftir rekstrarplani 2 í þá 150 daga sem álagstímabilið stendur.

### 12.2.1. Ávinningur

Með þessari keyrslu vélarinnar er bætt í raforkuframleiðsluna sem nemur um 4.500 kWh pr. dag, en þó á kostnað vatnsforðans í miðlunargeymum. Með þessu móti rýrnar vatnsforði miðlunargeymanna um tæplega 127 m<sup>3</sup> á sólarhring, 3.798 m<sup>3</sup> á mánuði, eða um 18.990 m<sup>3</sup> yfir álagsmánuðina 5 frá byrjun nóvember til loka mars.

### 12.2.2. Fjárfesting

Til þess að þetta gangi upp, þarf að lágmarki að tvöfalda tankapláss miðlunargeymanna og er þá rétt rúmlega 1.400 m<sup>3</sup> af vatni eftir á tönkum í byrjun apríl, þegar þörfin fyrir þetta rekstrarform orkuveranna er ekki lengur fyrir hendi. Einnig er þörf á stærri og hagkvæmari katli til þess að framleiða gufuteppi í þá rúmmálsaukningu sem lækkun vatnsborðsins í tönkunum veldur.

Gengið verður út frá nýtanlegu rúmmáli miðlunargeyma upp á 20.400 m<sup>3</sup>, en þá er heildar rými tankanna með frí-rými um 22.340 m<sup>3</sup>. Afköst rafmagnsketils þurfa að vera nægjanleg til þess að framleiða gufuteppi fyrir þá rétt um 20.940 m<sup>3</sup> sem verða til þegar vatnsborð tankanna er í lágmarki í lok mars.

### 12.2.3. Arðsemi

Ef hver kWh er verðlögð á 16 kr, eins og gert er ráð fyrir út frá spá um þróun verðs á toppafli, skilar þessi 4.500 kWh sólarhringsaukning í raforkuframleiðslu um 72.000 krónum í sparnað á keyptu afli á sólarhring. Ef teknir eru allir álagsmánuðirnir sem þessi keyrsla stendur yfir, skilar hún um 10,8 milljóna króna sparnaði á ársgrundvelli.

Ekki verður lagt í það að reikna út nákvæmlega hversu lengi tankarnir eru að fyllast aftur, enda eru 7 mánuðir sá tími sem fyrir hendi er. Miðað við þá staðreynd að bæði raforkuþörfin og heitavatnsnotkunin er mun minni utan þessara fimm álagsmánaða, gefur það möguleika á meiri vatnssöfnun og má áætla að það verk taki ekki nema um 3 mánuði.

### 12.3. Rekstrarplan 3

Rekstarplan 3 gerir ráð fyrir rekstrarformi sem ekki er mögulegt í dag vegna þeirra takmarkana sem gufupúði jarðvarmageymisins veldur. Yfir nóttina þegar raforkupörf markaðarins er í lágmarki, er nauðsynlegt að keyra raforkuframleiðsluna í vél 12 í OV-6 niður að einhverju marki til þess að spara gufupúðann í jarðvarmageyminum. Rekstarplanið er þó haft með hér til þess að sjá hvað hægt væri að gera ef gufupúðinn leyfði meiri upptöku. Með þessu móti er hægt að bæta raforkuframleiðsluna umtalsvert á þeim tímum sem raforkupörfin er í hámarki ásamt því að afkasta þeirri vatnsframleiðslu sem nauðsynleg er. Rekstarplanið byggir á því að vatnsstaða tankanna verði kominn í topp í byrjun hvers sólarhrings, en forsenda þess er eins og áður sagði, að hægt sé að taka meira út úr vél 12 yfir nóttina en nú er mögulegt.

Tankastaða - Rekstrarplan 3				
Takmörkuð vatnsframleiðsla í OV-5				
Tími	Vatnsstaða m <sup>3</sup>	Notkun m <sup>3</sup> /klst.	Að tönkum m <sup>3</sup> /klst.	Framl. OV-5 MWe
10:00	10.200,0	1.357,2	1.084,9	28,5
11:00	9.927,7	1.357,2	1.084,9	28,5
12:00	9.655,4	1.357,2	1.084,9	28,5
13:00	9.383,1	1.357,2	1.329,0	27,5
14:00	9.354,8	1.357,2	1.329,0	27,5
15:00	9.326,6	1.357,2	1.329,0	27,5
16:00	9.298,3	1.372,5	1.084,9	28,5
17:00	9.010,7	1.372,5	1.084,9	28,5
18:00	8.723,2	1.372,5	1.084,9	28,5
19:00	8.435,6	1.372,5	1.084,9	28,5
20:00	8.148,0	1.372,5	1.084,9	28,5
21:00	7.860,4	1.311,6	1.420,6	27
22:00	7.969,4	1.311,6	1.420,6	27
23:00	8.078,4	1.311,6	1.544,3	26,5
00:00	8.311,2	1.311,6	1.544,3	26,5
01:00	8.543,9	1.311,6	1.544,3	26,5
02:00	8.776,6	1.311,6	1.544,3	26,5
03:00	9.009,4	1.311,6	1.544,3	26,5
04:00	9.242,1	1.311,6	1.544,3	26,5
05:00	9.474,9	1.311,6	1.544,3	26,5
06:00	9.707,6	1.311,6	1.544,3	26,5
07:00	9.940,4	1.311,6	1.544,3	26,5
08:00	10.173,1	1.311,6	1.420,6	27
09:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27

Tafla 11 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við Rekstarplan 3, yfir einn sólarhring

### 12.3.1. Ávinningur

Með þessu rekstrarplani er raforkuframleiðslan aukin frá því sem nú er um 8 MWh yfir daginn á þeim tímum þegar raforkuþörfin er mest, án þess þó að auka þurfi tankapláss miðlunargeyma. Vatnsstaða geymanna fer lægst niður í um 7.860 m<sup>3</sup> yfir daginn, en varmaskiptarásir orkuveranna afkasta því að fylla þá aftur yfir nóttina.

### 12.3.2. Fjárfesting

Stærri ketill til framleiðslu gufuteppis yfir vatnsborð miðlunargeyma er forsenda þess að þetta rekstrarform gangi upp. Ketillinn þarf að afkasta því að fylla 2.340 m<sup>3</sup> á 11 klst. til viðbótar við frí-rýmið, þá 969 m<sup>3</sup> sem fyrir eru, af gufu við ca. 30 mb. yfirþrýsting og má reikna með 600 kW katli til þess að afkasta þessari framleiðslu.

### 12.3.3. Arðsemi

8.000 kWh á sólarhring sem verðlagðar eru á 16 kr/kWh samsvara 128.000 króna sparnaði í keyptu afli pr. sólarhring. Á ársgrundvelli miðað við 5 mánaða keyrslu orkuvera á þennan hátt skilar þetta rekstrarplan um 19,33 milljóna króna sparnaði á keyptu afli.

## 12.4. Núverandi rekstrarform

Til þess að auðveldara sé að gera sér grein fyrir ávinningi þeirra rekstrarplana sem sett hafa verið upp hér að framan, er gott að hafa til samanburðar núverandi rekstrarform raforku- og heitavatnsframleiðslu. Eins og í fyrri rekstrarplönunum, er gert ráð fyrir því rennsli sem áætlað er að verði árið 2020 út frá gefnum forsendum þar um.

Tankastaða				
Miðað við núverandi keyrslu				
Tími	Vatnsstaða m <sup>3</sup>	Notkun m <sup>3</sup> /klst.	Að tönkum m <sup>3</sup> /klst	Framl. OV-5 MWe
10:00	10.200,0	1.357,2	1.329,0	27,5
11:00	10.171,7	1.357,2	1.329,0	27,5
12:00	10.143,5	1.357,2	1.329,0	27,5
13:00	10.115,2	1.357,2	1.329,0	27,5
14:00	10.087,0	1.357,2	1.329,0	27,5
15:00	10.058,7	1.357,2	1.329,0	27,5
16:00	10.030,4	1.372,5	1.329,0	27,5
17:00	9.986,9	1.372,5	1.329,0	27,5
18:00	9.943,3	1.372,5	1.329,0	27,5
19:00	9.899,8	1.372,5	1.329,0	27,5



20:00	9.856,3	1.372,5	1.329,0	27,5
21:00	9.812,7	1.311,6	1.420,6	27
22:00	9.921,7	1.311,6	1.420,6	27
23:00	10.030,7	1.311,6	1.420,6	27
00:00	10.139,7	1.311,6	1.420,6	27
01:00	10.248,7	1.311,6	1.420,6	27
02:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
03:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
04:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
05:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
06:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
07:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
08:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27
09:00	10.200,0	1.311,6	1.420,6	27

Tafla 12 Vatnsstaða og raforkuframleiðsla miðað við núverandi rekstrarform

### 13. HÖNNUN OG STAÐSETNING Á NÝJUM VATNSTÖNKUM

Gengið er út frá forsendum sem um getur varðandi rekstrarplan 2 í lið 12.2, að bæta eigi raforkuframleiðsluna á álagstímum um 4,5 MWh á sólarhring, en þá þarf að tvöfalda tankplássið úr 10.200 m<sup>3</sup> í 20.400 m<sup>3</sup>.

Gert er ráð fyrir að nýir tankar verði smíðaðir úr stáli, einangraðir með steinull og klæddir með áli. Stálið hefur ýmsa kosti umfram steypa tanka, svo sem að auðveldara er að forsmíða einingar og samsetning á byggingarstað tekur yfirleitt mjög stuttan tíma. Einnig er stál vatnspéttara efni en steypa, sérstaklega þar sem um mikinn þrýsting er að ræða. Síðast, en ekki síst, þá er stál léttara byggingarefni en steypa, bæði með tilliti til tog- og þrýstistyrkleika, en þeir eiginleikar stálsins eru eftirsóknarverðir, sérstaklega þegar um er að ræða upphækkaða tanka þar sem jarðskjálftaálag er mikið.

Hægt er að sjá fyrir sér tvær mögulegar útfærslur varðandi forðatanka með tilliti til hagkvæmni.

1. Nýir tankar, 10.200 m<sup>3</sup> að nýtanlegu rúmmáli, verða reistir til viðbótar við núverandi tanka á Fitjum, en þar er einnig dælustöðin fyrir dreifikerfin ásamt rafskautakatli til þess að viðhalda gufuteppinu í tanktoppum. Sá ketill sem er fyrir hendi er reyndar of lítill og þarf því að fjárfesta í stærri rafskautakatli þar.



Fyrirsjáanlegir kostnaðarliðir við framkvæmd:

- a) Efniskostnaður nýrra tanka.
  - i. Stálplötur, 3000x6000, 6 – 14 mm efnisþykkt.
  - ii. Timburgrind utan á tanka fyrir einangrun og klæðningu.
  - iii. Steinullareinangrun, 2x75 mm efnisþykkt.
  - iv. Álklæðning, hefðbundið báruál.
- b) Stærri rafskautaketill til framleiðslu gufuteppis.
- c) Kostnaður við samsetningu og frágang á tönkum (eitt vinnusvæði).
  - i. Járnvinna við samsetningu.
  - ii. Vinna við timburgrind, einangrun og klæðningu.
  - iii. Sandblástur og yfirborðsmeðhöndlun stáls í tankrými.

2. Reistir verða forðatankar fyrir hverja grein dreifikerfisins við þær byggðir sem þeir fæða, helst þannig staðsettir að hægt væri að spara dæluafli til dreifingar og yrði stærð hvers tanks í samræmi við vatnsneyslu þeirra byggða sem þeir fæða. Núverandi tankar á Fitjum væru þá hugsaðir sem áfyllingartankar fyrir þessa nýju tanka þegar yfirborð þeirra lækkar niður fyrir gefin viðmiðunarmörk. Fitjatankarnir yrðu einnig að þjóna hlutverki forðatanka fyrir flugvallarsvæði, flugstöð ásamt byggðum í Keflavík og Njarðvíkum, sökum nálægðar við þessa byggðakjarna. Væri þá hægt að hugsa sér að byggður yrði sameiginlegur tankur fyrir Sandgerði og Garðinn og annar fyrir Voga. Samhliða byggingum tankanna, þyrfti að fjárfesta í tveimur rafskautakötlum til framleiðslu gufuteppis fyrir viðkomandi tanka til viðbótar við þann á Fitjum sem þarf einnig að stækka. Einhver vinna yrði einnig við það að tengja núverandi dreifilagnir þessara byggðakjarna inn á tanka. Þá er spurning með hitastig vatns að tönkum við þessar byggðir og hvernig eða hvort það verður kælt fyrir dreifingu, þar sem ekkert bakrásarvatn er þar fyrir hendi.

Þar sem rúmlega 2/3 hlutar þess rennslis sem fer inn á einfalt dreifikerfi fer að Keflavík og Njarðvíkum, er nokkuð ljóst að einnig þarf að stækka tankaplássið á Fitjum til þess að hægt sé að anna vatnspörf þeirra byggðakjarna.



Fyrirsjáanlegir kostnaðarliðir við framkvæmd:

- a) Efniskostnaður nýrra tanka.
  - i. Stálplötur, 3000x6000, 6 – 14 mm efnisþykkt.
  - ii. Timburgrind utan á tanka fyrir einangrun og klæðningu.
  - iii. Steinullareinangrun, 150 mm efnisþykkt.
  - iv. Álklæðning, hefðbundið báruál.
- b) Þrír nýir rafskautakatlar.
- c) Hugsanleg kaup á nýjum dælustöðvum til dreifingar.
- d) Kostnaður við samsetningu og frágang á tönkum (þrjú vinnusvæði).
  - i. Járnvinna við samsetningu.
  - ii. Vinna við timburgrind, einangrun og klæðningu.
  - iii. Sandblástur og yfirborðsmeðhöndlun stáls í tankrými.
  - iv. Tenging lagna dreifikerfis inn á tanka við byggðir.

### 13.1. Vangaveltur um staðsetningu vatnstanka

Þegar málið er skoðað betur, er sú hugmynd að fara með miðlunartanka út frá Fitjasvæðinu ekki til bóta. Má nefna því til rökstuðnings að kostnaður við tankasmíðina er síst minni þegar færa þarf framkvæmdasvæðið á milli staða í stað þess að byggja á einum stað. Stækka þarf tankaplássið á Fitjum hvort sem er og þar sem sólarhringsrennsli að Vogum er ekki nema 2.635 m<sup>3</sup> og sólarhringsrennsli að Sandgerði og Garði er um 6.200 m<sup>3</sup> miðað við áætlun rennslis fyrir árið 2020, er það aðeins lítil hluti af heildarrennslinu um dreifikerfið. Fjárfesting í rafmagnskötlum verður nærri þreföld í stað þess að fjárfest væri í einum stærri katli við Fitjar. Síðast en ekki síst, þá er núverandi dælustöð á Fitjum með öllum þeim dælu- og lokabúnaði sem þarf til blöndunar og dreifingar. Ljóst er því að einfaldast og ódýrast er að öllu leiti að stækka tankarýmið á Fitjum.

Nýir vatnstankar yrðu sömu eða svipaðrar hönnunar og þeir sem fyrir eru. Sjálfsagt má færa bæði mörg og misjöfn rök fyrir því hversu marga tanka sé vænlegast að reisa fyrir þetta vatnsmagn. Má þar nefna rök sem lúta bæði að sjónrænum áhrifum af völdum mannvirkjana, rekstraröryggi og fleira í þeim dúr. Einnig má ætla að ekki sé



hagkvæmt að fara með stærð tankanna yfir einhver mörk sem lúta að burðarþoli slíkra mannvirkja.

## 14. KOSTNAÐARÁÆTLANIR VARÐANDI TANKA OG PÍPULÖGN

### 14.1. Vatnstankar - Stálvinna

Þegar leitað var eftir kostnaðaráætlun í byggingu nýrra vatnstanka, var ekki ljóst hversu stórir þeir hugsanlega þyrftu að vera. Því var leitað eftir heildartilboðum sem voru það almenns eðlis að auðvelt væri að uppfæra kostnað miðað við stærð tanka. Vélsmiðjan Grímur ehf. á Húsavík sá um gerð kostnaðaráætlunar við smíði hugsanlegra vatnstanka, en það fyrirtæki hefur unnið mikla járnsmíðavinnu fyrir jarðvarmavirkjanir, bæði á norður- og suðurlandi.

Kostnaðaráætlun við stálvinnuna byggir á massa þess stáls sem notað er í smíðina. Massinn er síðan margfaldaður með stuðli sem byggir á reynslutölum frá vélsmiðjunni og fer eftir því hversu mikið magn er af skurði, suðum og auka-handtökum. Kostnaðaráætlunin gerir ráð fyrir völsun á stálplötum, festingum fyrir klæðningu utan á tanka og mannopum ásamt yfirborðsmeðhöndlun stálsins í tankrými.

Þrýstingur í jafn-dreifðum vökva sem er ekki á hreyfingu, breytist einungis með lóðréttri fjarlægð frá yfirborði vökvans og er óháður lögun tanksins sem hann er í. Þrýstingurinn er sá sami, allsstaðar í gefnu, láréttu plani í vökvanum og eykst með dýpi (White, 2008). Af þessari ástæðu er höfð mismunandi efnisþykkt stálsins í tankveggjum og til að mynda er 14 mm efnisþykkt í neðsta plötustáli núverandi Fitjatanka, en minnkar eftir því sem ofar dregur í tankvegginn þar til hún endar í 6 mm efst.

**Kostnaðaráætlun í stálvinnu og yfirborðsmeðhöndlun stáls er 1.500 kr/kg og er það heildarkostnaður með efni og vinnu.**



## 14.2. Vatnstankar – Einangrun og klæðning

S.S. Verktaki, rótgróið fyrirtæki í byggingariðnaði, sá um gerð kostnaðaráætlunar í klæðningu tankanna sem tekur til uppsetningar á trégrind, einangrunar með 150 mm steinull og hefðbundinnar álklaðningar. Fyrirtækið hefur verið á byggingamarkaði síðan 1942 og hefur því mikla reynslu í gerð kostnaðaráætlana af ýmsu tagi.

**Kostnaðaráætlunin varðandi klæðningarþáttinn hljóðar upp á 15.000 kr/m<sup>2</sup> og er þar gert ráð fyrir heildarkostnaði með efni, vinnu og aðstöðu.**

## 14.3. Njarðvíkuræð II - DN600

Jarðvinnufyrirtækið Steypustál ehf. sá um gerð kostnaðaráætlunar við hugsanlega lagningu nýrrar DN600 mm Njarðvíkuræðar. Áætlunin er mjög lauslega unnin út frá uppreiknuðum gögnum verktakans við lagningu Nesjavallaæðar sem hann sá um að hluta til, enda miðað við þau rekstrarplön sem gert er ráð fyrir í þessu verkefni, ekki þörf á sverun æðarinnar.

Pípustálið er keypt frá Danmörku, óeinangraðar 16 m pípur, en þær eru síðan einangraðar með 65 mm steinullarstöfum og að lokum klæddar með álkápu. Undirstöður þurfa að vera undir pípunni, 1 stk. á hverja 16-20 m rörs og er þar um að ræða kefli sem gera pípunni kleift að hreyfast til eftir þenslu hennar. Höfuðfestur eða svo kölluð ankeri þurfa einnig að vera með reglulegu millibili til þess að takmarka færslu pípunnar við hitaþenslu. Festur og undirstöður eru steyptar niður á sökkla til þess að tryggja festu þeirra.

Kostnaðaráætlunin gerir ráð fyrir að kostnaður við hverja 16 m af pípu sem búið er að einangra og klæða sé um 700.000 krónur og kostnaður við undirstöður og festur fyrir hverja 16 metra rörs sé um 300.000 krónur, lauslega áætlað.

**Kostnaðaráætlunin varðandi lagningu nýrrar pípu hljóðar upp á 1.000.000 kr. pr. 16 m rörs og er þar gert ráð fyrir heildarkostnaði með efni, vinnu og aðstöðu.**

**Heildarkostnaður við 12.000 m yrði því samkvæmt tilboði um 750 milljónir króna.**





## 15. ARÐSEMI FRAMKVÆMDA

### 15.1. Kostnaðargreining - Rekstrarplan 1

Samkvæmt þessu plani sem sett er fram í lið 12.1, er raforkuframleiðslan aukin um 4.000 kWh pr. sólarhring. Ekki er þörf á því að stækka rúmmál miðlunargeyma, en stækka þarf rafmagnsketilinn til þess að mæta aukinni gufuframleiðslu eftir því sem vatnsborðið lækkar.

Forsendur:

- ✓ Heildar tankarými miðlunargeyma er 10.200 m<sup>3</sup> af nýtanlegu rúmmáli.
- ✓ Nýr rafmagnsketill er 400 kW að stærð.

#### *Stofnkostnaður*

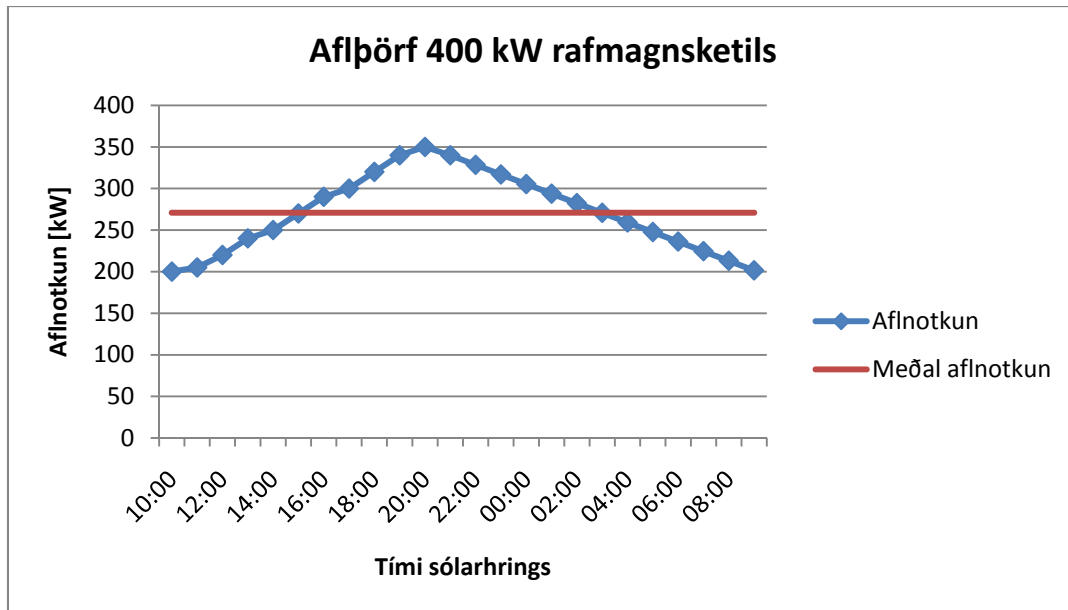
Kostnaður við nýjan 400 kW ketil er í kringum 4,0 milljónir króna án vsk. samkvæmt upplýsingum frá Varma og Vélaverk ehf. og er inni í því verði uppsetning og tengingar ketilsins.

#### *Raforkunotkun*

Rekstrarkostnaður vegna raforkunotkunar er mismunandi eftir því hversu stórt rými ketillinn þarf að framleiða gufu fyrir hverju sinni.

Lægsti raforkukostnaður er þegar tankar eru fullir og gufurýmið fyrir ofan vatnsborðið er um 969 m<sup>3</sup>. Þá þarf ketillinn aðeins að viðhalda gufuteppinu í rýminu eftir því sem það rýrnar, aðallega vegna varmaleiðni um þak.

Lækkun vatnsborðs í tönkunum nemur rúmmum 1.300 m<sup>3</sup> á 11 klst. sem er að meðaltali tæplega 119 m<sup>3</sup>/klst. Þegar vatnsborðið er lægst, eru um 8.895 m<sup>3</sup> af vatni á tönkunum og á sama tíma er rými gufuteppisins um 2.274 m<sup>3</sup>. Gert er ráð fyrir að ketillinn þurfi að framleiða um 75 kg. af gufu á klst. Þann tíma sem vatnsborðið er að lækka í tönkunum til þess eins að mæta rúmmálsaukningu og að auki um 1/3 af rúmmáli frí-rýmis hverju sinni til þess að mæta varmatapi. Afkastageta 400 kW ketils er rúmlega 600 kg af gufu á klst. en meðal aflþörf yfir árið miðað við þá notkun sem lýst er hér að framan er um 238 kW, sem gefur meðal raforkunotkun upp á um 5.700 kWh á dag. Á grafinu hér á eftir má sjá aflþörf ketilsins og hvernig hún dreifist yfir sólarhringinn á þessu 5 mánaða álagstímabili.



Mynd 32 Aflþörf 400 kW ketils

Núverandi rafskautaketill á Fitjum er 200 kW að stærð og keyrir nánast allan sólarhringinn til þess að viðhalda gufuteppinu. Gert er ráð fyrir keyrslutíma um 20 klst. pr. sólarhring, en það gefur raforkunotkun upp á 4.000 kWh á dag.

Því er gert ráð fyrir aukningu í orkunotkun ketils sem nemur um 1.700 kWh á dag sem kemur þá til frádráttar þeim 4.000 kWh sem vinnast í raforkuframleiðslu með breyttu rekstrarformi. Miðað við þessar forsendur er hægt að gera ráð fyrir 2.300 kWh aukningu í raforkuframleiðslu.

#### ***Annar rekstrarkostnaður***

Rekstrarkostnaður vegna vinnu og varahluta tengdum rafskautakatli á Fitjum hefur talið í kringum 2 milljónir á ári undanfarin þrjú ár. Ef fjárfest yrði í nýjum, 400 kW katli myndi viðhaldskostnaður honum tengdum vera hverfandi fyrstu 5 árin í rekstri. Eftir það mun hann að öllum líkindum síga upp til samræmis við það sem hann er nú.

#### ***Kostnaður við dæluverkstur***

Ekki er gert ráð fyrir stórvægilegum breytingum á dæluverkstri orkuveranna að jafnaði yfir álagstímabilið.

#### ***Hagnaður***

Hagnaðurinn af 4.000 kWh í aukinni raforkuframleiðslu, ef tekið er mið af aukinni raforkunotkun ketils og reiknað er með 16 kr/kWh verður þá 36.800 krónur pr. sólarhring. Á 5 mánaða tímabili sem jafngildir ársgrundvelli nemur hagnaðurinn 5,56 milljónum króna.



## 15.2. Arðsemi – Rekstrarplan 1

Þar sem fjárfestingin er ekki meiri en sem nemur 4 milljónum króna, er ekki gert ráð fyrir því í þessu tilfalli að lán sé tekið fyrir framkvæmdinni. Ekki þykir heldur ástæða til þess að núvirða fjárfestinguna þar sem hún skilar sér til baka á innan við einu ári, nánar tiltekið á 109 dögum.

### REKSTRARPLAN 1

36.800	Hagnaður/Sparnaður í raforkukaupum pr. dag
5.556.800	Hagnaður/Sparnaður í raforkukaupum pr. ár
4.000.000	Fjárfestingarkostnaður (Ketill til gufuframleiðslu)
72,0%	Hlutfall kostnaðar vegna fjárfestingar af hagnaði/sparnaði á ársgrundvelli
109	Fjöldi daga sem fjárfestingin skilar sér, án núvirðingar

## 15.3. Kostnaðargreining - Rekstrarplan 2

Samkvæmt því rekstrarplani sem sett er fram í lið 12.2, er raforkuframleiðsla OV-5 aukin um sem nemur 4,5 MWh pr. sólarhring, en sú aukning hefur í för með sér að afköst vatnsframleiðslunnar í Svartsengi duga ekki til að toppa upp vatnsforða miðlunargeyma á Fitjum yfir nóttina. Því þarf að auka tankarýmið og samhliða því að fjárfesta í stærri og hagkvæmari katli.

Forsendur:

- ✓ Heildar tankarými miðlunargeyma er 20.400 m<sup>3</sup> af nýtanlegu rúmmáli.
- ✓ Smíðaðir verða þrjú nýir tankar, 3.400 m<sup>3</sup> hver að nýtanlegu rúmmáli.
- ✓ Nýr rafmagnsketill er 800 kW að stærð.
- ✓ Álagstímabil í raforkuframleiðslu er 5 mánuðir og stendur frá byrjun nóv. til byrjun apríl. Á tímabilinu er vatnsframleiðsla takmörkuð frá OV-5.
- ✓ Reiknað er með að 3 mánuði taki að fylla miðlunargeymana aftur eftir tímabilið, eða fram í byrjun júlí.

### *Stofnkostnaður - Tankar*

Gerð var teikning af einum tanki í þrívíddar-teikniforritinu Autodesk Inventor til þess að fá vitneskju um þann massa stáls sem fer í smíðina. Niðurstaðan var rétt um 120 tonn, en til þess að mæta hugsanlegum vanáætlunum varðandi styrktarbita, festur fyrir klæðningu, mannop o.fl. verður gert ráð fyrir 130 tonnum af stáli í hvern tank.

Kostnaður við stálvinnu pr. tank er því samkvæmt tilboði:

$$1.500 \text{ kr/kg} * 130.000 \text{ kg} = 195 \text{ milljónir.}$$

Yfirborðsflötur tankveggja er reiknaður samkvæmt jöfnunni:

$$A = \pi \cdot d \cdot h$$

$$A = \pi \cdot 20,37 \cdot 10,92 = 698 \text{ m}^2$$

Yfirborðsflötur á tankþaki er reiknaður samkvæmt jöfnunum:

$$s = \sqrt{r^2 + h^2}$$

$$s = \sqrt{10,175^2 + 2,684^2} = 10,53 \text{ m}$$

$$A = \pi \cdot s \cdot r$$

$$A = \pi \cdot 10,53 \cdot 10,175 = 336,6 \text{ m}^2$$

Samtals flatarmál sem þarf að einangra og klæða er þá:

$$698 \text{ m}^2 + 336,6 \text{ m}^2 = 1.034,6 \text{ m}^2$$

Kostnaður við einangrun og klæðningu pr. tank er samkvæmt kostnaðaráætlun:

$$15.000 \text{ kr/m}^2 * 1.034,6 \text{ m}^2 = 15,52 \text{ milljónir.}$$

Heildarkostnaður við smíði á einum tanki með einangrun og klæðningu er því:

$$195 \text{ millj.} + 15,52 \text{ millj.} = 210,52 \text{ milljónir.}$$

Samtals kostnaður við smíði á þremur nýjum tönkum sem hver er um  $3.723 \text{ m}^3$  að heildar-rúmmáli og  $3.400 \text{ m}^3$  að nýtanlegu rúmmáli er því um 631,56 milljónir króna.



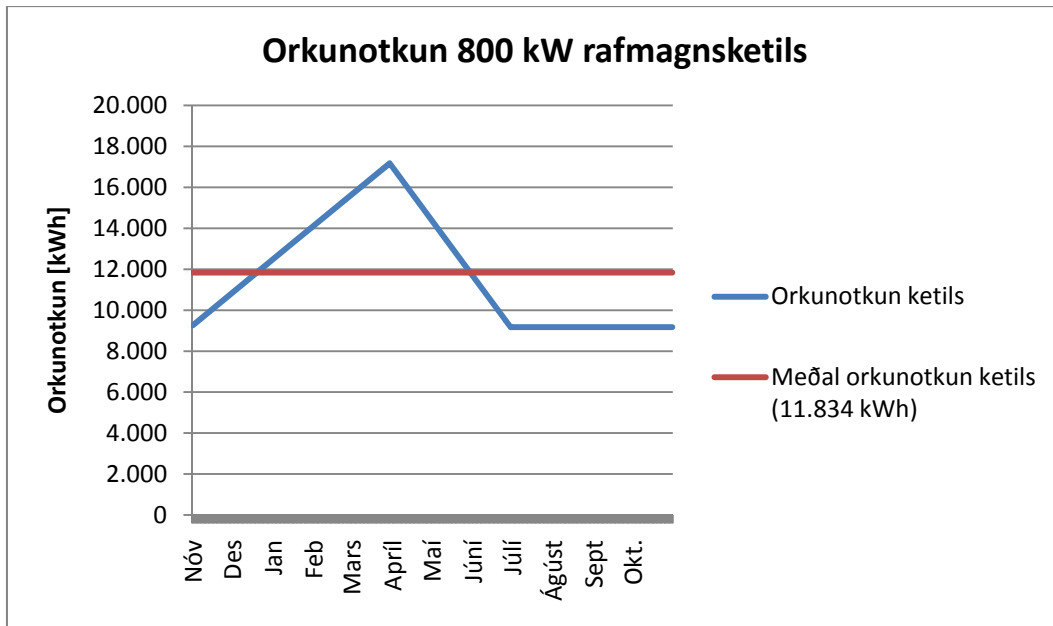
### *Stofnkostnaður – Ketill*

Kostnaður við nýjan 800 kW ketil er lauslega áætlaður um 6,0 milljónir króna án vsk. samkvæmt upplýsingum frá Varma og Vélaverk ehf. og er í því verði gert ráð fyrir uppsetningu og tengingum.

### *Raforkunotkun*

Raforkunotkun ketilsins eykst án efa eftir því sem líður á þá 5 mánuði sem vatnsborð tankanna er að lækka, en það sem hann þarf fyrst og fremst að afkasta er framleiðsla gufu sem nemur lækkun vatnsborðs um  $1.435 \text{ m}^3$  á hverjum sólarhring til viðbótar við rými gufuteppis. Þetta er lækkun sem á sér stað á 11 klst. tímabili frá klukkan 10:00 – 21:00 á hverjum sólarhring, en svo bætist í framleiðsluna og nemur heildar lækkun vatnsborðs í tönkum því um  $127 \text{ m}^3$  á hverjum sólarhring.

$1.435 \text{ m}^3$  lækkun vatnsborðs á 11 klst. samsvarar um  $130 \text{ m}^3$  pr. klst. og má gera ráð fyrir um 80 kg gufuframleiðslu pr. klst. til þess að fylla það rými. Að auki þarf ketillinn að framleiða sem nemur um  $1/3$  af frí-rýminu fyrir ofan vatnsborð til þess að vinna upp varmatap og viðhalda gufuteppinu. Þegar líður á eykst rými gufuteppisins og í lok þessa 5 mánaða álagstímabils er það orðið um  $20.940 \text{ m}^3$ . 800 kW ketill afkastar um 1.200 kg af gufu á klst. en meðal aflþörf miðað við þetta rekstrarform er um 490 kW sem gefur meðal raforkunotkun upp á 11.760 kWh yfir sólarhringinn. Á grafinu hér á eftir má sjá orkunotkun ketilsins og hvernig hún dreifist yfir árið. Frá Nóvember og út mars er vatnsborð tankanna að lækka og rýmd gufuteppis að aukast, en það kallar á aukna orkuþörf ketilsins. Frá byrjun apríl og út júní er vatnsborð tankanna að hækka og orkuþörf ketilsins minnkar eftir því sem rými gufuteppisins minnkar. Frá byrjun júlí og út september eru tankarnir fullir og vatnsborð stöðugt.



Mynd 33 Orkunotkun 800 kW ketils.

Miðað við raforkunotkun núverandi rafskautaketils upp á 4.000 kWh pr. sólarhring, er þetta aukning sem nemur 7.800 kWh pr. sólarhring sem er langt umfram þær 4.500 kWh sem vinnast með aukinni raforkuframleiðslu.

Vissulega er raunhæfur kostur að sameina vatn á tönkum eftir því sem vatnsborðið lækkar og minnka þannig það rými sem gufufylla þarf eftir því sem líður á tímabilið. Þó er nokkuð víst að vænlegra sé að halda hita á tönkunum til þess að koma í veg fyrir hitaþenslur og þarf þá að dæla gufu inn á þá, þó það sé ekki í því magni sem rekstrarplan 2 gerir ráð fyrir. Ef það er gert er 500 kW rafmagnsketill nógu stór, en hvorki stofnkostnaður né rekstrarkostnaður þess ketils hefur afgerandi áhrif varðandi arðsemi þessarar framkvæmdar eins og sjá má á útreikningum þess efnis hér á eftir.

#### **Annar rekstrarkostnaður**

Gert er ráð fyrir að viðhalds- og varahlutakostnaður sé hverfandi fyrstu 5 árin í rekstri á nýjum rafskautakatli. Eftir það myndi hann að öllum líkindum síga upp á við til jafns við þær 2 milljónir á ári sem viðhald núverandi ketils kostar.

#### **Kostnaður við dælurekstur**

Á því 5 mánaða tímabili sem aukinnar raforkuframleiðslu er krafist, er minna af vatni að fara frá orkuverunum í Svartsengi og því þörfin fyrir keyrslu dælustöðvar fyrir Njarðvíkuræð

væntanlega minni en ella. Hins vegar á því 3ja mánaða tímabili sem áætlað er að taki að fylla geymana aftur má gera ráð fyrir að dælustöðin sé keyrð meira en undir venjulegum kringumstæðum. Í ljósi þess má gera ráð fyrir því að kostnaður við dælurekstur jafnist út að mestu yfir það 8 mánaða tímabil sem það tekur að lækka á tönkum og fylla á þá aftur.

## 15.4. Arðsemi – Rekstrarplan 2

### REKSTRARPLAN 2

72.000	Hagnaður/Sparnaður í raforkukaupum pr. dag
10.872.000	Virði fjárfestingar á ári
637.560.000	Kostnaður, lán tekið og er til: <b>25</b> ára
10%	Vextir af láni
70.238.756	Árleg greiðsla af láni m.v. ofangreindar forsendur (greitt í lok árs)
1.755.968.903	Samtals greitt af láni (ef vextir = 0% á þessi tala að vera jöfn lánsupphæðinni)

Fjárfestingarkostnaður er 637.560.000. Gerum ráð fyrir að lán sé tekið fyrir fjárfestingunni í 25 ár á 10% vöxtum og skoðum hver afborgunin er af slíku láni.

$$PMT = P \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 637.560.000 \cdot \frac{0,1(1+0,1)^{25}}{(1+0,1)^{25} - 1} = 70.177.062 = 70,2 \text{ milljónir á ári}$$

PMT = Afborgun á ári (*payment*)

P = Lánsupphæðin

i = Ársvextir

n = Fjöldi ára

N.B. Gert er ráð fyrir afborgunum í lok hvers árs

Árleg greiðsla er því 70,2 milljónir á ári eða um  $70,2 \cdot 25 = 1,76$  milljarðar yfir 25 ára lánstíma.

Sparnaður (lækkun gjalda) fyrir þessa leið pr. dag er 72.000 kr. eða 10,8 milljónir á ári.

Gerum nú ráð fyrir að þessi sparnaður sé til staðar óendanlega lengi (kallast „**perpetuity**“) þá er hægt að reikna núvirði þessarar upphæðar (10,8 millj./ári) skv. eftirfarandi jöfnu:



$$PV = \frac{P}{i} = \frac{10.872.000}{0,1} = 108.720.000 = 108,7 \text{ milljónir}$$

Því má segja að fjárhagslegur ávinningur sé mjög langt frá kostnaði því mest væri hægt að meta fjárhagslegan ávinning á 108,7 milljónir (sem er í raun ofmat) en kostnaður við framkvæmdalán er um 1,76 milljarðar. Fjárfestingin borgar sig því ekki einu sinni þó að vaxtalaust lán fáist fyrir framkvæmdinni.

Að auki er ekki gert ráð fyrir því í þessum útreikningum að rekstrarkostnaður 800 kW ketils er mun meiri en þess sem nú er í notkun, sem rýrir ávinninginn af framkvæmdinni enn frekar. Það er því óhætt að fullyrða að framkvæmdin á aldrei eftir að greiða niður kostnaðinn við sjálfa sig og verður því að líta til annara þátta með hvort hagkvæmt sé að ráðast í byggingu nýrra tanka.

### 15.5. Arðsemi – Rekstrarplan 3

Varðandi þetta rekstrarplan, þá er gert ráð fyrir samskonar forsendum við kostnaðargreiningu og í rekstrarplani 1, með þeim frávikum þó að ketill til framleiðslu gufuteppis þyrfti að vera um 600 kW í stað 400 kW.

#### REKSTRARPLAN 3

100.800	Hagnaður/Sparnaður í raforkukaupum pr. dag
15.220.800	Hagnaður/Sparnaður í raforkukaupum pr. ár
5.000.000	Fjárfestingarkostnaður (Ketill til gufufframleiðslu)
32,8%	Hlutfall kostnaðar vegna fjárfestingar af hagnaði/sparnaði á ársgrundvelli
50	Fjöldi daga sem fjárfestingin skilar sér, án núvirðingar

Ekki er ástæða til þess að kryfja þetta rekstrarplan sérstaklega þar sem forsendur fyrir því eru ekki fyrir hendi eins og staðan er í dag. Áhugavert er þó að hafa þetta til samanburðar ef mögulegt væri að auka rýmd gufupúðans í jarðvarmageyminum og þar með nýtingu á orkuveri 12.



## 16. NIÐURSTÖÐUR

Auðveldlega hefði verið hægt að stilla upp mörgum og mismunandi rekstrarplönum fyrir orkuverin sem leitt hefði til mismunandi ávinnings varðandi aukningu raforkuframleiðslu og einnig varðandi kostnað við nauðsynlegar framkvæmdir.

Rekstrarplan 1 var valið vegna þess að það er augljóslega hagkvæmasti kosturinn með tilliti til endurgreiðslu. Rekstrarplan 2 sýnir aftur á móti mjög vel hversu fjárhagslega óhagkvæmt verkefnið verður um leið og ráðast þarf í framkvæmdir við stækkun miðlunargeyma miðað við þá orkuaukningu sem kerfið ræður við. Rekstrarplan 3 verður ekki raunhæft fyrr en rýmd gufupúðans í jarðvarmageyminum hefur aukist það mikið að hægt verði að keyra vél 12 á jöfnu álagi allan sólarhringinn.

Út frá niðurstöðum arðsemisútreikninga er nokkuð ljóst að sú framkvæmd að bæta raforkuframleiðsluna um 4 MWh á sólarhring með einungis þeim tilkostnaði að endurnýja ketil til framleiðslu gufuteppis á Fitjum, kemur fjárhagslega best út og er raunar mjög arðbær fjárfesting. Þær fjárfestingar sem ráðast þarf í varðandi smíði á nýjum tönkum, til viðbótar við ketilinn, til þess að auka raforkuframleiðsluna um 4,5 MWh í stað 4 MWh á sólarhring eru töluvert miklar fyrir ekki meiri ávinning en sem nemur 0,5 MWh. Eins og sést í arðsemisútreikningum fyrir rekstrarplan 2, er þetta framkvæmd sem á aldrei eftir að borga sig. Þó er ekki þar með sagt að þessar 0,5 MWh séu eini ávinningurinn við að stækka tankplássið á Fitjum.

Ef framkvæmdin, að auka tankplássið um 10.200 m<sup>3</sup> vatns er hugsuð lengra en einungis hvað varðar þessar 0,5 MWh og hverju þær skila til baka, er margt annað sem vinnst með þeirri framkvæmd sem sumt verður metið til fjár og annað ekki. Rekstraröryggi hitaveitunnar eykst til muna og allar stöðvanir á vatnsframleiðslu vegna rekstrartruflana og fyrirbyggjandi viðhalds verða mun auðveldari. Ekki þarf að tjalda til öllum tiltækum mannskap á öllum tímum sólarhrings til þess að klára þá vinnu á „nýju íslandsmeti“ og það er eitthvað sem hægt er að meta til fjár, svo ekki sé minnst á stór-aukna sálarró vélstjóra og annara starfsmanna sem verður ekki metin til fjár.

Hugsanlegt væri að fara blandaða leið og stækka tankplássið sem nemur 3.400 m<sup>3</sup>, ásamt því að endurnýja og stækka ketilinn á Fitjum í 400 kW. Með því væri búið að auka rekstraröryggi hitaveitunnar samhliða því að fjárfest væri í hagkvæmari katli sem annar



þörfinni fyrir framleiðslu gufuteppis. Það væri framkvæmd upp á 214,52 milljónir og virði framkvæmdarinnar væri það sama og keyrt væri eftir rekstrarplani 1, eða rúmlega 5,5 milljónir á ári. Árleg endurgreiðsla af 25 ára láni yrði í kringum 23,6 milljónir, þannig að þetta væri ekki endilega arðbær framkvæmd nema hugsanlega með tilliti til rekstraröryggis, en heldur ekki dýr.

Önnur hugmynd væri að taka einungis hluta af álagstímabilinu frá nóvember til mars, en þá væri hægt að komast af með minna tankapláss og þannig lægri kostnað. Niðurstaðan er engu að síður alltaf sú að ekki er fjárhagslega hagkvæmt að leggja út í kostnað við byggingu nýrra tanka miðað við þann ávinning sem fæst í aukinni raforkuframleiðslu þar sem sá ávinningur er einfaldlega of lítil og kostnaður of mikill.

Miðað við þau rekstrarplön sem stillt er upp í þessu verkefni reyndist ekki nauðsynlegt að svera Njarðvíkuræðina í DN-600 mm vegna aukins rennslis um hana utan álagstíma.

## 17. UMRÆÐUR OG LOKAORÐ

Þó þeir útreikningar og þau plön sem sett eru upp í þessu verkefni dragi upp ákveðna mynd af þeirri útkomu sem vænta má af framangreindum rekstrarplönunum, er alveg ljóst að raunveruleg útkoma verður ekki eins afgerandi. Það má til dæmis ganga út frá því vísu að árlega kemur upp sú staða yfir vetrartímamann, að keyra þurfi lokahitara orkuvera 2 og 5 yfir einhver tímabil til þess að halda uppi ásættanlegu hitastigi vatns á miðlunargeymum og mæta þannig varmatöpum vegna lágs umhverfishita. Þegar sú staða kemur upp, þarf að taka það mikla gufu út úr vél 11 eftir 3. þrep, eða jafnvel fyrir framan vél, að ekki verður næg gufa til þess að viðhalda þeirri raforkuframleiðslu sem forsendur gera ráð fyrir og draga verður úr henni. Hversu mikið þessi þáttur kemur til með að rýra útreiknaða niðurstöðu er að mestu háð veðurfari, en þetta er eitthvað sem gera þyrfti ráð fyrir.

Þessi verkefnavinna byggðist að hluta á tíðum vettvangsferðum í Svartsengi og spjalli við þá menn sem þar eru með puttana á púlsinum. Sá þáttur var ómetanlegur við gerð verkefnisins og komu þar fram áhugaverð atriði og vangaveltur varðandi rekstur orkuveranna, þær prófanir sem verið er að gera til þess að leysa ýmis vandamál og leiðir til þess að auka arðsemi framleiðslunnar. Athygli vakti hversu oft menn standa frammi fyrir því að fræðilegi

Þátturinn er í engu samræmi við raunverulega útkomu viðkomandi verkefna. Þar er heldur engin undantekning jarðhitasvæðið sjálft sem er án efa stærsti óvissuþátturinn í rekstri orkuversins og mjög erfitt að gera sér grein fyrir viðbrögðum þess við áreiti af manna völdum.

Nokkur atriði komu upp við verkefnavinnuna sem vert er að nefna varðandi orkusparnað við rekstur virkjunarinnar, hvort sem það snýr að nýtingu gufu eða sparnaði á raforku.

- ✓ Notkun vakumdæla í stað gufujektora til þess að ná niður þrýstingi í eimsvala við vél 11 í OV-5 myndi auka það gufumagn sem tiltækt er fyrir raforkuframleiðslu vélarinnar. Nýting gufunnar í jektorunum er það léleg að sennilega kæmi betur út að nýta gufuna til raforkuframleiðslu.
- ✓ Stærri og hagkvæmari ketill á Fitjum væri til orkusparnaðar. Ketillinn væri ekki undir stöðugu álagi til þess að viðhalda gufuteppinu og það myndi einnig spara það vatnsmagn sem glatast við hreinsun útfellinga úr katlinum.
- ✓ Notkun vatnshitara í stað rafskautaketils, sem tekur heitt vatn úr miðlunargeymi og hitar það að suðumarki við um 2 bar yfirþrýsting. Því er síðan flassað yfir loka inn á tankinn aftur til framleiðslu gufuteppis. Gæði flössunar skipta þá litlu máli því það sem ekki eimast, fer inn á tankinn í formi vatns. Stefnan er að prófa þessa aðferð á næstunni við framleiðslu gufuteppis á Grindavíkurgeymi og vonir standa til þess að hún sé mun hagkvæmari en framleiðsla gufuteppis með rafskautakatli.
- ✓ Í rekstri virkjana í Svartsengi hefur reynst best að halda upptöku jarðsjávar í lágmarki, ná fram eins virkri „flössun“ og hægt er og koma sem mestu af vökvanum í niðurdælingu aftur.



## 18. HEIMILDASKRÁ

Alþingi. (2000-2001). *Þskj. 816 # frumskjal iðnrh., 126. lþ. 520. mál: #A stofnun hlutafélags um Hitaveitu Suðurnesja # frv. 10/2001*. Alþingi Retrieved from <http://www.althingi.is/altext/126/s/0816.html>.

Björnsson, O. B. (2008). Nýtni jarðhitavökva til orkuframleiðslu. In D. Ö. Benediktsson (Ed.). *Málþing Jarðhitafélags Íslands 9. des. 2008*.

HS-Orka. HS Orka. *Orkuver 1*, from <http://hsorka.is/HSProduction/Svartsengi/OrkuverI.aspx>

HS-Orka. HS Orka. *Orkuver 2*, from <http://hsorka.is/HSProduction/Svartsengi/OrkuverII.aspx>

HS-Orka. HS Orka. *Orkuver 3*, from <http://hsorka.is/HSProduction/Svartsengi/OrkuverIII.aspx>

HS-Orka. HS Orka. *Orkuver 4*, from <http://hsorka.is/HSProduction/Svartsengi/OrkuverIV.aspx>

HS-Orka. HS Orka. *Orkuver 5*, from <http://hsorka.is/HSProduction/Svartsengi/OrkuverV.aspx>

HS-Orka. HS Orka. *Orkuver 6*, from <http://hsorka.is/HSProduction/Svartsengi/OrkuverVI.aspx>

HS-Orka. (2006). *Hitaveita Suðurnesja - Ársskýrsla 2005*. <http://www.hsorka.is>. Retrieved from <http://www.hsorka.is/images/2005.pdf>

HS-Veitur. Dreifing Ferskvatnsveita.

HS-Veitur. Dreifing Hitaveita.

Háhiti | Íslenskar orkurannsóknir. from <http://www.isor.is/efni/hahiti>

Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2008). Heat Exchanger Modeling Considerations *Fundamentals of Engineering Thermodynamics* (Sixth Edition. ed., pp. 172-173): John Wiley & Sons, Inc.

White, F. M. (2008). *Fluid Mechanics, Sixth Edition*: McGraw Hill.



## 19. VIÐAUKAR

### 19.1. VIÐAUKI A - JÖFNUR

Orkuinnihald vatns:

$$P = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{ov.} - T_{bak.})$$

$P$  = orkuinnihald vatns [kW]

$\dot{m}$  = massastreymi vatns [kg/s]

$c_p$  = eðlisvarmi vatns [kJ / (kg · °C)]

$T_{ov.}$  = hitastig vatns frá orkuveri í Svartsengi

$T_{bak.}$  = hitastig bakrásarvatns frá neytanda (40°C)

Blöndunarhitastig vatns:

$$T_{lok} = \frac{m_1 \cdot C_{p1} \cdot T_1 + m_2 \cdot C_{p2} \cdot T_2}{m_1 \cdot C_{p1} + m_2 \cdot C_{p2}}$$

$T_{lok}$  = blöndunarhitastig [°C]

$m_1$  = massi eða massastreymi vökva 1 [kg], [kg/s]

$C_{p1}$  = eðlisvarmi vökva 1 [kJ/kg · °C]

$T_1$  = hitastig vökva 1 [°C]

$m_2$  = massi eða massastreymi vökva 2 [kg], [kg/s]

$C_{p2}$  = eðlisvarmi vökva 2 [kJ/kg · °C]

$T_2$  = hitastig vökva 2 [°C]

Rúmmál tanka (sívalnings):

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$V$  = rúmmál tanka [ $m^3$ ]

$r$  = radíus grunnflatar [m]

$h$  = hæð tanka [m]



Framleiðslugeta orkuvers út frá magni:

$$\dot{m} = \frac{P}{C_p \cdot (T_{ov.} - T_{bak.})}$$

$\dot{m}$  = massastreymi vatns [kg/s]

$P$  = uppsett varmaafli orkuvers [kW]

$C_p$  = eðlisvarmi vatns [kJ/kg · °C]

$T_{ov.}$  = hitastig vatns frá orkuveri [°C]

$T_{bak.}$  = hitastig bakrásarvatns frá neytanda [°C]

Árlegar afborganir af fjárfestingu á lánstíma:

$$PMT = \frac{P \cdot i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$PMT$  = árleg afborgun á lánstíma [kr.]

$P$  = heildarkostnaður fjárfestingar [kr.]

$i$  = vaxtaþrósentu á lánstíma [%]

$n$  = lánstími (afskriftartími) fjárfestingar [ár]

Orka til upphitunar vatns að suðumarki:

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$Q$  = orka til upphitunar [kW]

$\dot{m}$  = massastreymi vatns [kg/s]

$C_p$  = eðlisvarmi vatns [kJ/kg · °C]

$\Delta t$  = hitabreyting að suðumarki [°C]



Orka til framleiðslu gufu úr vatni:

$$Q = \dot{m} \cdot l$$

$Q$  = orka til gufufframleiðslu [kW]

$\dot{m}$  = massastreymi [kg/s]

$l$  = gufunarvarmi vatns [kJ/kg · °C]

Yfirborðsflötur á tankþaki:

$$s = \sqrt{r^2 + h^2}$$

$$A = \pi \cdot s \cdot r$$

$A$  = yfirborðsflatarmál þaks [m<sup>2</sup>]

$\pi$  = 3,14

$s$  = langlína frá miðpunkti þaks, eftir yfirborði að þakbrún [m]

$r$  = raddius þaks (raddius botnflatar) [m]

$h$  = hæð lóðlínu frá miðjupunkti þaks að neðri brún [m]

Yfirborðsflötur tankveggja (sívalnings):

$$A = \pi \cdot d \cdot h$$

$A$  = yfirborðsflatarmál tankveggja [m<sup>2</sup>]

$\pi$  = 3,14

$d$  = þvermál botnflatar tanks [m]

$h$  = hæð tankveggja [m]



Varmaleiðni:

$$q_x = \frac{k \cdot A}{L} \cdot (T_i - T_u)$$

$q_x$  = varmaleiðni

$k$  = varmaleiðnistuðull einangrunar

$A$  = flatarmál yfirborðs

$L$  = þykkt einangrunar

$T_i$  = hitastig í tanki

$T_u$  = úthitastig

Varmaleiðni á flatareiningu:

$$q''_x = \frac{q_x}{A}$$

$q''_x$  = varmaleiðni á flatareiningu

$q_x$  = varmaleiðni

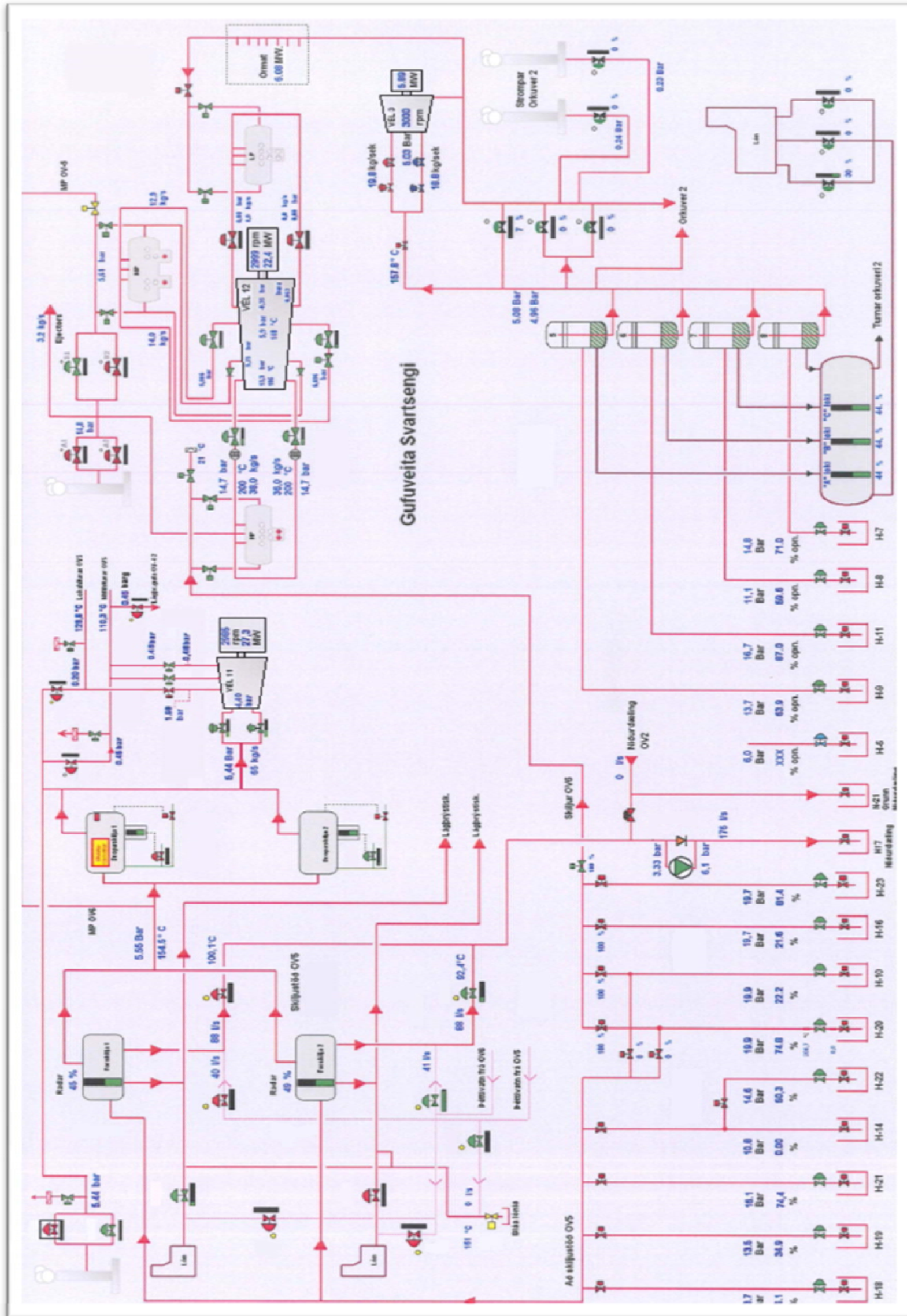
$A$  = flatarmál yfirborðs





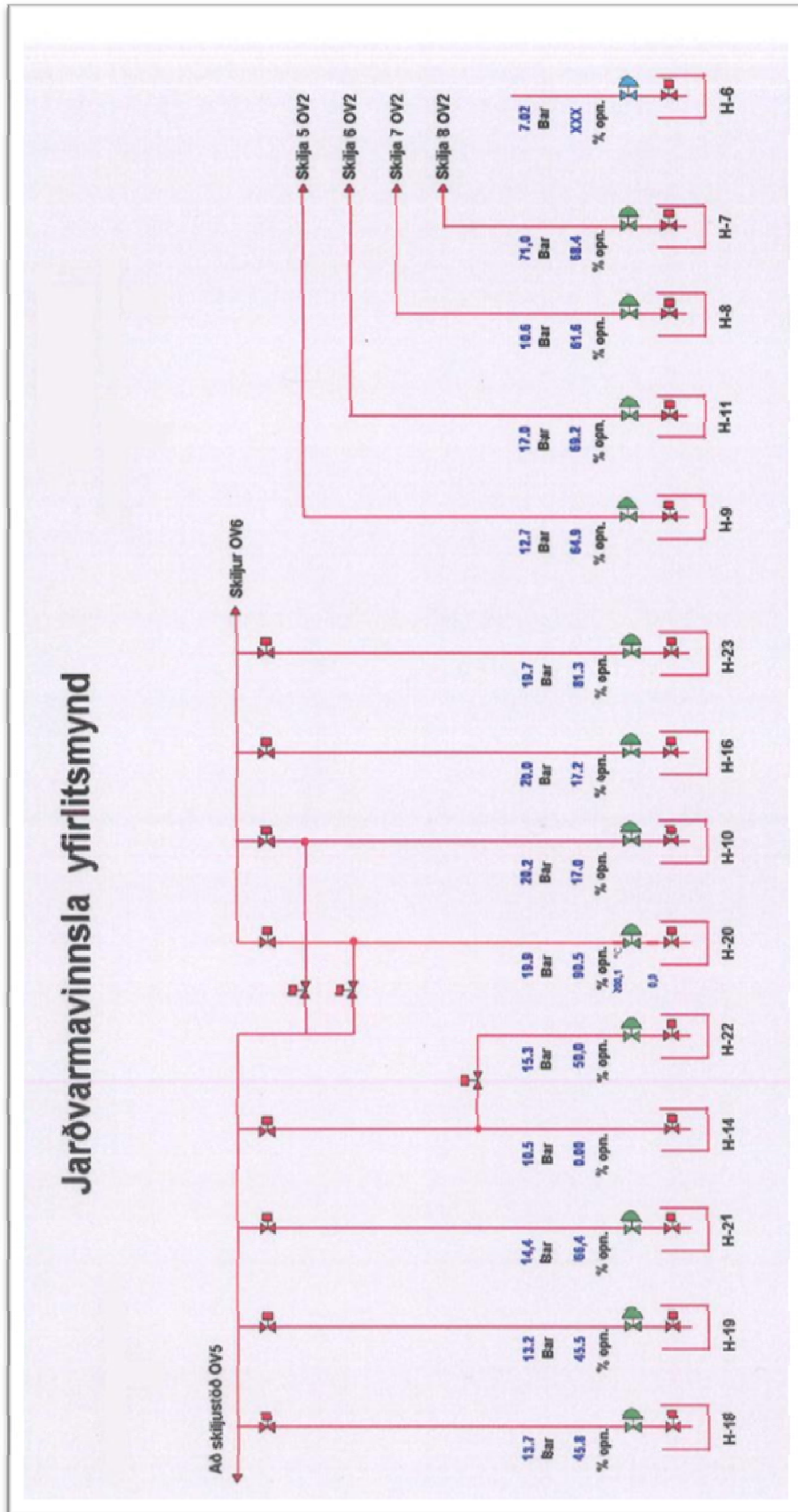
## 19.2. VIÐAUKI B – KERFISMYNDIR

### Gufuveita Svartsengi



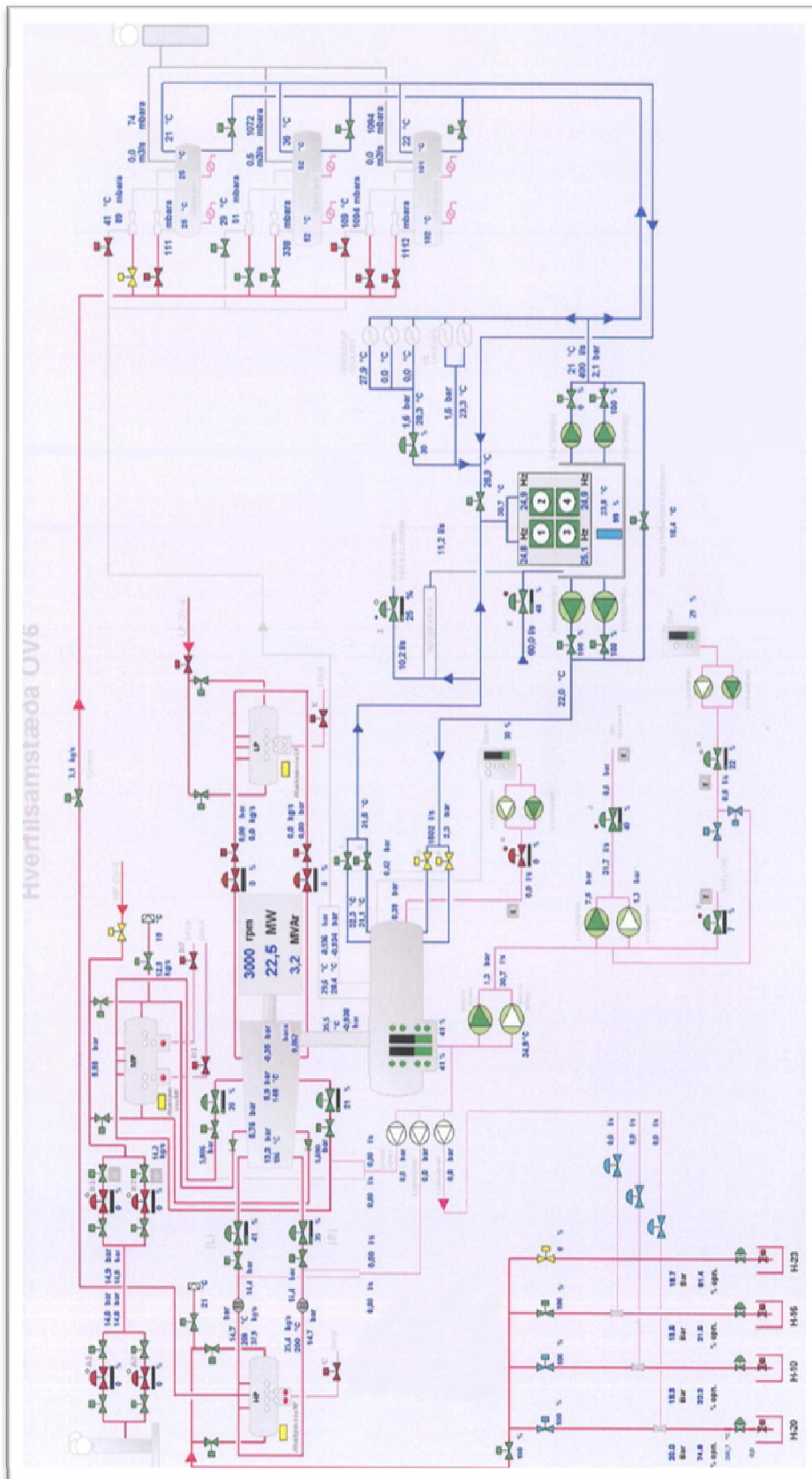


Jarðvarmavinnsla yfirlitsmynd



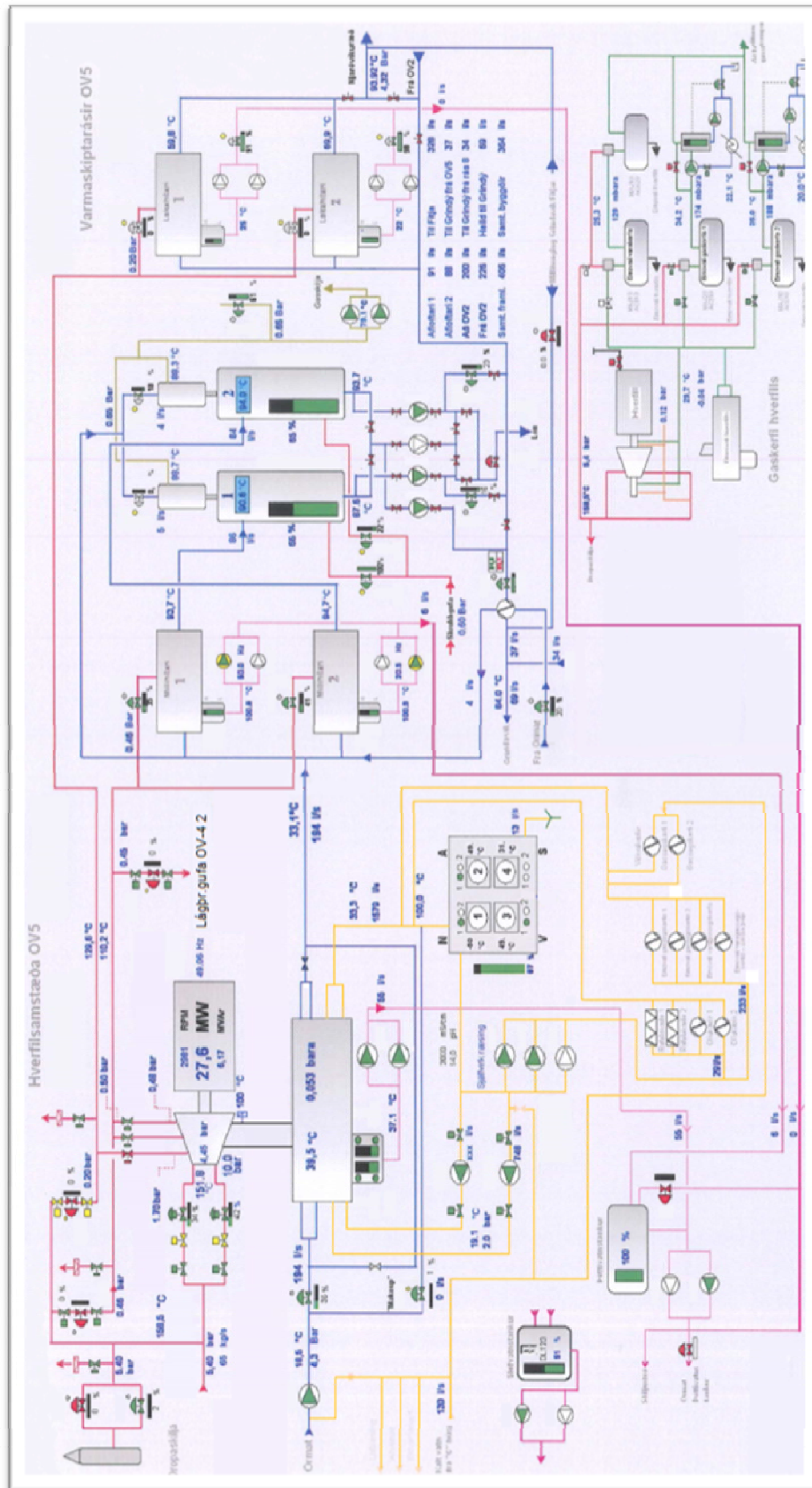


### Hverfilsamstæða OV6



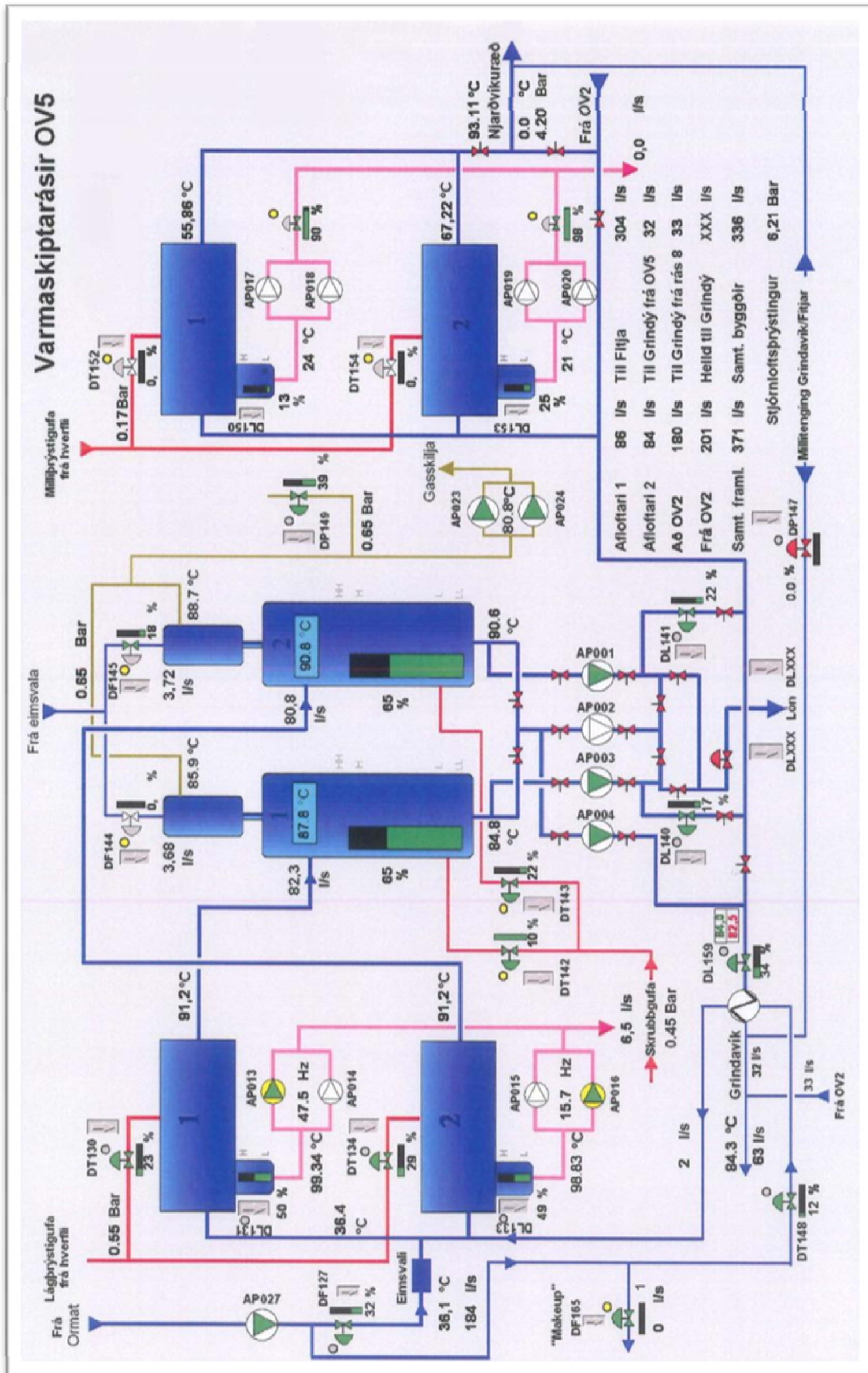


Hverfilsamstæða OV5

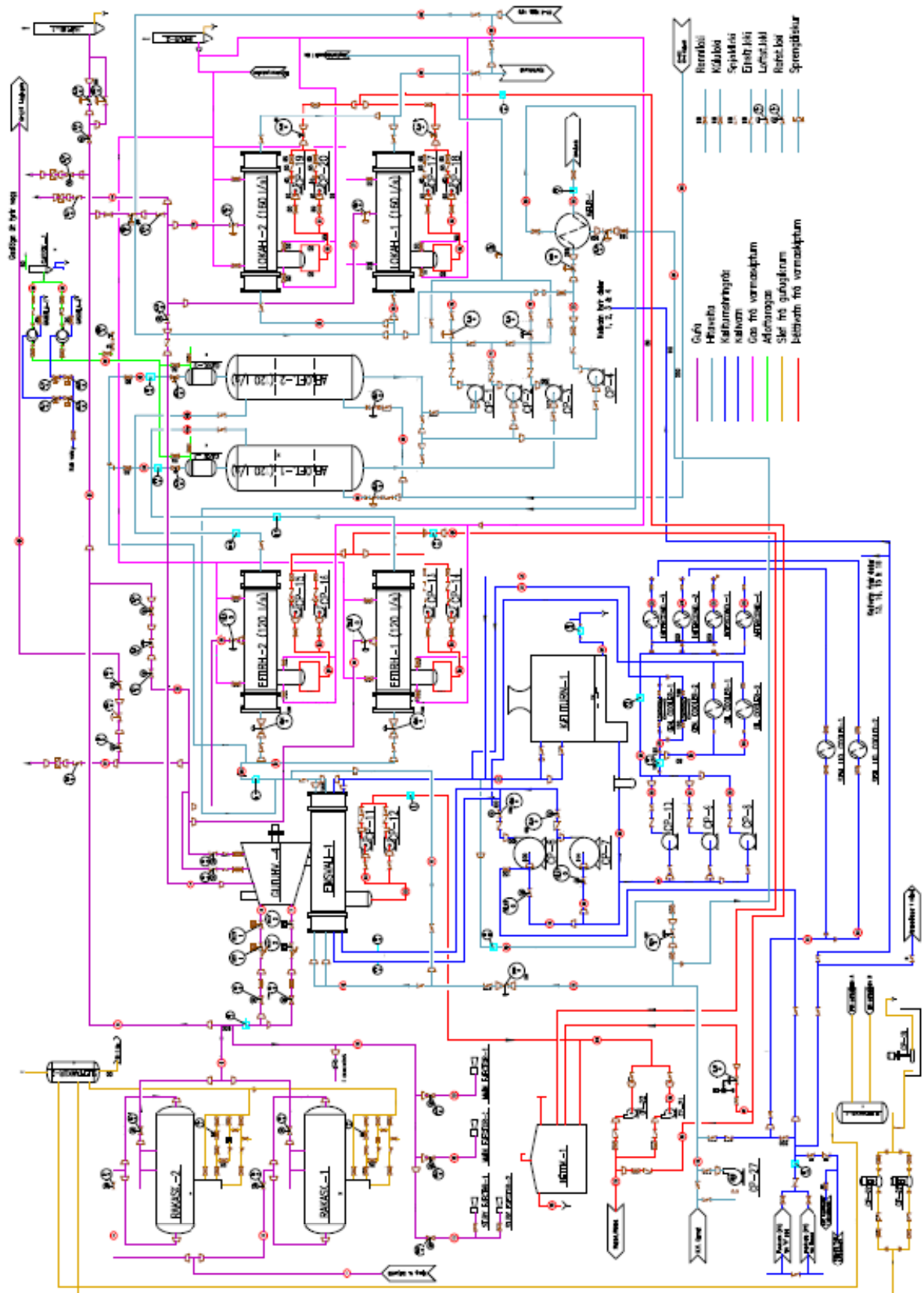




Varmaskiptarásir OV5

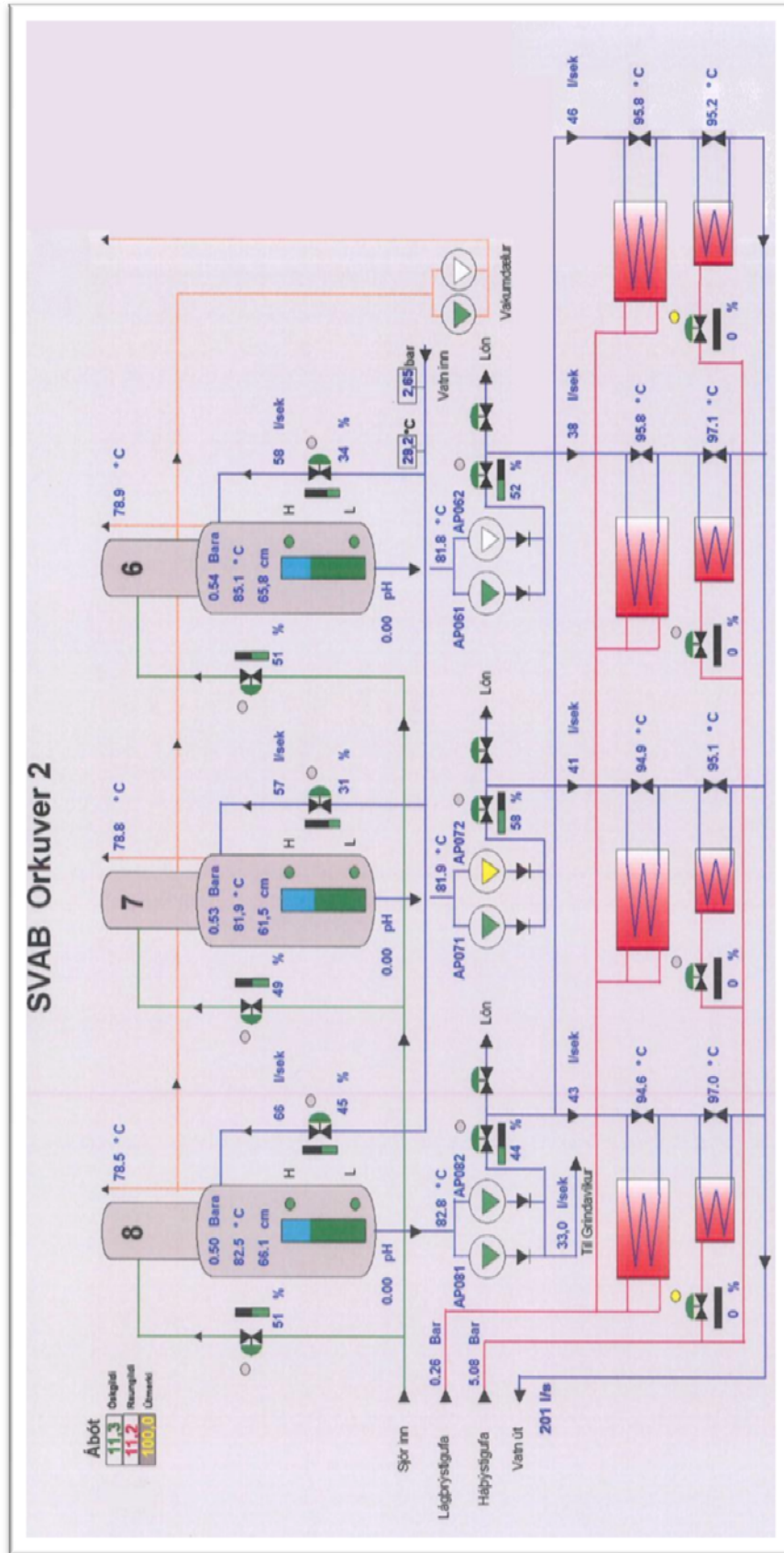


Kerfismynd OV5



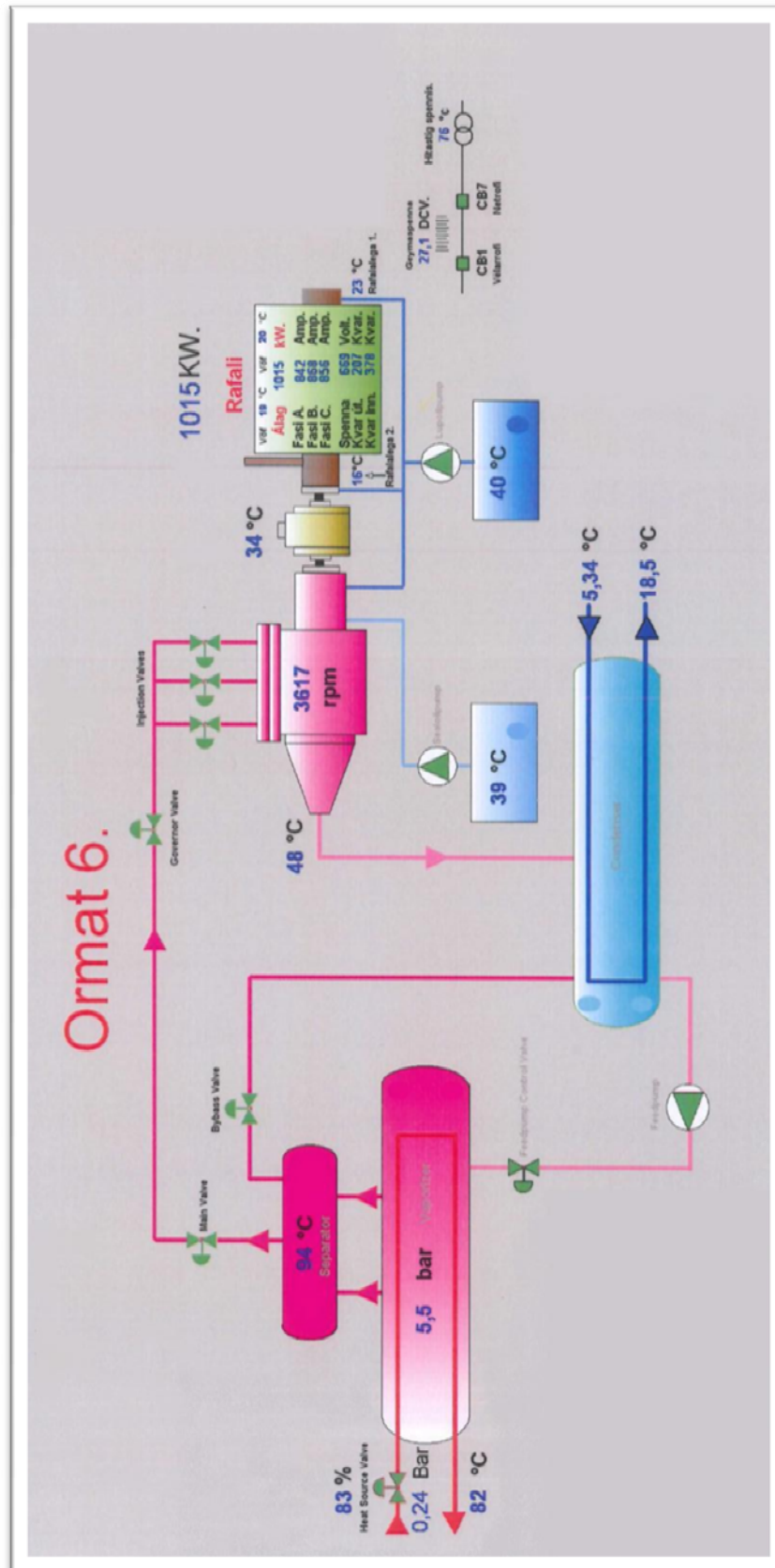


Varmaskiptarásir OV2





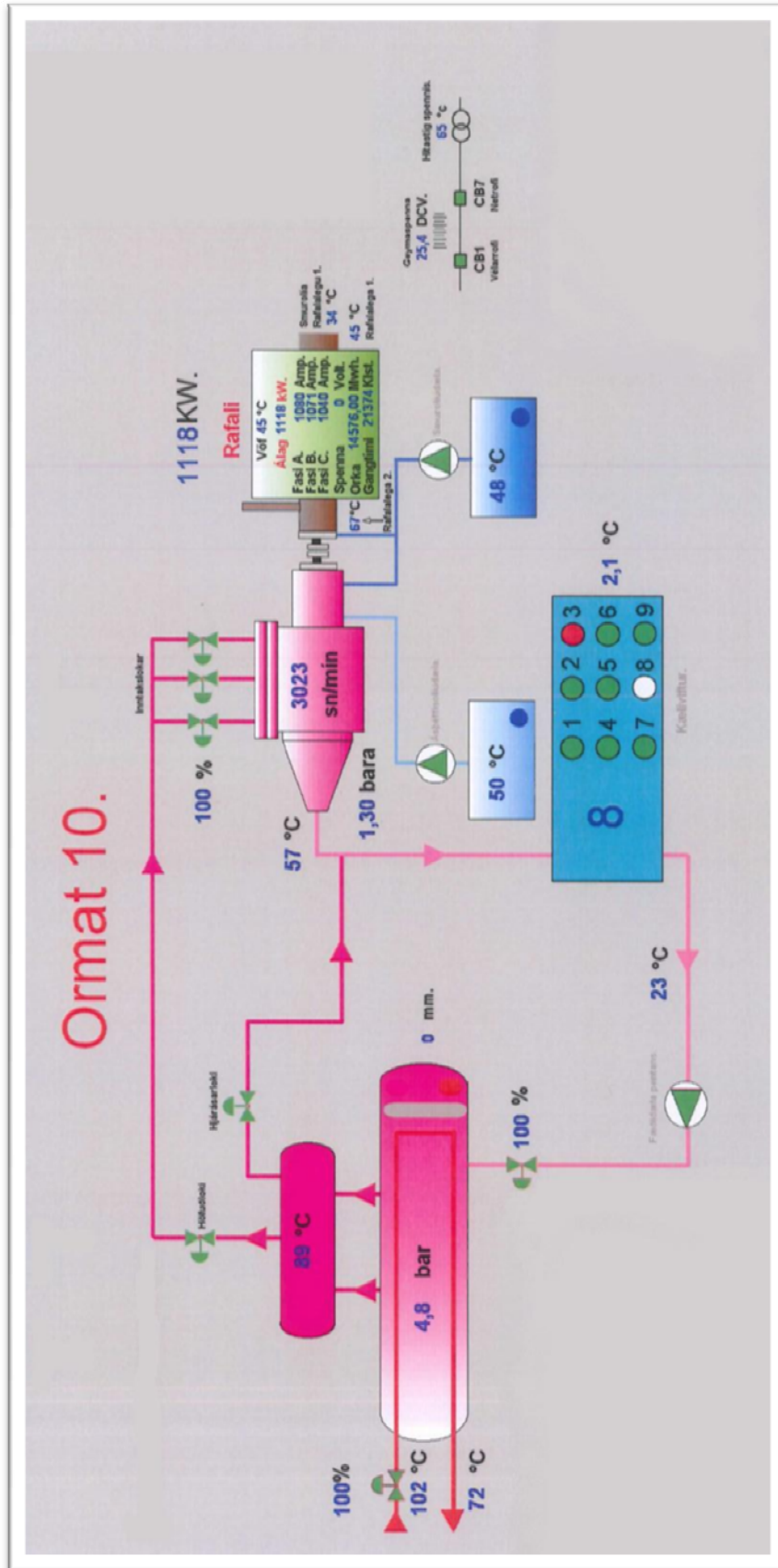
Vatnskæld Ormat vél





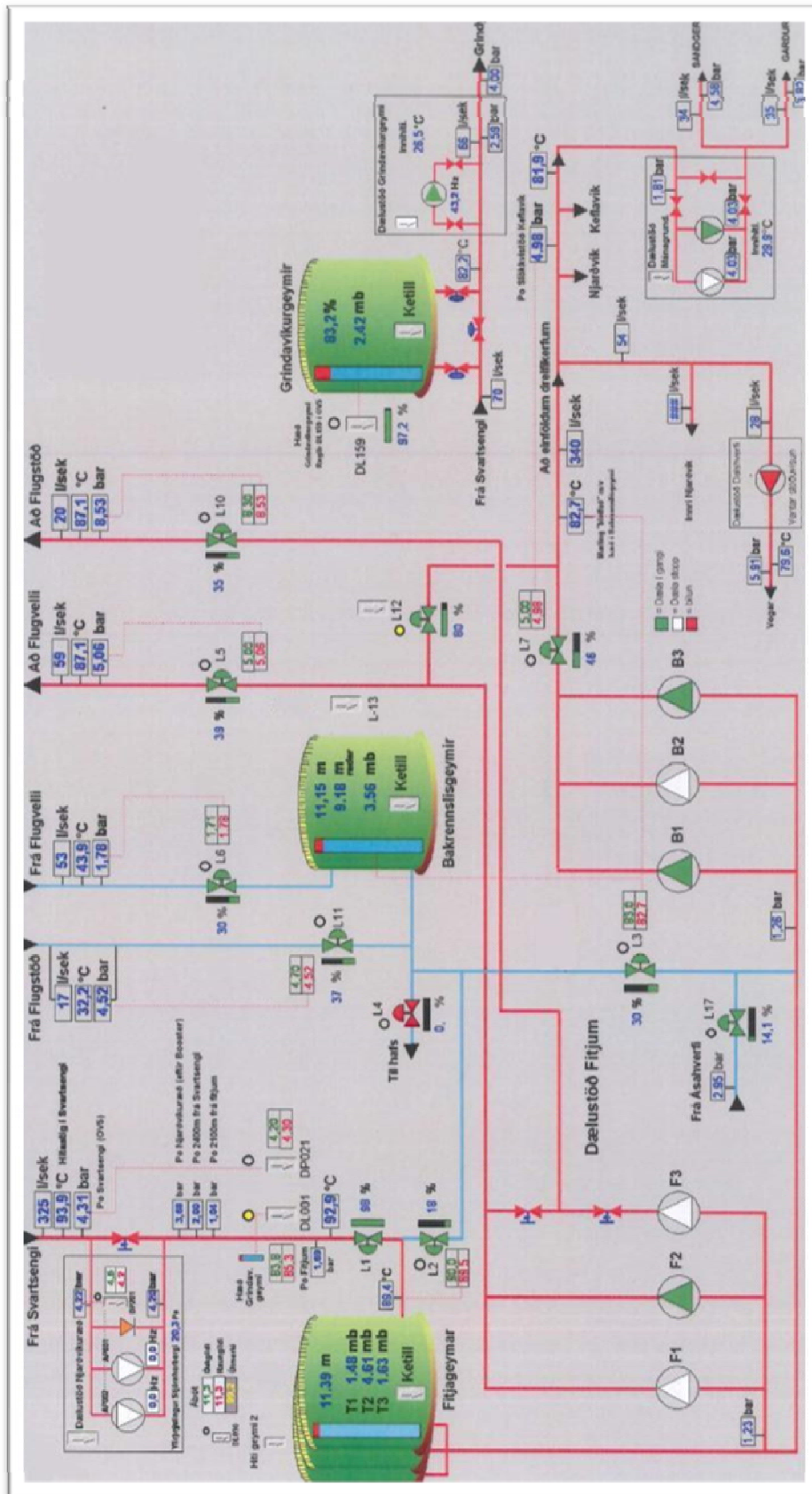


Loftkæld Ormat vél

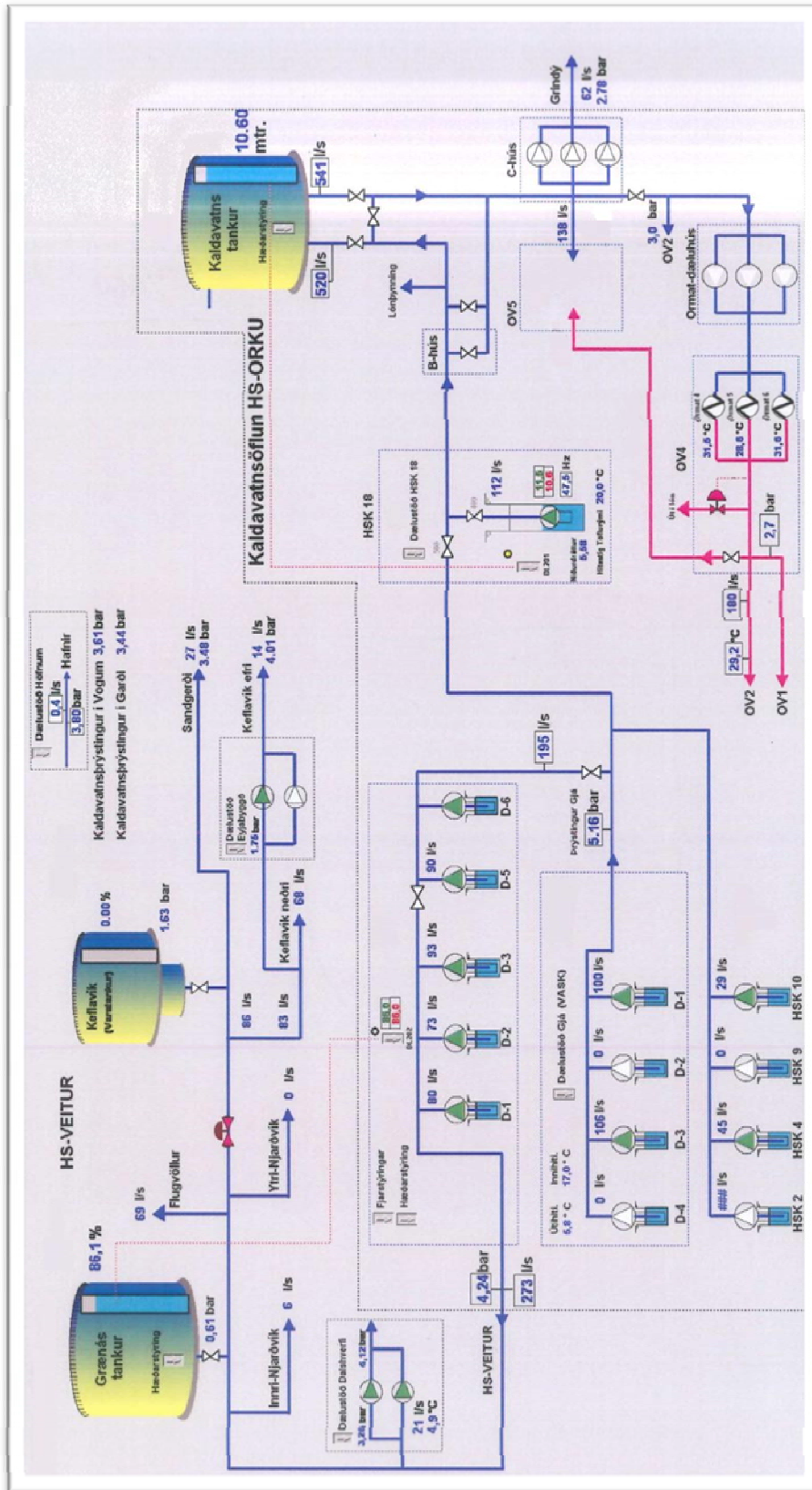




Dreifing á heitu vatni



Dreifing á köldu vatni



## 19.3. VIÐAUKI C – EES

### ORKUFLUTNINGUR Í MILLIHITURUM OV-2

"Eina raunverulega vinnan er vegna streymis við inntak og úttak í varmaskipti, svo  $W_{dot\_cv}$  fellur úr jöfnu fyrir orkujafnvægi"

"Engin varmaskipti eiga sér stað milli varmaskiptis í heild og umhverfis, þ.a.  $Q_{dot\_cv}$  fellur úr jöfnu fyrir orkujafnvægi"

"Reiknirúmmálið sem er varmaskiptirinn er við stöðugt ástand"

"Engin breyting er í hreyfi- og stöðuorku yfir reiknirúmmálið"

"Útreikningar fyrir einn varmaskipti, en í OV-2 eru fjórir millihitarar"

"Heita hlið varmaskiptis"

"GUFU FRÁ OV-3 INN Á VARMASKIPTI"

$T_{hi}=103$  [°C]

$P_{hi}=P_{sat}(steam;T=T_{hi})$

" $m_{dot\_hi}=?$  [kg/s]"

$h_{hi}=enthalpy(steam;T=T_{hi};P=P_{hi})$

"Hitastig gufu inn á heita hlið varmaskiptis"

"Þrýstingur inn á heita hlið varmaskipti"

Reiknað massastreymi gufu (3,6 kg/s max)"

"Vermi gufunnar inn á heita hlið varmaskiptis"

"ÞÉTTIVATN FRÁ VARMASKIPTI"

$T_{ho}=95$  [°C]

$P_{ho}=P_{hi}-0,1$

$m_{dot\_ho}=m_{dot\_hi}$

$h_{ho}=enthalpy(water;T=T_{ho};P=P_{ho})$

"Hitastig þéttivatns frá heitri hlið varmaskiptis"

"Þrýstingur (þrýstifall yfir heita hlið er 0,1 bar)"

"Massajafnvægi yfir heita hlið varmaskiptis"

"Vermi þéttivatns frá heitri hlið varmaskiptis"

"Kalda hlið varmaskiptis"

"VATN INN Á VARMASKIPTI"

$T_{ci}=83$  [°C]

$P_{ci}=2$  [bar]

$m_{dot\_ci}=52,5$  [kg/s]

$h_{ci}=enthalpy(water;T=T_{ci};P=P_{ci})$

"Hitastig vatns inn á kalda hlið varmaskiptis"

"Þrýstingur vatns inn á kalda hlið varmask.""

"Massastreymi vatn inn á kalda hlið varmask."

"Vermi vatns frá inn á kalda hlið varmaskiptis"

"VATN FRÁ VARMASKIPTI"

$T_{co}=93$  [°C]

$P_{co}=P_{ci}-0,11$

$m_{dot\_co}=m_{dot\_ci}$

$h_{co}=enthalpy(water;T=T_{co};P=P_{co})$

$\rho_{co}=DENSITY(Water;T=T_{co};P=P_{co})$

"Hitastig hitaðs vatns frá varmaskipti"

"Þrýstingur (0,11 bar þrýstifall yfir kalda hlið)"

"Massajafnvægi yfir kalda hlið varmaskiptis"

"Vermi hitaðs vatns frá varmaskipti"

"Eðlismassi vatns við úttak varmaskiptis"

"STÆRÐIR SEM STYTTAST ÚT"

$Q_{dot\_cv}=0$  [kW]

$W_{dot\_cv}=0$  [kW]

$z_{hi}=0$  [m]

$z_{ho}=0$  [m]

$z_{ci}=0$  [m]

$z_{co}=0$  [m]

$V_{hi}^2=0$  [m/s]

$V_{ho}^2=0$  [m/s]

$V_{ci}^2=0$  [m/s]

$V_{co}^2=0$  [m/s]

"G.r.f. að varmastreymi til umhverfis sé 0 kW"

"G.r.f. að vinnan sem varmask. skilar sé 0 kW"

"Hæðarmunur milli inntaks og úttaks heitu hliðar varmaskiptis er hverfandi"

"Hæðarmunur milli inntaks og úttaks köldu hliðar varmaskiptis er hverfandi"

"G.r.f. sama hraða inn og út úr heitu hlið varmaskiptis."

"G.r.f. sama hraða inn og út úr köldu hlið varmaskiptis"

"AÐRAR STÆRÐIR"

$g=g\#$

"Þyngdarhröðun jarðar = 9,81 m/s<sup>2</sup>"

"JAFNA FYRIR ORKUJAFNVÆGI YFIR VARMASKIPTINN"

$0=Q_{dot\_cv}-W_{dot\_cv}+m_{dot\_hi}*(h_{hi}+(V_{hi}^2/2)+g*z_{hi})+m_{dot\_ci}*(h_{ci}+(V_{ci}^2/2)+g*z_{ci})-m_{dot\_ho}*(h_{ho}+(V_{ho}^2/2)+g*z_{ho})-m_{dot\_co}*(h_{co}+(V_{co}^2/2)+g*z_{co})$

"HEILDARMAGN GUFU FRÁ OV-3 INN Á VARMASKIPTA"



Heildarmassi\_gufa=m\_dot\_hi\*4

"HEILDARMAGN AF 92°C HEITU VATNI SEM KEMUR FRÁ OV-2"

Heildarmassi\_vatn=m\_dot\_co\*4

Heildarrúmmál\_vatn=(m\_dot\_co\*4\*1000)/rho\_co

## ORKUFLUTNINGUR Í MILLIHITURUM OV-5

"Eina raunverulega vinnan er vegna streymis við inntak og úttak í varmaskipti, svo  $W_{dot\_cv}$  fellur úr jöfnu fyrir orkujafnvægi"

"Engin varmaskipti eiga sér stað milli varmaskiptis í heild og umhverfis, þ.a.  $Q_{dot\_cv}$  fellur úr jöfnu fyrir orkujafnvægi"

"Reiknirúmmálið sem er varmaskiptirinn er við stöðugt ástand"

"Engin breyting er í hreyfi- og stöðuorku yfir reiknirúmmálið"

"Heita hlið varmaskiptis"

"GUFA FRÁ OV-5 INN Á VARMASKIPTI"

$T_{hi}=117$  [°C]

$P_{hi}=P_{sat}(steam;T=T_{hi})$

$m_{dot\_hi}=?$  [kg/s]

$h_{hi}=enthalpy(steam;T=T_{hi};P=P_{hi})$

"Hitastig gufu inn á heita hlið varmaskiptis"

"Þrýstingur inn á heita hlið varmaskiptis"

Reiknað gildi á massastreymi gufu"

"Vermi gufunnar inn á heita hlið varmaskiptis"

"ÞÉTTIVATN FRÁ VARMASKIPTI"

$T_{ho}=98$  [°C]

$P_{ho}=P_{hi},1$

$m_{dot\_ho}=m_{dot\_hi}$

$h_{ho}=enthalpy(steam;T=T_{ho};P=P_{ho})$

"Hitastig þéttivatns frá heitri hlið varmaskiptis"

"Þrýstifall yfir heita hlið er áætlað 0,1 bar"

"Massajafnvægi í gegnum heita hlið"

"Vermi þéttivatns frá heitri hlið varmaskiptis"

"Kalda hlið varmaskiptis"

"VATN INN Á VARMASKIPTI"

$T_{ci}=36$  [°C]

$P_{ci}=3$  [bar]

$m_{dot\_ci}=31,2$  [kg/s]

$h_{ci}=enthalpy(water;T=T_{ci};P=P_{ci})$

"Hitastig vatns inn á kalda hlið varmaskiptis"

"Þrýstingur vatns inn á kalda hlið varmask.""

"Massastreymi vatns inn á kalda hlið varmask"

"Vermi vatns inn á kalda hlið varmaskiptis"

"VATN FRÁ VARMASKIPTI"

$T_{co}=93$  [°C]

$P_{co}=P_{ci},11$

$m_{dot\_co}=m_{dot\_ci}$

$h_{co}=enthalpy(water;T=T_{co};P=P_{co})$

$rho_{co}=density(water;T=T_{co};P=P_{co})$

"Hitastig hitaðs vatns frá varmaskipti"

"Þrýstifall yfir kalda hlið varmaskiptis 0,11 bar"

"Massajafnvægi yfir kalda hlið varmaskiptis"

"Vermi vatns frá varmaskipti"

"Eðlismassi vatns frá varmaskipti"

"STÆRÐIR SEM STYTFAST ÚT"

$Q_{dot\_cv}=0$  [kW]

$W_{dot\_cv}=0$  [kW]

$z_{hi}=0$  [m]

$z_{ho}=0$  [m]

$z_{ci}=0$  [m]

$z_{co}=0$  [m]

$V_{hi}^2=0$  [m/s]

$V_{ho}^2=0$  [m/s]

$V_{ci}^2=0$  [m/s]

$V_{co}^2=0$  [m/s]

"G.r.f. að varmastreymi til umhverfis sé 0 kW"

"G.r.f. að vinnan sem varmask. skilar sé 0 kW"

"Hæðarmunur inntaks og úttaks er hverfandi"

"Hæðarmunur inntaks og úttaks er hverfandi"

"G.r.f. sama hraða inn og út úr heitu hlið"

"G.r.f. sama hraða inn og út úr köldu hlið"



"AÐRAR STÆRÐIR"

$g=g\#$

"Þyngdarhröðun jarðar =  $9,81 \text{ m/s}^2$ "

"JAFNA FYRIR ORKUJAFNVÆGI YFIR VARMASKIPTINN"

$0=Q_{\text{dot}_{cv}}-W_{\text{dot}_{cv}}+m_{\text{dot}_{hi}}(h_{hi}+(V_{hi}^2/2)+g*z_{hi})+m_{\text{dot}_{ci}}(h_{ci}+(V_{ci}^2/2)+g*z_{ci})-m_{\text{dot}_{ho}}(h_{ho}+(V_{ho}^2/2)+g*z_{ho})-m_{\text{dot}_{co}}(h_{co}+(V_{co}^2/2)+g*z_{co})$

"HEILDARMAGN LÁGÞRÝSTIGUFU SEM TEKIN ÚT ÚR VÉL 11"

$\text{Massastreymi}_{\text{gufa}}=m_{\text{dot}_{hi}}^2$

"HEILDARMAGN VATNS SEM KEMUR FRÁ OV-5"

$\text{Rúmmálsstreymi}_{\text{vatn}}=(m_{\text{dot}_{co}}^2*1000)/\rho_{\text{co}}$

$\text{Massastreymi}_{\text{vatn}}=m_{\text{dot}_{co}}^2$

## RENNSLI UM NJARÐVÍKURÆÐ, AÐ FITJUM

$P_1=1,2e6 \text{ [Pa]}$

$T_1=93 \text{ [}^\circ\text{C]}$

$Q_{\text{dot}_{1}}=Q_{\text{dot}_{2}}$

$v_1=v_2$

$d=0,5 \text{ [m]}$

$L=12200 \text{ [m]}$

$\mu=\text{VISCOSITY}(\text{Water};T=T_1;P=P_1)$

$\rho=\text{density}(\text{water};P=P_1;T=T_1)$

$\nu=\mu/\rho$

"Hámarks dæluþrýstingur vatns frá orkuveri"

"Hitastig vatns frá orkuveri"

"Þvermál Njarðvíkuræðar m.v. forsendur verkefnis"

"Lengd Njarðvíkuræðar"

"Absolute seigja vatns við gefinn þrýsting og hitastig"

"Eðlismassi vatns við gefinn þrýsting og hitastig"

"Kinematisk seigja vatns við gefinn þrýst. og hitastig"

$m_{\text{dot}_{1}}=431 \text{ [kg/s]}$

$m_{\text{dot}_{1}}=m_{\text{dot}_{2}}$

$g=9,807 \text{ [m/s}^2\text{]}$

$\epsilon=0,00004 \text{ [m]}$

$\alpha=1$

"Nauðsynlegt massastreymi vatns milli kl. 21 og 10"

"Massajafnvægi fyrir reiknirúmmálið"

"Þyngdarhröðun"

"Hrífi pípu, fengið úr töflu 6.1, bls.365 Fluid Mechanics"

"Kinetic energy correction factor (styttest út)"

$RR=\epsilon/d$

CALL Colebrook(Re; RR; f)

"Hlutfallslegt hrífi í pípu (e. Relative Roughness)"

"Jafna Colebrooks f. núningsstuðul, f (Friction factor)"

$\text{DELTA}P=\rho*g*h_f$

$\text{DELTA}P_{\text{bar}}=\text{DELTA}P/1e5$

$Q_{\text{dot}_{1}}=m_{\text{dot}_{1}}/\rho$

$A=(\pi/4)*d^2$

$v_1=(\nu*Re)/d$

"Þrýstifall í pípu frá Svartsengi að Fitjum [Pa]"

"Þrýstifall í pípu frá Svartsengi að Fitjum [bar]"

"Rúmmálsstreymi í pípu"

"Þverflatarmál pípu"

"Rennslisraði vatns í pípu"

" $v_1=Q_{\text{dot}_{1}}/A$ "

$Re=(4*m_{\text{dot}_{1}})/(\pi*d*\mu)$

$h_f=f*((L/d)*(v_1^2/(2*g)))$

Önnur jafna fyrir rennslisraða í pípu"

"Reynoldstala"

"Tap dæluhæðar (Head loss) - (Darcy-Weisbach)"

" $Re=(4*Q_{\text{dot}_{1}})/(\pi*d*\nu)$ "

Önnur jafna til þess að reikna Reynoldstölu"

$h_m=\text{DELTA}P/(\rho*g)$

$K=h_m/(v_1^2/(2*g))$

$\text{DELTA}h_{\text{tot}}=(v_1^2/(2*g))*(((f*L)/d)+K)$

$\text{DELTA}h_{\text{pr.m}}=(\text{DELTA}h_{\text{tot}}/L)*1000 \text{ [mm/m]}$

"Minor losses (inntak, úttak, hné, lokar o.þ.h.)"

"Einingalaus tapstuðull"

"Heildarþrýstifallið í pípunni í metrum"

"Töp dæluhæðar á hvern meter í pípu [mm/m]"

"Orkulíking fyrir stöðugt streymi"

$((P_1/(\rho*g))+(\alpha*v_1^2/(2*g)))=((P_2/(\rho*g))+(\alpha*v_2^2/(2*g)))+h_f$



## 19.4. VIÐAUKI D – RENNSLISGÖGN

*Samantekt úr niðurstöðum rennslisgagna yfir meðalrennsli í öllum greinum dreifikerfis fyrir heitt vatn.*

Meðalrennsli frá Svartsengi að Fitjum á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m <sup>3</sup> /klst.	m <sup>3</sup> /pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	1.261,5	3.784,6	350,4	337,1
13:00-16:00	1.265,1	3.795,3	351,4	338,1
16:00-21:00	1.266,9	6.334,7	351,9	338,6
21:00-10:00	1.255,7	16.323,7	348,8	335,5

Meðalrennsli frá Fitjum að einföldum dreifikerfum á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m <sup>3</sup> /klst.	m <sup>3</sup> /pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	1.321,9	3.965,8	367,2	356,2
13:00-16:00	1.320,6	3.961,9	366,8	355,8
16:00-21:00	1.339,8	6.699,2	372,2	361,0
21:00-10:00	1.277,4	16.606,6	354,8	344,2

Framrás að flugvallarsvæði á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m <sup>3</sup> /klst.	m <sup>3</sup> /pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	224,6	673,7	62,4	60,5
13:00-16:00	225,0	675,1	62,5	60,6
16:00-21:00	225,0	1.138,7	62,5	60,6
21:00-10:00	221,4	2.878,3	61,5	59,7



Framrás að flugstöð á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m3/klst.	m3/pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	84,4	253,3	23,5	22,7
13:00-16:00	82,8	248,3	23,0	22,3
16:00-21:00	82,2	410,9	22,8	22,1
21:00-10:00	85,6	1.113,2	23,8	23,1

Bakrennsli frá flugvallarsvæði á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m3/klst.	m3/pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	196,5	589,6	54,6	54,2
13:00-16:00	196,8	590,4	54,7	54,2
16:00-21:00	198,6	992,9	55,2	54,7
21:00-10:00	194,5	2.528,1	54,0	53,6

Bakrennsli frá flugstöð á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m3/klst.	m3/pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	77,2	231,5	21,4	21,3
13:00-16:00	74,4	223,3	20,7	20,5
16:00-21:00	75,9	379,7	21,1	21,0
21:00-10:00	78,4	1.019,8	21,8	21,7





Meðalrennsli frá Svartsengi að Grindavík á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m3/klst.	m3/pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	288,4	865,2	80,1	77,5
13:00-16:00	288,3	864,8	80,1	77,5
16:00-21:00	295,2	1.476,0	82,0	79,4
21:00-10:00	271,0	3.522,4	75,3	72,9

Áætluð heildarvatnspörf frá miðlunartönkum á völdum tímabilum dags				
Tímabil	m3/klst.	m3/pr. tímabil	l/s	kg/s
10:00-13:00	1.357,2	4.071,7	377,0	364,9
13:00-16:00	1.357,2	4.071,7	377,0	364,9
16:00-21:00	1.372,5	6.862,6	381,3	369,1
21:00-10:00	1.311,6	17.050,3	364,3	352,7



*Rennsli frá orkuveri í Svartsengi að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

<b>2008</b>	Heildarrensli [m <sup>3</sup> ]	Meðalrensli [l/s]	Hám. rennsli [l/s]	Lágm. rennsli [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	884.246,0	330,1	368,7	116,1	95,8
FEBRÚAR	847.934,0	338,4	380,1	136,4	95,6
MARS	874.954,1	326,7	363,0	280,8	95,2
NÓVEMBER	799.921,9	308,6	360,8	267,0	97,0
DESEMBER	875.662,1	326,9	374,4	280,7	97,9
Meðalgildi	856.543,6	326,2	369,4	216,2	96,3
Hámarksgildi	884.246,0	338,4	380,1	280,8	97,9
Staðalfrávik	34.467,5	10,9	8,0	82,6	1,1

<b>2009</b>	Heildarrensli [m <sup>3</sup> ]	Meðalrensli [l/s]	Hám. rennsli [l/s]	Lágm. rennsli [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	871.846,2	325,5	371,1	284,4	93,2
FEBRÚAR	807.461,7	333,8	374,9	293,5	94,6
MARS	904.493,7	337,7	361,2	297,9	94,4
NÓVEMBER	832.816,0	321,3	350,8	282,4	93,5
DESEMBER	897.203,8	335,0	363,9	157,1	93,2
Meðalgildi	862.764,3	330,7	364,3	263,1	93,8
Hámarksgildi	904.493,7	337,7	374,9	297,9	94,6
Staðalfrávik	41.728,8	6,9	9,3	59,6	0,7

<b>2010</b>	Heildarrensli [m <sup>3</sup> ]	Meðalrensli [l/s]	Hám. rennsli [l/s]	Lágm. rennsli [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	895.003,4	334,2	358,1	218,3	92,8
FEBRÚAR	829.222,4	342,8	363,4	300,6	93,0
MARS	887.450,7	331,3	359,2	291,0	93,4
NÓVEMBER	839.197,6	323,8	356,2	279,1	93,7
DESEMBER	890.599,5	332,5	378,0	157,0	94,1
Meðalgildi	868.294,7	332,9	363,0	249,2	93,4
Hámarksgildi	895.003,4	342,8	378,0	300,6	94,1
Staðalfrávik	31.428,9	6,8	8,8	60,7	0,5

Meðaltal 08-10	862.534,2	329,9	365,6	242,8	94,5
----------------	-----------	-------	-------	-------	------



*Meðalrennsli eftir tímum sólarhrings frá orkuveri í Svartsengi að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

<b>2008</b>	Meðalrennsli 10-13 [l/s]	Meðalrennsli 13-16 [l/s]	Meðalrennsli 16-21 [l/s]	Meðalrennsli 21-10 [l/s]
JANÚAR	331,0	326,2	328,4	331,6
FEBRÚAR	337,0	340,6	337,8	338,5
MARS	329,9	326,3	325,2	326,9
NÓVEMBER	306,7	310,2	313,8	307,8
DESEMBER	321,2	324,8	328,3	327,8
Meðalgildi	325,2	325,6	326,7	326,5
Hámarksgildi	337,0	340,6	337,8	338,5
Staðalfrávik	11,7	10,8	8,7	11,4

<b>2009</b>	Meðalrennsli 10-13 [l/s]	Meðalrennsli 13-16 [l/s]	Meðalrennsli 16-21 [l/s]	Meðalrennsli 21-10 [l/s]
JANÚAR	325,3	329,3	328,6	323,6
FEBRÚAR	330,3	336,8	334,9	336,6
MARS	337,1	337,2	336,6	338,4
NÓVEMBER	323,2	323,2	325,1	319,3
DESEMBER	333,1	338,6	338,7	333,1
Meðalgildi	329,8	333,0	332,8	330,2
Hámarksgildi	337,1	338,6	338,7	338,4
Staðalfrávik	5,6	6,6	5,7	8,3

<b>2010</b>	Meðalrennsli 10-13 [l/s]	Meðalrennsli 13-16 [l/s]	Meðalrennsli 16-21 [l/s]	Meðalrennsli 21-10 [l/s]
JANÚAR	333,9	336,3	336,4	333,1
FEBRÚAR	344,2	343,1	342,6	342,9
MARS	333,4	333,1	333,1	329,4
NÓVEMBER	326,2	326,1	326,1	322,3
DESEMBER	329,8	333,7	336,5	332,0
Meðalgildi	333,5	334,4	334,9	331,9
Hámarksgildi	344,2	343,1	342,6	342,9
Staðalfrávik	6,7	6,1	6,0	7,4

Meðaltal 08-10	329,5	331,0	331,5	329,6
----------------	-------	-------	-------	-------



*Spá um þróun meðalrennslis og hámarksrennslis eftir tímum sólarhrings fram til ársins 2020.*

## Rennslisgögn 2008-2010// Áætlað rennsli 2011-2020

Spá um þróun rennslis frá Svartsengi að Fitjum á tímabilinu 10:00 - 13:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	325,2		2008	337,0	
2009	329,8	1,40%	2009	337,1	0,01%
2010	333,5	1,11%	2010	344,2	2,08%
2011	334,6	0,34%	2011	345,4	0,34%
2012	338,1	1,03%	2012	349,0	1,03%
2013	345,1	2,04%	2013	356,2	2,04%
2014	347,0	0,53%	2014	358,1	0,53%
2015	347,8	0,23%	2015	359,0	0,23%
2016	348,5	0,22%	2016	359,7	0,22%
2017	349,3	0,21%	2017	360,5	0,21%
2018	349,7	0,11%	2018	360,9	0,11%
2019	350,0	0,11%	2019	361,3	0,11%
2020	350,4	0,11%	2020	361,7	0,11%

Spá um þróun meðalrennslis frá Svartsengi að Fitjum á tímabilinu 13:00 - 16:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	325,6		2008	340,6	
2009	333,0	2,23%	2009	338,6	-0,59%
2010	334,4	0,43%	2010	343,1	1,30%
2011	335,6	0,34%	2011	344,3	0,34%
2012	339,1	1,03%	2012	347,8	1,03%
2013	346,1	2,04%	2013	355,1	2,04%
2014	348,0	0,53%	2014	357,0	0,53%
2015	348,8	0,23%	2015	357,8	0,23%
2016	349,5	0,22%	2016	358,6	0,22%
2017	350,3	0,21%	2017	359,3	0,21%
2018	350,6	0,11%	2018	359,7	0,11%
2019	351,0	0,11%	2019	360,1	0,11%
2020	351,4	0,11%	2020	360,5	0,11%



Spá um þróun meðalrennslis frá Svartsengi að Fitjum á tímabilinu 16:00 - 21:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	326,7		2008	337,8	
2009	332,8	1,84%	2009	338,7	0,26%
2010	334,9	0,63%	2010	342,6	1,12%
2011	336,1	0,34%	2011	343,7	0,34%
2012	339,6	1,03%	2012	347,3	1,03%
2013	346,6	2,04%	2013	354,5	2,04%
2014	348,5	0,53%	2014	356,4	0,53%
2015	349,3	0,23%	2015	357,2	0,23%
2016	350,0	0,22%	2016	358,0	0,22%
2017	350,8	0,21%	2017	358,8	0,21%
2018	351,2	0,11%	2018	359,2	0,11%
2019	351,5	0,11%	2019	359,6	0,11%
2020	351,9	0,11%	2020	360,0	0,11%

Spá um þróun meðalrennslis frá Svartsengi að Fitjum á tímabilinu 21:00 - 10:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	326,5		2008	338,5	
2009	330,2	1,11%	2009	338,4	-0,01%
2010	331,9	0,52%	2010	342,9	1,31%
2011	333,1	0,34%	2011	344,1	0,34%
2012	336,5	1,03%	2012	347,7	1,03%
2013	343,5	2,04%	2013	354,9	2,04%
2014	345,4	0,53%	2014	356,8	0,53%
2015	346,2	0,23%	2015	357,6	0,23%
2016	346,9	0,22%	2016	358,4	0,22%
2017	347,6	0,21%	2017	359,1	0,21%
2018	348,0	0,11%	2018	359,5	0,11%
2019	348,4	0,11%	2019	359,9	0,11%
2020	348,8	0,11%	2020	360,3	0,11%



*Áætlað rennsli frá Svartsengi að Fitjum til ársins 2020.*

*Rennslisgögn frá 2008 – 2010 og áætlun frá 2011 – 2020.*

**Áætlað rennsli Svartsengi - Fitjar  
til ársins 2020**

Rennslistímabilið frá kl. 10:00-13:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.170,6	m3/klst	3.511,9	m3 pr. 3 klst.
1.187,3	m3/klst	3.561,8	m3 pr. 3 klst.
1.200,6	m3/klst	3.601,8	m3 pr. 3 klst.
1.204,7	m3/klst	3.614,1	m3 pr. 3 klst.
1.217,2	m3/klst	3.651,6	m3 pr. 3 klst.
1.242,5	m3/klst	3.727,6	m3 pr. 3 klst.
1.249,1	m3/klst	3.747,3	m3 pr. 3 klst.
1.252,0	m3/klst	3.756,0	m3 pr. 3 klst.
1.254,7	m3/klst	3.764,2	m3 pr. 3 klst.
1.257,4	m3/klst	3.772,1	m3 pr. 3 klst.
1.258,8	m3/klst	3.776,3	m3 pr. 3 klst.
1.260,1	m3/klst	3.780,4	m3 pr. 3 klst.
<b>1.261,5</b>	<b>m3/klst</b>	<b>3.784,6</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>

Rennslistímabilið frá kl. 13:00-16:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.172,2	m3/klst	3.516,5	m3 pr. 3 klst.
1.198,9	m3/klst	3.596,7	m3 pr. 3 klst.
1.204,0	m3/klst	3.612,0	m3 pr. 3 klst.
1.208,1	m3/klst	3.624,3	m3 pr. 3 klst.
1.220,7	m3/klst	3.662,0	m3 pr. 3 klst.
1.246,1	m3/klst	3.738,2	m3 pr. 3 klst.
1.252,7	m3/klst	3.758,0	m3 pr. 3 klst.
1.255,5	m3/klst	3.766,6	m3 pr. 3 klst.
1.258,3	m3/klst	3.774,9	m3 pr. 3 klst.
1.260,9	m3/klst	3.782,8	m3 pr. 3 klst.
1.262,3	m3/klst	3.787,0	m3 pr. 3 klst.
1.263,7	m3/klst	3.791,2	m3 pr. 3 klst.
<b>1.265,1</b>	<b>m3/klst</b>	<b>3.795,3</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>



Rennslistímabilið frá kl. 16:00-21:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.176,0	m3/klst	5.880,2	m3 pr. 5 klst.
1.198,1	m3/klst	5.990,4	m3 pr. 5 klst.
1.205,7	m3/klst	6.028,7	m3 pr. 5 klst.
1.209,8	m3/klst	6.049,2	m3 pr. 5 klst.
1.222,4	m3/klst	6.112,1	m3 pr. 5 klst.
1.247,8	m3/klst	6.239,2	m3 pr. 5 klst.
1.254,5	m3/klst	6.272,3	m3 pr. 5 klst.
1.257,3	m3/klst	6.286,7	m3 pr. 5 klst.
1.260,1	m3/klst	6.300,6	m3 pr. 5 klst.
1.262,8	m3/klst	6.313,8	m3 pr. 5 klst.
1.264,1	m3/klst	6.320,7	m3 pr. 5 klst.
1.265,5	m3/klst	6.327,7	m3 pr. 5 klst.
<b>1.266,9</b>	<b>m3/klst</b>	<b>6.334,7</b>	<b>m3 pr. 5 klst.</b>

Rennslistímabilið frá kl. 21:00-10:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.175,5	m3/klst	15.281,9	m3 pr. 13 klst.
1.188,8	m3/klst	15.454,0	m3 pr. 13 klst.
1.195,0	m3/klst	15.535,3	m3 pr. 13 klst.
1.199,1	m3/klst	15.588,1	m3 pr. 13 klst.
1.211,6	m3/klst	15.750,2	m3 pr. 13 klst.
1.236,8	m3/klst	16.077,8	m3 pr. 13 klst.
1.243,3	m3/klst	16.163,0	m3 pr. 13 klst.
1.246,2	m3/klst	16.200,2	m3 pr. 13 klst.
1.248,9	m3/klst	16.235,8	m3 pr. 13 klst.
1.251,5	m3/klst	16.269,9	m3 pr. 13 klst.
1.252,9	m3/klst	16.287,8	m3 pr. 13 klst.
1.254,3	m3/klst	16.305,7	m3 pr. 13 klst.
<b>1.255,7</b>	<b>m3/klst</b>	<b>16.323,7</b>	<b>m3 pr. 13 klst.</b>



*Rennsli frá Fitjum að einföldu dreifikerfi yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt niðurstöðum rennslisgagna 2008 - 2010.*

<b>2008</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hám. rennsli [l/s]	Lágm. rennsli [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	898.231,6	335,4	385,2	297,4	81,8
FEBRÚAR	857.837,8	342,4	384,5	300,2	81,9
MARS	892.184,4	333,1	371,2	305,7	82,0
NÓVEMBER	825.316,2	318,4	367,3	272,4	82,0
DESEMBER	903.974,4	337,5	381,4	297,7	81,8
Meðalgildi	875.508,9	333,3	377,9	294,7	81,9
Hámarksgildi	903.974,4	342,4	385,2	305,7	82,0
Staðalfrávik	33.302,6	9,0	8,2	12,9	0,1

<b>2009</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hám. rennsli [l/s]	Lágm. rennsli [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	900.563,4	336,2	371,2	295,9	81,3
FEBRÚAR	836.328,3	345,7	389,0	307,5	82,1
MARS	933.931,6	348,7	384,3	316,2	82,0
NÓVEMBER	848.858,4	327,5	371,4	292,9	81,7
DESEMBER	917.819,9	342,7	406,7	280,3	83,2
Meðalgildi	887.500,3	340,2	384,5	298,6	82,1
Hámarksgildi	933.931,6	348,7	406,7	316,2	83,2
Staðalfrávik	42.888,1	8,5	14,7	13,8	0,7

<b>2010</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hám. rennsli [l/s]	Lágm. rennsli [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	919.797,4	343,4	382,2	294,6	82,4
FEBRÚAR	857.086,4	354,3	392,1	307,3	82,6
MARS	912.509,4	340,7	389,4	302,8	82,0
NÓVEMBER	861.310,9	332,3	375,2	283,4	81,8
DESEMBER	911.637,9	340,4	397,6	292,7	82,1
Meðalgildi	892.468,4	342,2	387,3	296,2	82,2
Hámarksgildi	919.797,4	354,3	397,6	307,3	82,6
Staðalfrávik	30.572,3	7,9	8,7	9,3	0,3

Meðaltal 08-10	885.159,2	338,6	383,2	296,5	82,0
----------------	-----------	-------	-------	-------	------





*Meðalrennsli eftir tímum sólarhrings frá orkuveri í Svartsengi að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

<b>2008</b>	Meðalrennsli 10-13 [l/s]	Meðalrennsli 13-16 [l/s]	Meðalrennsli 16-21 [l/s]	Meðalrennsli 21-10 [l/s]
JANÚAR	340,5	341,9	345,9	329,1
FEBRÚAR	349,3	347,2	350,8	336,9
MARS	340,9	336,0	338,2	328,9
NÓVEMBER	323,7	325,4	330,8	311,6
DESEMBER	342,7	345,9	348,1	330,8
Meðalgildi	339,4	339,3	342,8	327,4
Hámarksgildi	349,3	347,2	350,8	336,9
Staðalfrávik	9,5	8,9	8,2	9,4

<b>2009</b>	Meðalrennsli 10-13 [l/s]	Meðalrennsli 13-16 [l/s]	Meðalrennsli 16-21 [l/s]	Meðalrennsli 21-10 [l/s]
JANÚAR	340,7	339,6	345,3	330,8
FEBRÚAR	349,6	350,8	353,4	340,5
MARS	352,9	349,5	355,6	344,7
NÓVEMBER	331,6	332,1	338,5	321,8
DESEMBER	349,6	351,5	351,6	335,5
Meðalgildi	344,9	344,7	348,9	334,6
Hámarksgildi	352,9	351,5	355,6	344,7
Staðalfrávik	8,7	8,5	7,0	8,9

<b>2010</b>	Meðalrennsli 10-13 [l/s]	Meðalrennsli 13-16 [l/s]	Meðalrennsli 16-21 [l/s]	Meðalrennsli 21-10 [l/s]
JANÚAR	347,8	351,0	354,2	337,1
FEBRÚAR	360,2	358,6	364,2	348,8
MARS	346,0	343,7	350,2	335,3
NÓVEMBER	339,4	336,3	343,2	326,6
DESEMBER	346,7	348,7	351,8	333,7
Meðalgildi	348,0	347,7	352,7	336,3
Hámarksgildi	360,2	358,6	364,2	348,8
Staðalfrávik	7,6	8,3	7,6	8,1

Meðaltal 08-10	<b>344,1</b>	<b>343,9</b>	<b>348,1</b>	<b>332,8</b>
----------------	--------------	--------------	--------------	--------------



*Spá um þróun meðalrennslis og hámarksrennslis eftir tímum sólarhrings fram til ársins 2020.*

## Rennslisgögn 2008-2010// Áætlað rennsli 2011-2020

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að einföldu dreifikerfi á tímabilinu 10:00 - 13:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	339,4		2008	349,3	
2009	344,9	1,58%	2009	352,9	1,02%
2010	348,0	0,91%	2010	360,2	2,02%
2011	351,5	0,99%	2011	363,8	0,99%
2012	355,0	0,99%	2012	367,4	0,99%
2013	362,1	1,96%	2013	374,7	1,96%
2014	363,9	0,50%	2014	376,6	0,50%
2015	364,6	0,20%	2015	377,4	0,20%
2016	365,4	0,20%	2016	378,1	0,20%
2017	366,1	0,20%	2017	378,9	0,20%
2018	366,5	0,10%	2018	379,3	0,10%
2019	366,8	0,10%	2019	379,6	0,10%
2020	367,2	0,10%	2020	380,0	0,10%

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að einföldu dreifikerfi á tímabilinu 13:00 - 16:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	339,3		2008	347,2	
2009	344,7	1,57%	2009	351,5	1,21%
2010	347,7	0,85%	2010	358,6	1,99%
2011	351,1	0,99%	2011	362,2	0,99%
2012	354,7	0,99%	2012	365,8	0,99%
2013	361,8	1,96%	2013	373,1	1,96%
2014	363,6	0,50%	2014	375,0	0,50%
2015	364,3	0,20%	2015	375,7	0,20%
2016	365,0	0,20%	2016	376,5	0,20%
2017	365,7	0,20%	2017	377,2	0,20%
2018	366,1	0,10%	2018	377,6	0,10%
2019	366,5	0,10%	2019	378,0	0,10%
2020	366,8	0,10%	2020	378,4	0,10%



Spá um þróun rennslis frá Fitjum að einföldu dreifikerfi á tímabilinu 16:00 - 21:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	342,8		2008	350,8	
2009	348,9	1,75%	2009	355,6	1,34%
2010	352,7	1,09%	2010	364,2	2,36%
2011	356,3	0,99%	2011	367,9	0,99%
2012	359,8	0,99%	2012	371,5	0,99%
2013	367,0	1,96%	2013	379,0	1,96%
2014	368,8	0,50%	2014	380,9	0,50%
2015	369,6	0,20%	2015	381,6	0,20%
2016	370,3	0,20%	2016	382,4	0,20%
2017	371,1	0,20%	2017	383,2	0,20%
2018	371,4	0,10%	2018	383,5	0,10%
2019	371,8	0,10%	2019	383,9	0,10%
2020	372,2	0,10%	2020	384,3	0,10%

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að einföldu dreifikerfi á tímabilinu 21:00 - 10:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	327,4		2008	336,9	
2009	334,6	2,15%	2009	344,7	2,26%
2010	336,3	0,49%	2010	348,8	1,20%
2011	339,7	0,99%	2011	352,3	0,99%
2012	343,1	0,99%	2012	355,8	0,99%
2013	349,9	1,96%	2013	363,0	1,96%
2014	351,7	0,50%	2014	364,8	0,50%
2015	352,4	0,20%	2015	365,5	0,20%
2016	353,1	0,20%	2016	366,2	0,20%
2017	353,8	0,20%	2017	367,0	0,20%
2018	354,1	0,10%	2018	367,3	0,10%
2019	354,5	0,10%	2019	367,7	0,10%
2020	354,8	0,10%	2020	368,1	0,10%



*Áætlað rennsli frá Fitjum að einföldu dreifikerfi til ársins 2020.*

*Rennslisgögn frá 2008 – 2010 og áætlun frá 2011 – 2020.*

**Áætl. rennsli að einföldu dreifikerfi  
til ársins 2020**

Rennslistímabilið frá kl. 10:00-13:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.221,9	m3/klst	3.665,7	m3 pr. 3 klst.
1.241,5	m3/klst	3.724,5	m3 pr. 3 klst.
1.252,8	m3/klst	3.758,5	m3 pr. 3 klst.
1.265,4	m3/klst	3.796,1	m3 pr. 3 klst.
1.278,0	m3/klst	3.834,0	m3 pr. 3 klst.
1.303,6	m3/klst	3.910,7	m3 pr. 3 klst.
1.310,1	m3/klst	3.930,3	m3 pr. 3 klst.
1.312,7	m3/klst	3.938,1	m3 pr. 3 klst.
1.315,3	m3/klst	3.946,0	m3 pr. 3 klst.
1.318,0	m3/klst	3.953,9	m3 pr. 3 klst.
1.319,3	m3/klst	3.957,9	m3 pr. 3 klst.
1.320,6	m3/klst	3.961,8	m3 pr. 3 klst.
<b>1.321,9</b>	<b>m3/klst</b>	<b>3.965,8</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>

Rennslistímabilið frá kl. 13:00-16:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.221,4	m3/klst	3.664,3	m3 pr. 3 klst.
1.241,0	m3/klst	3.722,9	m3 pr. 3 klst.
1.251,6	m3/klst	3.754,9	m3 pr. 3 klst.
1.264,1	m3/klst	3.792,4	m3 pr. 3 klst.
1.276,8	m3/klst	3.830,3	m3 pr. 3 klst.
1.302,3	m3/klst	3.906,9	m3 pr. 3 klst.
1.308,8	m3/klst	3.926,5	m3 pr. 3 klst.
1.311,4	m3/klst	3.934,3	m3 pr. 3 klst.
1.314,1	m3/klst	3.942,2	m3 pr. 3 klst.
1.316,7	m3/klst	3.950,1	m3 pr. 3 klst.
1.318,0	m3/klst	3.954,0	m3 pr. 3 klst.
1.319,3	m3/klst	3.958,0	m3 pr. 3 klst.
<b>1.320,6</b>	<b>m3/klst</b>	<b>3.961,9</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>



Rennslistímabilið frá kl. 16:00-21:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.234,0	m3/klst	6.169,8	m3 pr. 5 klst.
1.255,9	m3/klst	6.279,6	m3 pr. 5 klst.
1.269,8	m3/klst	6.349,0	m3 pr. 5 klst.
1.282,5	m3/klst	6.412,5	m3 pr. 5 klst.
1.295,3	m3/klst	6.476,6	m3 pr. 5 klst.
1.321,2	m3/klst	6.606,2	m3 pr. 5 klst.
1.327,8	m3/klst	6.639,2	m3 pr. 5 klst.
1.330,5	m3/klst	6.652,5	m3 pr. 5 klst.
1.333,2	m3/klst	6.665,8	m3 pr. 5 klst.
1.335,8	m3/klst	6.679,1	m3 pr. 5 klst.
1.337,2	m3/klst	6.685,8	m3 pr. 5 klst.
1.338,5	m3/klst	6.692,5	m3 pr. 5 klst.
<b>1.339,8</b>	<b>m3/klst</b>	<b>6.699,2</b>	<b>m3 pr. 5 klst.</b>

Rennslistímabilið frá kl. 21:00-10:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
1.178,8	m3/klst	15.324,3	m3 pr. 13 klst.
1.204,7	m3/klst	15.661,1	m3 pr. 13 klst.
1.210,7	m3/klst	15.738,6	m3 pr. 13 klst.
1.222,8	m3/klst	15.896,0	m3 pr. 13 klst.
1.235,0	m3/klst	16.054,9	m3 pr. 13 klst.
1.259,7	m3/klst	16.376,0	m3 pr. 13 klst.
1.266,0	m3/klst	16.457,9	m3 pr. 13 klst.
1.268,5	m3/klst	16.490,8	m3 pr. 13 klst.
1.271,1	m3/klst	16.523,8	m3 pr. 13 klst.
1.273,6	m3/klst	16.556,9	m3 pr. 13 klst.
1.274,9	m3/klst	16.573,4	m3 pr. 13 klst.
1.276,2	m3/klst	16.590,0	m3 pr. 13 klst.
<b>1.277,4</b>	<b>m3/klst</b>	<b>16.606,6</b>	<b>m3 pr. 13 klst.</b>



*Rennsli framrásar frá Fitjum að flugvallarsvæði yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt niðurstöðum rennslisgagna 2008 - 2010.*

<b>2008</b>	Heildarrensli [m3]	Meðalrensli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	235.874,8	88,1	103,9	79,4	88,2
FEBRÚAR	230.861,6	92,1	103,5	81,9	88,9
MARS	233.545,4	87,2	98,3	78,3	89,3
NÓVEMBER	204.412,8	78,9	89,5	69,6	89,3
DESEMBER	214.281,4	80,0	90,8	67,5	89,0
Meðalgildi	223.795,2	85,3	97,2	75,3	88,9
Hámarksgildi	235.874,8	92,1	103,9	81,9	89,3
Staðalfrávik	13.757,8	5,6	6,8	6,4	0,5

<b>2009</b>	Heildarrensli [m3]	Meðalrensli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	205.255,0	76,6	85,5	67,8	89,3
FEBRÚAR	191.849,7	79,3	92,1	69,6	89,4
MARS	212.215,5	79,2	88,3	71,6	89,4
NÓVEMBER	164.523,7	63,5	72,7	58,0	89,2
DESEMBER	172.268,4	64,3	74,7	53,1	89,2
Meðalgildi	189.222,4	72,6	82,6	64,0	89,3
Hámarksgildi	212.215,5	79,3	92,1	71,6	89,4
Staðalfrávik	20.555,4	8,0	8,5	8,0	0,1

<b>2010</b>	Heildarrensli [m3]	Meðalrensli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	167.537,7	62,6	74,2	53,8	89,1
FEBRÚAR	154.503,1	63,9	71,7	55,3	89,3
MARS	160.303,3	59,9	69,3	52,9	89,5
NÓVEMBER	144.873,3	55,9	65,0	47,5	89,0
DESEMBER	162.663,2	60,7	79,7	49,5	88,9
Meðalgildi	157.976,1	60,6	72,0	51,8	89,2
Hámarksgildi	167.537,7	63,9	79,7	55,3	89,5
Staðalfrávik	8.697,0	3,0	5,5	3,2	0,2

Meðaltal 08-10	190.331,2	72,8	83,9	63,7	89,1
----------------	-----------	------	------	------	------



*Meðalrennsli framrásar eftir tímum sólarhrings frá Fitjum að flugvallarsvæði yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

2008	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	88,1	88,4	89,4	87,6
FEBRÚAR	92,1	92,4	92,9	91,8
MARS	88,8	87,2	87,9	85,7
NÓVEMBER	78,6	79,3	80,9	78,2
DESEMBER	80,2	81,1	81,4	79,2
Meðalgildi	85,6	85,7	86,5	84,5
Hámarksgildi	92,1	92,4	92,9	91,8
Staðalfrávik	5,9	5,4	5,2	5,8

2009	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	76,5	77,3	78,4	75,8
FEBRÚAR	79,7	80,0	80,1	79,1
MARS	79,3	79,1	80,3	79,0
NÓVEMBER	63,7	63,7	64,8	62,9
DESEMBER	64,6	65,4	65,5	63,4
Meðalgildi	72,8	73,1	73,8	72,1
Hámarksgildi	79,7	80,0	80,3	79,1
Staðalfrávik	8,0	7,9	8,0	8,2

2010	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	62,7	63,3	63,8	61,9
FEBRÚAR	64,3	64,2	65,0	63,4
MARS	60,2	59,9	60,6	59,4
NÓVEMBER	56,3	56,1	57,2	55,4
DESEMBER	61,1	61,6	62,2	60,2
Meðalgildi	60,9	61,0	61,8	60,0
Hámarksgildi	64,3	64,2	65,0	63,4
Staðalfrávik	3,0	3,2	3,0	3,0

Meðaltal 08-10	73,1	73,3	74,0	72,2
----------------	------	------	------	------



*Spá um þróun meðalrennslis og hámarksrennslis eftir tímum sólarhrings frá Fitjum að flugvallarsvæði fram til ársins 2020.*

## Rennslisgögn 2008-2010// Áætlað rennsli 2011-2020

### FRAMRÁS

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að flugvallarsvæði á tímabilinu 10:00 - 13:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	85,6		2008	92,1	
2009	72,8	-17,58%	2009	79,7	-15,58%
2010	60,9	-19,48%	2010	64,3	-23,92%
2011	61,0	0,10%	2011	64,4	0,10%
2012	61,0	0,10%	2012	64,5	0,10%
2013	61,2	0,20%	2013	64,6	0,20%
2014	61,3	0,20%	2014	64,7	0,20%
2015	61,8	0,89%	2015	65,3	0,89%
2016	62,1	0,50%	2016	65,6	0,50%
2017	62,2	0,10%	2017	65,7	0,10%
2018	62,3	0,10%	2018	65,8	0,10%
2019	62,3	0,10%	2019	65,8	0,10%
2020	62,4	0,10%	2020	65,9	0,10%

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að flugvallarsvæði á tímabilinu 13:00 - 16:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	85,7		2008	92,4	
2009	73,1	-17,18%	2009	80,0	-15,40%
2010	61,0	-19,81%	2010	64,2	-24,65%
2011	61,1	0,10%	2011	64,3	0,10%
2012	61,2	0,10%	2012	64,3	0,10%
2013	61,3	0,20%	2013	64,5	0,20%
2014	61,4	0,20%	2014	64,6	0,20%
2015	61,9	0,89%	2015	65,2	0,89%
2016	62,3	0,50%	2016	65,5	0,50%
2017	62,3	0,10%	2017	65,6	0,10%
2018	62,4	0,10%	2018	65,6	0,10%
2019	62,4	0,10%	2019	65,7	0,10%
2020	62,5	0,10%	2020	65,8	0,10%





Spá um þróun rennsli frá Fitjum að flugvallarsvæði á tímabilinu 16:00 - 21:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	86,5		2008	92,9	
2009	73,8	-17,19%	2009	80,3	-15,74%
2010	61,8	-19,49%	2010	65,0	-23,43%
2011	61,8	0,10%	2011	65,1	0,10%
2012	61,9	0,10%	2012	65,2	0,10%
2013	62,0	0,20%	2013	65,3	0,20%
2014	62,1	0,20%	2014	65,4	0,20%
2015	62,7	0,89%	2015	66,0	0,89%
2016	63,0	0,50%	2016	66,3	0,50%
2017	63,1	0,10%	2017	66,4	0,10%
2018	63,1	0,10%	2018	66,5	0,10%
2019	63,2	0,10%	2019	66,5	0,10%
2020	63,3	0,10%	2020	66,6	0,10%

Spá um þróun rennsli frá Fitjum að flugvallarsvæði á tímabilinu 21:00 - 10:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	84,5		2008	91,8	
2009	72,1	-17,26%	2009	79,1	-16,06%
2010	60,0	-20,01%	2010	63,4	-24,84%
2011	60,1	0,10%	2011	63,4	0,10%
2012	60,2	0,10%	2012	63,5	0,10%
2013	60,3	0,20%	2013	63,6	0,20%
2014	60,4	0,20%	2014	63,8	0,20%
2015	61,0	0,89%	2015	64,3	0,89%
2016	61,3	0,50%	2016	64,7	0,50%
2017	61,3	0,10%	2017	64,7	0,10%
2018	61,4	0,10%	2018	64,8	0,10%
2019	61,4	0,10%	2019	64,8	0,10%
2020	61,5	0,10%	2020	64,9	0,10%



*Áætlað rennsli frá Fitjum að flugvallarsvæði til ársins 2020.*

*Rennslisgögn frá 2008 – 2010 og áætlun frá 2011 – 2020.*

**Áætlað rennsli að flugv.svæði  
til ársins 2020**

FRAMRÁS

Rennslitímabilið frá kl. 10:00-13:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
308,0	m3/klst	924,1	m3 pr. 3 klst.
262,0	m3/klst	785,9	m3 pr. 3 klst.
219,3	m3/klst	657,8	m3 pr. 3 klst.
219,5	m3/klst	658,5	m3 pr. 3 klst.
219,7	m3/klst	659,1	m3 pr. 3 klst.
220,1	m3/klst	660,4	m3 pr. 3 klst.
220,6	m3/klst	661,8	m3 pr. 3 klst.
222,6	m3/klst	667,7	m3 pr. 3 klst.
223,7	m3/klst	671,1	m3 pr. 3 klst.
223,9	m3/klst	671,7	m3 pr. 3 klst.
224,1	m3/klst	672,4	m3 pr. 3 klst.
224,4	m3/klst	673,1	m3 pr. 3 klst.
<b>224,6</b>	<b>m3/klst</b>	<b>673,7</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>

Rennslitímabilið frá kl. 13:00-16:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
308,5	m3/klst	925,4	m3 pr. 3 klst.
263,2	m3/klst	789,7	m3 pr. 3 klst.
219,7	m3/klst	659,1	m3 pr. 3 klst.
219,9	m3/klst	659,8	m3 pr. 3 klst.
220,1	m3/klst	660,4	m3 pr. 3 klst.
220,6	m3/klst	661,7	m3 pr. 3 klst.
221,0	m3/klst	663,1	m3 pr. 3 klst.
223,0	m3/klst	669,0	m3 pr. 3 klst.
224,1	m3/klst	672,4	m3 pr. 3 klst.
224,4	m3/klst	673,1	m3 pr. 3 klst.
224,6	m3/klst	673,7	m3 pr. 3 klst.
224,8	m3/klst	674,4	m3 pr. 3 klst.
<b>225,0</b>	<b>m3/klst</b>	<b>675,1</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>



Rennslistímabilið frá kl. 16:00-21:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
311,4	m3/klst	1.556,9	m3 pr. 5 klst.
265,7	m3/klst	1.328,5	m3 pr. 5 klst.
222,4	m3/klst	1.111,8	m3 pr. 5 klst.
222,6	m3/klst	1.112,9	m3 pr. 5 klst.
222,8	m3/klst	1.114,0	m3 pr. 5 klst.
223,3	m3/klst	1.116,3	m3 pr. 5 klst.
223,7	m3/klst	1.118,5	m3 pr. 5 klst.
225,7	m3/klst	1.128,6	m3 pr. 5 klst.
226,8	m3/klst	1.134,2	m3 pr. 5 klst.
227,1	m3/klst	1.135,3	m3 pr. 5 klst.
227,3	m3/klst	1.136,5	m3 pr. 5 klst.
227,5	m3/klst	1.137,6	m3 pr. 5 klst.
<b>227,7</b>	<b>m3/klst</b>	<b>1.138,7</b>	<b>m3 pr. 5 klst.</b>

Rennslistímabilið frá kl. 21:00-10:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
304,2	m3/klst	3.954,6	m3 pr. 13 klst.
259,4	m3/klst	3.372,6	m3 pr. 13 klst.
216,2	m3/klst	2.810,2	m3 pr. 13 klst.
216,4	m3/klst	2.813,0	m3 pr. 13 klst.
216,6	m3/klst	2.815,9	m3 pr. 13 klst.
217,0	m3/klst	2.821,5	m3 pr. 13 klst.
217,5	m3/klst	2.827,1	m3 pr. 13 klst.
219,4	m3/klst	2.852,6	m3 pr. 13 klst.
220,5	m3/klst	2.866,8	m3 pr. 13 klst.
220,7	m3/klst	2.869,7	m3 pr. 13 klst.
221,0	m3/klst	2.872,6	m3 pr. 13 klst.
221,2	m3/klst	2.875,5	m3 pr. 13 klst.
<b>221,4</b>	<b>m3/klst</b>	<b>2.878,3</b>	<b>m3 pr. 13 klst.</b>



*Rennsli bakrásar frá flugvallarsvæði að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars  
samkvæmt niðurstöðum rennslisgagna 2008 - 2010.*

<b>2008</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	182.538,0	68,2	80,0	61,0	47,5
FEBRÚAR	178.487,3	71,2	81,0	63,1	48,4
MARS	182.659,0	68,2	74,5	63,5	51,2
NÓVEMBER	173.789,9	67,0	76,6	59,2	52,0
DESEMBER	205.624,8	76,8	87,8	65,4	49,3
Meðalgildi	184.619,8	70,3	80,0	62,4	49,7
Hámarksgildi	205.624,8	76,8	87,8	65,4	52,0
Staðalfrávik	12.291,1	3,9	5,1	2,4	1,9

<b>2009</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	195.952,7	73,2	80,6	65,2	51,1
FEBRÚAR	184.342,3	76,2	86,3	68,0	50,4
MARS	202.816,8	75,7	82,6	68,9	75,7
NÓVEMBER	147.002,8	56,7	62,2	50,4	48,0
DESEMBER	152.435,9	56,9	66,3	46,3	45,1
Meðalgildi	176.510,1	67,7	75,6	59,8	54,1
Hámarksgildi	202.816,8	76,2	86,3	68,9	75,7
Staðalfrávik	25.405,0	10,0	10,7	10,6	12,3

<b>2010</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	149.488,2	55,8	65,2	46,7	45,0
FEBRÚAR	136.246,7	56,3	63,1	49,2	44,4
MARS	139.020,8	51,9	58,8	45,8	45,4
NÓVEMBER	128.123,3	49,4	59,4	41,6	43,0
DESEMBER	139.033,8	51,9	64,5	44,6	43,8
Meðalgildi	138.382,6	53,1	62,2	45,6	44,3
Hámarksgildi	149.488,2	56,3	65,2	49,2	45,4
Staðalfrávik	7.648,2	2,9	2,9	2,8	1,0

Meðaltal 08-10	166.504,1	63,7	72,6	55,9	49,4
----------------	-----------	------	------	------	------



*Meðalrennsli bakrásar eftir tímum sólarhrings frá flugvallarsvæði að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

2008	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	68,0	68,4	69,0	67,9
FEBRÚAR	71,2	71,2	71,6	71,1
MARS	68,3	67,8	68,3	68,3
NÓVEMBER	66,9	67,5	68,7	66,5
DESEMBER	77,0	76,6	77,7	76,3
Meðalgildi	70,3	70,3	71,1	70,0
Hámarksgildi	77,0	76,6	77,7	76,3
Staðalfrávik	4,1	3,8	3,9	3,9

2009	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	72,9	73,6	74,6	72,6
FEBRÚAR	76,6	76,5	76,2	76,0
MARS	75,7	75,4	76,3	75,6
NÓVEMBER	56,8	57,0	57,6	56,3
DESEMBER	57,1	57,7	57,8	56,4
Meðalgildi	67,8	68,0	68,5	67,4
Hámarksgildi	76,6	76,5	76,3	76,0
Staðalfrávik	10,0	9,8	9,9	10,2

2010	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	55,7	56,1	56,7	55,4
FEBRÚAR	56,7	56,5	57,1	56,0
MARS	52,2	52,1	52,4	51,5
NÓVEMBER	49,8	49,5	50,3	49,2
DESEMBER	52,2	52,7	52,8	51,5
Meðalgildi	53,3	53,4	53,9	52,7
Hámarksgildi	56,7	56,5	57,1	56,0
Staðalfrávik	2,8	2,9	2,9	2,9

Meðaltal 08-10	63,8	63,9	64,5	63,4
----------------	------	------	------	------



*Spá um þróun meðalrennslis og hámarksrennslis eftir tímum sólarhrings í bakrás frá flugvallarsvæði að Fitjum fram til ársins 2020.*

## Rennslisgögn 2008-2010// Áætlað rennslis 2011-2020

### BAKRÁS

Spá um þróun bakrennslis frá flugvallarsvæði á tímabilinu 10:00 - 13:00					
Meðalrennslis	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennslis	[l/s]	Aukn. %
2008	70,3		2008	77,0	
2009	67,8	-3,64%	2009	76,6	-0,52%
2010	53,3	-27,24%	2010	56,7	-35,15%
2011	53,4	0,10%	2011	56,7	0,10%
2012	53,4	0,10%	2012	56,8	0,10%
2013	53,5	0,20%	2013	56,9	0,20%
2014	53,6	0,20%	2014	57,0	0,20%
2015	54,1	0,89%	2015	57,5	0,89%
2016	54,4	0,50%	2016	57,8	0,50%
2017	54,4	0,10%	2017	57,9	0,10%
2018	54,5	0,10%	2018	57,9	0,10%
2019	54,5	0,10%	2019	58,0	0,10%
2020	54,6	0,10%	2020	58,1	0,10%

Spá um þróun bakrennslis frá flugvallarsvæði á tímabilinu 13:00 - 16:00					
Meðalrennslis	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennslis	[l/s]	Aukn. %
2008	70,3		2008	76,6	
2009	68,0	-3,31%	2009	76,5	-0,05%
2010	53,4	-27,47%	2010	56,5	-35,58%
2011	53,4	0,10%	2011	56,5	0,10%
2012	53,5	0,10%	2012	56,6	0,10%
2013	53,6	0,20%	2013	56,7	0,20%
2014	53,7	0,20%	2014	56,8	0,20%
2015	54,2	0,89%	2015	57,3	0,89%
2016	54,4	0,50%	2016	57,6	0,50%
2017	54,5	0,10%	2017	57,7	0,10%
2018	54,6	0,10%	2018	57,7	0,10%
2019	54,6	0,10%	2019	57,8	0,10%
2020	54,7	0,10%	2020	57,8	0,10%



Spá um þróun bakrennsli frá flugvallarsvæði á tímabilinu 16:00 - 21:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	71,1		2008	77,7	
2009	68,5	-3,76%	2009	76,3	-1,86%
2010	53,9	-27,17%	2010	57,1	-33,70%
2011	53,9	0,10%	2011	57,1	0,10%
2012	54,0	0,10%	2012	57,2	0,10%
2013	54,1	0,20%	2013	57,3	0,20%
2014	54,2	0,20%	2014	57,4	0,20%
2015	54,7	0,89%	2015	57,9	0,89%
2016	54,9	0,50%	2016	58,2	0,50%
2017	55,0	0,10%	2017	58,3	0,10%
2018	55,1	0,10%	2018	58,3	0,10%
2019	55,1	0,10%	2019	58,4	0,10%
2020	55,2	0,10%	2020	58,5	0,10%

Spá um þróun bakrennsli frá flugvallarsvæði á tímabilinu 21:00 - 10:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	70,0		2008	76,3	
2009	67,4	-3,90%	2009	76,0	-0,45%
2010	52,7	-27,78%	2010	56,0	-35,61%
2011	52,8	0,10%	2011	56,1	0,10%
2012	52,8	0,10%	2012	56,2	0,10%
2013	53,0	0,20%	2013	56,3	0,20%
2014	53,1	0,20%	2014	56,4	0,20%
2015	53,5	0,89%	2015	56,9	0,89%
2016	53,8	0,50%	2016	57,2	0,50%
2017	53,9	0,10%	2017	57,2	0,10%
2018	53,9	0,10%	2018	57,3	0,10%
2019	54,0	0,10%	2019	57,3	0,10%
2020	54,0	0,10%	2020	57,4	0,10%



*Áætlað rennsli í bakrás frá flugvallarsvæði að Fitjum til ársins 2020.*

*Rennslisgögn frá 2008 – 2010 og áætlun frá 2011 – 2020.*

**Áætlað rennsli frá flugv.svæði  
til ársins 2020**

**BAKRÁS**

Rennslitímabilið frá kl. 10:00-13:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
253,0	m3/klst	759,1	m3 pr. 3 klst.
244,1	m3/klst	732,4	m3 pr. 3 klst.
191,9	m3/klst	575,6	m3 pr. 3 klst.
192,1	m3/klst	576,2	m3 pr. 3 klst.
192,3	m3/klst	576,8	m3 pr. 3 klst.
192,6	m3/klst	577,9	m3 pr. 3 klst.
193,0	m3/klst	579,1	m3 pr. 3 klst.
194,8	m3/klst	584,3	m3 pr. 3 klst.
195,7	m3/klst	587,2	m3 pr. 3 klst.
195,9	m3/klst	587,8	m3 pr. 3 klst.
196,1	m3/klst	588,4	m3 pr. 3 klst.
196,3	m3/klst	589,0	m3 pr. 3 klst.
<b>196,5</b>	<b>m3/klst</b>	<b>589,6</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>

Rennslitímabilið frá kl. 13:00-16:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
253,0	m3/klst	759,1	m3 pr. 3 klst.
244,9	m3/klst	734,7	m3 pr. 3 klst.
192,1	m3/klst	576,4	m3 pr. 3 klst.
192,3	m3/klst	577,0	m3 pr. 3 klst.
192,5	m3/klst	577,6	m3 pr. 3 klst.
192,9	m3/klst	578,7	m3 pr. 3 klst.
193,3	m3/klst	579,9	m3 pr. 3 klst.
195,0	m3/klst	585,1	m3 pr. 3 klst.
196,0	m3/klst	588,0	m3 pr. 3 klst.
196,2	m3/klst	588,6	m3 pr. 3 klst.
196,4	m3/klst	589,2	m3 pr. 3 klst.
196,6	m3/klst	589,8	m3 pr. 3 klst.
<b>196,8</b>	<b>m3/klst</b>	<b>590,4</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>





Rennslistímabilið frá kl. 16:00-21:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
255,8	m3/klst	1.279,2	m3 pr. 5 klst.
246,6	m3/klst	1.232,8	m3 pr. 5 klst.
193,9	m3/klst	969,4	m3 pr. 5 klst.
194,1	m3/klst	970,4	m3 pr. 5 klst.
194,3	m3/klst	971,4	m3 pr. 5 klst.
194,7	m3/klst	973,3	m3 pr. 5 klst.
195,0	m3/klst	975,2	m3 pr. 5 klst.
196,8	m3/klst	984,0	m3 pr. 5 klst.
197,8	m3/klst	988,9	m3 pr. 5 klst.
198,0	m3/klst	989,9	m3 pr. 5 klst.
198,2	m3/klst	990,9	m3 pr. 5 klst.
198,4	m3/klst	991,9	m3 pr. 5 klst.
198,6	m3/klst	992,9	m3 pr. 5 klst.

Rennslistímabilið frá kl. 21:00-10:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
252,1	m3/klst	3.276,8	m3 pr. 13 klst.
242,6	m3/klst	3.154,0	m3 pr. 13 klst.
189,9	m3/klst	2.468,3	m3 pr. 13 klst.
190,1	m3/klst	2.470,7	m3 pr. 13 klst.
190,2	m3/klst	2.473,2	m3 pr. 13 klst.
190,6	m3/klst	2.478,2	m3 pr. 13 klst.
191,0	m3/klst	2.483,1	m3 pr. 13 klst.
192,7	m3/klst	2.505,5	m3 pr. 13 klst.
193,7	m3/klst	2.518,0	m3 pr. 13 klst.
193,9	m3/klst	2.520,5	m3 pr. 13 klst.
194,1	m3/klst	2.523,0	m3 pr. 13 klst.
194,3	m3/klst	2.525,6	m3 pr. 13 klst.
194,5	m3/klst	2.528,1	m3 pr. 13 klst.



*Rennsli framrásar frá Fitjum að flugstöð yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt niðurstöðum rennslisgagna 2008 - 2010.*

<b>2008</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	72.316,8	27,0	27,0	27,0	88,2
FEBRÚAR	65.145,6	26,0	26,0	26,0	88,9
MARS	61.603,2	23,0	23,0	23,0	89,3
NÓVEMBER	46.611,0	18,0	32,7	12,5	89,3
DESEMBER	59.200,9	22,1	37,8	12,4	89,0
Meðalgildi	60.975,5	23,2	29,3	20,2	88,9
Hámarksgildi	72.316,8	27,0	37,8	27,0	89,3
Staðalfrávik	9.432,6	3,6	5,9	7,2	0,5

<b>2009</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	52.834,0	19,7	32,9	12,3	89,3
FEBRÚAR	49.409,3	20,4	34,2	13,9	89,4
MARS	57.191,8	21,4	37,2	13,3	89,4
NÓVEMBER	37.144,8	14,3	39,3	8,2	89,2
DESEMBER	56.366,3	21,0	39,1	12,4	89,2
Meðalgildi	50.589,2	19,4	36,5	12,0	89,3
Hámarksgildi	57.191,8	21,4	39,3	13,9	89,4
Staðalfrávik	8.126,4	2,9	2,9	2,2	0,1

<b>2010</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	51.132,6	19,1	32,4	12,8	89,1
FEBRÚAR	53.094,6	21,9	42,2	12,3	89,3
MARS	51.248,5	19,1	39,2	11,3	89,5
NÓVEMBER	55.695,6	21,5	37,6	11,2	89,0
DESEMBER	60.062,0	22,4	40,4	12,3	88,9
Meðalgildi	54.246,7	20,8	38,4	12,0	89,2
Hámarksgildi	60.062,0	22,4	42,2	12,8	89,5
Staðalfrávik	3.739,4	1,6	3,7	0,7	0,2

Meðaltal 08-10	55.270,5	21,1	34,7	14,7	89,1
----------------	----------	------	------	------	------



*Meðalrennsli framrásar eftir tímum sólarhrings frá Fitjum að flugvelli yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

2008	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	27,0	27,0	27,0	27,0
FEBRÚAR	26,0	26,0	26,0	26,0
MARS	23,0	23,0	23,0	23,0
NÓVEMBER	18,0	18,4	17,9	17,9
DESEMBER	21,7	21,9	21,8	22,3
Meðalgildi	23,1	23,3	23,2	23,2
Hámarksgildi	27,0	27,0	27,0	27,0
Staðalfrávik	3,6	3,4	3,6	3,6

2009	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	19,7	19,7	19,4	19,8
FEBRÚAR	20,0	19,8	18,8	20,5
MARS	21,1	20,2	20,1	21,7
NÓVEMBER	14,3	14,4	14,2	14,4
DESEMBER	21,4	21,2	20,6	21,0
Meðalgildi	19,3	19,1	18,6	19,5
Hámarksgildi	21,4	21,2	20,6	21,7
Staðalfrávik	2,9	2,7	2,6	2,9

2010	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	18,8	18,8	18,7	19,3
FEBRÚAR	22,4	21,2	21,3	22,4
MARS	18,9	18,3	17,7	19,6
NÓVEMBER	21,4	21,3	21,4	21,7
DESEMBER	22,5	22,5	22,3	22,5
Meðalgildi	20,8	20,4	20,3	21,1
Hámarksgildi	22,5	22,5	22,3	22,5
Staðalfrávik	1,8	1,8	2,0	1,5

Meðaltal 08-10	21,1	20,9	20,7	21,3
----------------	------	------	------	------



*Spá um þróun meðalrennslis og hámarksrennslis eftir tímum sólarhrings í framrás frá Fitjum að flugstöð fram til ársins 2020.*

## Rennslisgögn 2008-2010// Áætlað rennsli 2011-2020

### FRAMRÁS

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að flugstöð á tímabilinu 10:00 - 13:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	23,1		2008	27,0	
2009	19,3	-19,92%	2009	21,4	-26,42%
2010	20,8	7,30%	2010	22,5	5,08%
2011	21,2	1,96%	2011	23,0	1,96%
2012	21,7	1,96%	2012	23,4	1,96%
2013	22,1	1,96%	2013	23,9	1,96%
2014	22,4	1,48%	2014	24,2	1,48%
2015	22,8	1,48%	2015	24,6	1,48%
2016	23,0	0,99%	2016	24,8	0,99%
2017	23,1	0,50%	2017	25,0	0,50%
2018	23,2	0,50%	2018	25,1	0,50%
2019	23,3	0,50%	2019	25,2	0,50%
2020	23,5	0,50%	2020	25,3	0,50%

### FRAMRÁS

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að flugstöð á tímabilinu 13:00 - 16:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	23,3		2008	27,0	
2009	19,1	-22,07%	2009	21,2	-27,34%
2010	20,4	6,64%	2010	22,5	5,66%
2011	20,8	1,96%	2011	22,9	1,96%
2012	21,2	1,96%	2012	23,4	1,96%
2013	21,7	1,96%	2013	23,8	1,96%
2014	22,0	1,48%	2014	24,2	1,48%
2015	22,3	1,48%	2015	24,6	1,48%
2016	22,5	0,99%	2016	24,8	0,99%
2017	22,7	0,50%	2017	24,9	0,50%
2018	22,8	0,50%	2018	25,1	0,50%
2019	22,9	0,50%	2019	25,2	0,50%
2020	23,0	0,50%	2020	25,3	0,50%



FRAMRÁS

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að flugstöð á tímabilinu 16:00 - 21:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	23,2		2008	27,0	
2009	18,6	-24,17%	2009	20,6	-30,81%
2010	20,3	7,98%	2010	22,3	7,49%
2011	20,7	1,96%	2011	22,8	1,96%
2012	21,1	1,96%	2012	23,2	1,96%
2013	21,5	1,96%	2013	23,7	1,96%
2014	21,8	1,48%	2014	24,0	1,48%
2015	22,2	1,48%	2015	24,4	1,48%
2016	22,4	0,99%	2016	24,6	0,99%
2017	22,5	0,50%	2017	24,8	0,50%
2018	22,6	0,50%	2018	24,9	0,50%
2019	22,7	0,50%	2019	25,0	0,50%
2020	22,8	0,50%	2020	25,1	0,50%

FRAMRÁS

Spá um þróun rennslis frá Fitjum að flugstöð á tímabilinu 21:00 - 10:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	23,2		2008	27,0	
2009	19,5	-19,40%	2009	21,7	-24,64%
2010	21,1	7,84%	2010	22,5	3,86%
2011	21,5	1,96%	2011	23,0	1,96%
2012	22,0	1,96%	2012	23,4	1,96%
2013	22,4	1,96%	2013	23,9	1,96%
2014	22,7	1,48%	2014	24,3	1,48%
2015	23,1	1,48%	2015	24,6	1,48%
2016	23,3	0,99%	2016	24,9	0,99%
2017	23,4	0,50%	2017	25,0	0,50%
2018	23,6	0,50%	2018	25,1	0,50%
2019	23,7	0,50%	2019	25,3	0,50%
2020	23,8	0,50%	2020	25,4	0,50%

### Áætlað rennsli í framrás frá Fitjum að flugvelli til ársins 2020.

### Rennslisgögn frá 2008 – 2010 og áætlun frá 2011 – 2020.

#### Áætlað rennsli að flugstöð til ársins 2020

##### FRAMRÁS

Rennslitímabilið frá kl. 10:00-13:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
83,3	m3/klst	249,9	m3 pr. 3 klst.
69,5	m3/klst	208,4	m3 pr. 3 klst.
74,9	m3/klst	224,8	m3 pr. 3 klst.
76,4	m3/klst	229,3	m3 pr. 3 klst.
78,0	m3/klst	233,9	m3 pr. 3 klst.
79,5	m3/klst	238,6	m3 pr. 3 klst.
80,7	m3/klst	242,2	m3 pr. 3 klst.
81,9	m3/klst	245,8	m3 pr. 3 klst.
82,8	m3/klst	248,3	m3 pr. 3 klst.
83,2	m3/klst	249,5	m3 pr. 3 klst.
83,6	m3/klst	250,8	m3 pr. 3 klst.
84,0	m3/klst	252,0	m3 pr. 3 klst.
<b>84,4</b>	<b>m3/klst</b>	<b>253,3</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>

##### FRAMRÁS

Rennslitímabilið frá kl. 13:00-16:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
83,7	m3/klst	251,2	m3 pr. 3 klst.
68,6	m3/klst	205,8	m3 pr. 3 klst.
73,5	m3/klst	220,4	m3 pr. 3 klst.
75,0	m3/klst	224,9	m3 pr. 3 klst.
76,5	m3/klst	229,4	m3 pr. 3 klst.
78,0	m3/klst	233,9	m3 pr. 3 klst.
79,2	m3/klst	237,5	m3 pr. 3 klst.
80,3	m3/klst	241,0	m3 pr. 3 klst.
81,1	m3/klst	243,4	m3 pr. 3 klst.
81,5	m3/klst	244,6	m3 pr. 3 klst.
82,0	m3/klst	245,9	m3 pr. 3 klst.
82,4	m3/klst	247,1	m3 pr. 3 klst.
<b>82,8</b>	<b>m3/klst</b>	<b>248,3</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>



FRAMRÁS

Rennslistímabilið frá kl. 16:00-21:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
83,4	m3/klst	416,8	m3 pr. 5 klst.
67,1	m3/klst	335,7	m3 pr. 5 klst.
73,0	m3/klst	364,8	m3 pr. 5 klst.
74,4	m3/klst	372,1	m3 pr. 5 klst.
75,9	m3/klst	379,5	m3 pr. 5 klst.
77,4	m3/klst	387,1	m3 pr. 5 klst.
78,6	m3/klst	392,9	m3 pr. 5 klst.
79,8	m3/klst	398,8	m3 pr. 5 klst.
80,6	m3/klst	402,8	m3 pr. 5 klst.
81,0	m3/klst	404,8	m3 pr. 5 klst.
81,4	m3/klst	406,8	m3 pr. 5 klst.
81,8	m3/klst	408,9	m3 pr. 5 klst.
<b>82,2</b>	<b>m3/klst</b>	<b>410,9</b>	<b>m3 pr. 5 klst.</b>

FRAMRÁS

Rennslistímabilið frá kl. 21:00-10:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
83,7	m3/klst	1.087,5	m3 pr. 13 klst.
70,1	m3/klst	910,7	m3 pr. 13 klst.
76,0	m3/klst	988,2	m3 pr. 13 klst.
77,5	m3/klst	1.008,0	m3 pr. 13 klst.
79,1	m3/klst	1.028,2	m3 pr. 13 klst.
80,7	m3/klst	1.048,7	m3 pr. 13 klst.
81,9	m3/klst	1.064,5	m3 pr. 13 klst.
83,1	m3/klst	1.080,4	m3 pr. 13 klst.
83,9	m3/klst	1.091,2	m3 pr. 13 klst.
84,4	m3/klst	1.096,7	m3 pr. 13 klst.
84,8	m3/klst	1.102,2	m3 pr. 13 klst.
85,2	m3/klst	1.107,7	m3 pr. 13 klst.
<b>85,6</b>	<b>m3/klst</b>	<b>1.113,2</b>	<b>m3 pr. 13 klst.</b>



*Rennsli bakrásar frá flugstöð að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt niðurstöðum rennislisgagna 2008 - 2010.*

<b>2008</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	58.924,8	22,0	22,0	22,0	34,0
FEBRÚAR	55.123,2	22,0	22,0	22,0	35,1
MARS	40.176,0	15,0	15,0	15,0	35,2
NÓVEMBER	42.359,4	16,3	24,3	11,4	33,5
DESEMBER	54.952,2	20,5	32,5	11,6	33,7
Meðalgildi	50.307,1	19,2	23,2	16,4	34,3
Hámarksgildi	58.924,8	22,0	32,5	22,0	35,2
Staðalfrávik	8.438,6	3,3	6,3	5,3	0,8

<b>2009</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	49.026,2	18,3	29,5	11,5	33,6
FEBRÚAR	45.409,3	18,8	28,4	12,7	33,3
MARS	52.939,8	19,8	30,8	11,9	33,7
NÓVEMBER	32.889,2	12,7	29,7	6,7	35,5
DESEMBER	51.583,0	19,3	34,0	11,2	32,5
Meðalgildi	46.369,5	17,8	30,5	10,8	33,7
Hámarksgildi	52.939,8	19,8	34,0	12,7	35,5
Staðalfrávik	8.063,0	2,9	2,1	2,4	1,1

<b>2010</b>	Heildarrennsli [m3]	Meðalrennsli [l/s]	Hágildi [l/s]	Lággildi [l/s]	Meðlahiti vatns °C
JANÚAR	46.046,9	17,2	29,7	10,7	32,0
FEBRÚAR	48.329,3	20,0	35,6	9,6	32,2
MARS	47.026,4	17,6	32,0	11,3	33,0
NÓVEMBER	51.255,7	19,8	29,8	10,3	32,6
DESEMBER	55.494,0	20,7	32,9	9,7	32,2
Meðalgildi	49.630,5	19,0	32,0	10,3	32,4
Hámarksgildi	55.494,0	20,7	35,6	11,3	33,0
Staðalfrávik	3.819,0	1,6	2,4	0,7	0,4

Meðaltal 08-10	48.769,0	18,7	28,5	12,5	33,5
----------------	----------	------	------	------	------





*Meðalrennsli bakrásar eftir tímum sólarhrings frá flugvelli að Fitjum yfir álagsmánuðina nóv. – mars samkvæmt rennslisgögnum 2008 – 2010.*

2008	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	22,0	22,0	22,0	22,0
FEBRÚAR	22,0	22,0	22,0	22,0
MARS	15,0	15,0	15,0	15,0
NÓVEMBER	16,4	16,4	16,6	16,4
DESEMBER	20,0	20,2	20,5	20,7
Meðalgildi	19,1	19,1	19,2	19,2
Hámarksgildi	22,0	22,0	22,0	22,0
Staðalfrávik	3,2	3,2	3,2	3,3

2009	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	18,2	18,0	18,2	18,4
FEBRÚAR	18,6	17,8	17,4	19,0
MARS	19,5	17,9	18,8	20,2
NÓVEMBER	12,6	12,4	12,8	12,7
DESEMBER	19,4	19,2	18,9	19,2
Meðalgildi	17,7	17,0	17,2	17,9
Hámarksgildi	19,5	19,2	18,9	20,2
Staðalfrávik	2,9	2,7	2,5	3,0

2010	Meðalrennsli 10-13	Meðalrennsli 13-16	Meðalrennsli 16-21	Meðalrennsli 21-10
	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
JANÚAR	16,8	16,5	17,2	17,4
FEBRÚAR	20,5	18,9	19,6	20,4
MARS	17,3	16,7	16,2	18,0
NÓVEMBER	19,7	19,1	19,9	20,0
DESEMBER	20,8	20,5	20,8	20,8
Meðalgildi	19,0	18,4	18,7	19,3
Hámarksgildi	20,8	20,5	20,8	20,8
Staðalfrávik	1,8	1,7	1,9	1,5

Meðaltal 08-10	18,6	18,2	18,4	18,8
----------------	------	------	------	------



*Spá um þróun meðalrennslis og hámarksrennslis eftir tímum sólarhrings í bakrás frá flugstöð að Fitjum fram til ársins 2020.*

## Rennslisgögn 2008-2010// Áætlað rennsli 2011-2020

### BAKRÁS

Spá um þróun bakrennslis frá flugstöð á tímabilinu 10:00 - 13:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	19,1		2008	22,0	
2009	17,7	-8,04%	2009	19,5	-13,10%
2010	19,0	7,21%	2010	20,8	6,53%
2011	19,4	1,96%	2011	21,2	1,96%
2012	19,8	1,96%	2012	21,7	1,96%
2013	20,2	1,96%	2013	22,1	1,96%
2014	20,5	1,48%	2014	22,4	1,48%
2015	20,8	1,48%	2015	22,8	1,48%
2016	21,0	0,99%	2016	23,0	0,99%
2017	21,1	0,50%	2017	23,1	0,50%
2018	21,2	0,50%	2018	23,2	0,50%
2019	21,3	0,50%	2019	23,3	0,50%
2020	21,4	0,50%	2020	23,4	0,50%

### BAKRÁS

Spá um þróun bakrennslis frá flugstöð á tímabilinu 13:00 - 16:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	19,1		2008	22,0	
2009	17,0	-12,19%	2009	19,2	-14,86%
2010	18,4	7,12%	2010	20,5	6,72%
2011	18,7	1,96%	2011	20,9	1,96%
2012	19,1	1,96%	2012	21,4	1,96%
2013	19,5	1,96%	2013	21,8	1,96%
2014	19,8	1,48%	2014	22,1	1,48%
2015	20,1	1,48%	2015	22,4	1,48%
2016	20,3	0,99%	2016	22,7	0,99%
2017	20,4	0,50%	2017	22,8	0,50%
2018	20,5	0,50%	2018	22,9	0,50%
2019	20,6	0,50%	2019	23,0	0,50%
2020	20,7	0,50%	2020	23,1	0,50%



BAKRÁS

Spá um þróun bakrennsli frá flugstöð á tímabilinu 16:00 - 21:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	19,2		2008	22,0	
2009	17,2	-11,65%	2009	18,9	-16,49%
2010	18,7	8,09%	2010	20,8	9,12%
2011	19,1	1,96%	2011	21,2	1,96%
2012	19,5	1,96%	2012	21,6	1,96%
2013	19,9	1,96%	2013	22,1	1,96%
2014	20,2	1,48%	2014	22,4	1,48%
2015	20,5	1,48%	2015	22,7	1,48%
2016	20,7	0,99%	2016	22,9	0,99%
2017	20,8	0,50%	2017	23,1	0,50%
2018	20,9	0,50%	2018	23,2	0,50%
2019	21,0	0,50%	2019	23,3	0,50%
2020	21,1	0,50%	2020	23,4	0,50%

BAKRÁS

Spá um þróun bakrennsli frá flugstöð á tímabilinu 21:00 - 10:00					
Meðalrennsli	[l/s]	Aukn. %	Hámarksrennsli	[l/s]	Aukn. %
2008	19,2		2008	22,0	
2009	17,9	-7,31%	2009	20,2	-9,00%
2010	19,3	7,44%	2010	20,8	2,98%
2011	19,7	1,96%	2011	21,2	1,96%
2012	20,1	1,96%	2012	21,6	1,96%
2013	20,5	1,96%	2013	22,1	1,96%
2014	20,8	1,48%	2014	22,4	1,48%
2015	21,1	1,48%	2015	22,7	1,48%
2016	21,4	0,99%	2016	23,0	0,99%
2017	21,5	0,50%	2017	23,1	0,50%
2018	21,6	0,50%	2018	23,2	0,50%
2019	21,7	0,50%	2019	23,3	0,50%
2020	21,8	0,50%	2020	23,4	0,50%



*Áætlað rennsli í bakrás frá flugvelli að Fitjum til ársins 2020.*

*Rennslisgögn frá 2008 – 2010 og áætlun frá 2011 – 2020.*

**Áætlað rennsli frá flugstöð  
til ársins 2020**

**BAKRÁS**

Rennslitímabilið frá kl. 10:00-13:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
68,7	m3/klst	206,0	m3 pr. 3 klst.
63,6	m3/klst	190,7	m3 pr. 3 klst.
68,5	m3/klst	205,5	m3 pr. 3 klst.
69,9	m3/klst	209,7	m3 pr. 3 klst.
71,3	m3/klst	213,9	m3 pr. 3 klst.
72,7	m3/klst	218,1	m3 pr. 3 klst.
73,8	m3/klst	221,4	m3 pr. 3 klst.
74,9	m3/klst	224,7	m3 pr. 3 klst.
75,7	m3/klst	227,0	m3 pr. 3 klst.
76,0	m3/klst	228,1	m3 pr. 3 klst.
76,4	m3/klst	229,2	m3 pr. 3 klst.
76,8	m3/klst	230,4	m3 pr. 3 klst.
<b>77,2</b>	<b>m3/klst</b>	<b>231,5</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>

**BAKRÁS**

Rennslitímabilið frá kl. 13:00-16:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
68,8	m3/klst	206,5	m3 pr. 3 klst.
61,4	m3/klst	184,1	m3 pr. 3 klst.
66,1	m3/klst	198,2	m3 pr. 3 klst.
67,4	m3/klst	202,2	m3 pr. 3 klst.
68,7	m3/klst	206,2	m3 pr. 3 klst.
70,1	m3/klst	210,3	m3 pr. 3 klst.
71,2	m3/klst	213,5	m3 pr. 3 klst.
72,2	m3/klst	216,7	m3 pr. 3 klst.
73,0	m3/klst	218,9	m3 pr. 3 klst.
73,3	m3/klst	219,9	m3 pr. 3 klst.
73,7	m3/klst	221,0	m3 pr. 3 klst.
74,1	m3/klst	222,2	m3 pr. 3 klst.
<b>74,4</b>	<b>m3/klst</b>	<b>223,3</b>	<b>m3 pr. 3 klst.</b>



BAKRÁS

Rennslistímabilið frá kl. 16:00-21:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
69,2	m3/klst	345,9	m3 pr. 5 klst.
62,0	m3/klst	309,8	m3 pr. 5 klst.
67,4	m3/klst	337,1	m3 pr. 5 klst.
68,8	m3/klst	343,8	m3 pr. 5 klst.
70,1	m3/klst	350,7	m3 pr. 5 klst.
71,5	m3/klst	357,7	m3 pr. 5 klst.
72,6	m3/klst	363,1	m3 pr. 5 klst.
73,7	m3/klst	368,5	m3 pr. 5 klst.
74,4	m3/klst	372,2	m3 pr. 5 klst.
74,8	m3/klst	374,1	m3 pr. 5 klst.
75,2	m3/klst	375,9	m3 pr. 5 klst.
75,6	m3/klst	377,8	m3 pr. 5 klst.
<b>75,9</b>	<b>m3/klst</b>	<b>379,7</b>	<b>m3 pr. 5 klst.</b>

BAKRÁS

Rennslistímabilið frá kl. 21:00-10:00			
Rennsli pr. klst.		Rennsli yfir tímabilið	
69,2	m3/klst	899,2	m3 pr. 13 klst.
64,5	m3/klst	838,0	m3 pr. 13 klst.
69,6	m3/klst	905,3	m3 pr. 13 klst.
71,0	m3/klst	923,4	m3 pr. 13 klst.
72,5	m3/klst	941,9	m3 pr. 13 klst.
73,9	m3/klst	960,7	m3 pr. 13 klst.
75,0	m3/klst	975,1	m3 pr. 13 klst.
76,1	m3/klst	989,8	m3 pr. 13 klst.
76,9	m3/klst	999,7	m3 pr. 13 klst.
77,3	m3/klst	1.004,7	m3 pr. 13 klst.
77,7	m3/klst	1.009,7	m3 pr. 13 klst.
78,1	m3/klst	1.014,7	m3 pr. 13 klst.
<b>78,4</b>	<b>m3/klst</b>	<b>1.019,8</b>	<b>m3 pr. 13 klst.</b>

