

# Kísiliðjan

Raforkuvinnsla úr varma



## Efnisyfirlit

1.	Inngangur	2
2.	Forsendur	3
3.	Samanburður á nýtingu glatvarma og skiljuvatni til raforkuvinnslu	3
3.1	Raforkuvinnsla úr þéttivatni og afgasi frá verksmiðju	3
3.2	Raforkuvinnsla úr skiljuvatni frá borholum í Bjarnarflagi	4
3.3	Raforkuvinnsla úr þéttivatni, afgasi og skiljuvatni frá borholum	4
3.4	Raforkuvinnsla fyrir rafskautsbrennara	5
3.5	Raforkuvinnsla fyrir nýja kísilduftverksmiðju	6
4.	Samantekt	6
5.	Arðsemi valkosta	8
6.	Nýting glatvarma til raforkuvinnslu - skema	10



## 1. Inngangur

Hérlandis hefur verið gert átak til að nýta innlenda orku til varma- og raforkuvinnslu með góðum árangri. Minni áhersla hefur verið lögð á orkusparnað og nýtingu afgangsorku. Til dæmis fellur til mikill glatvarmi í vinnsluferli verksmiðja sem nýta má mun betur en gert er í dag.

Kísiliðjan í Mývatnssveit er staðsett innan háhitavæðisins í Bjarnarflagi sem upphaflega var virkjað til að mæta gufuafþörf verksmiðjunnar. Í framhaldinu var sett upp tilraunatúrbína til raforkuframleiðslu sem framleiðir 3 MW<sub>e</sub> rafafl með jarðgufu. Þessar tilraunir hafa nú staðið í um þrjá áratugi og gefist vel. Raforkuframleiðsluna má auka verulega með betri túrbínu sem hentar aðstæðum í Bjarnarflagi. Skiljuvatnið frá borholunum er ekki nýtt í dag en úr þeim varma er áætlað að framleiða megi rafafl til viðbótar sem nemur um 2-3 MW<sub>e</sub>.

Nýtanlegt glatvarmafl frá kísilgúrverksmiðjunni nemur um 3 MW þegar verksmiðjan er í gangi. Reikna má með yfir 300 vinnsludögum hjá verksmiðjunni sem svarar til varmaorku sem nemur 22.500 MWh á ári. Úr glatvarmanum má því framleiða rafafl sem nemur um 400 kW<sub>e</sub> eða 20% af allri rafaflþörf verksmiðjunnar. Raforkuvinnsla úr glatvarmanum stuðlar þannig að lækkun álagstoppa í raforkukerfi verksmiðjunnar.

Einnig er athugandi er fyrir Kísiliðjuna að kaupa skiljuvatn frá borholunum í Bjarnarflagi sem hennt er í dag og nýta það ásamt með glatvarma frá vinnslunni til raforkuframleiðslu fyrir verksmiðjuna. Kísiliðjan gæti þannig nýtt tilfallandi glatvarma frá vinnslunni og skiljuvatn úr Bjarnarflagi og annað allri raforkuþörf fyrirtækisins.

Samhliða áformum um breyttan rekstur Kísiliðjunnar og byggingu kísilduftverksmiðju er einnig athugandi að tryggja aðgang að jarðvarmanum í Bjarnarflagi og framleiða gufu, raforku og heitt vatn til nota fyrir hina nýju verksmiðju.

Metin er hagkvæmni þess að framleiða:

- Raforku úr glatvarma frá kísilgúrverksmiðju
- Raforku úr skiljuvatni frá borholum í Bjarnarflagi
- Raforku úr glatvarma frá verksmiðju og skiljuvatni frá borholum
- Raforku fyrir rafskautsbrennara í stað svartolíubrennara í glæðiofni

Einnig er gerður lauslegur samanburður á orkukostnaði fyrir nýja kísilduftverksmiðju. Gengið er út frá að orkupörf verksmiðjunnar verði fullnægt með gufu og raforku framleiddri úr skiljuvatni frá borholunum í Bjarnarflagi í stað þess að kaupa svartolíu til hitunar og raforku af rafmagnsveitunum.



## 2. Forsendur

Við mat á hagkvæmni glatvarmanýtingar frá kíslgúrverksmiðjunni er reiknað með að setja upp varmavinnslubúnað sem framleiðir raforku úr afgasi frá glæðiofn og affallsvatni frá þurrkurum verksmiðjunnar. Einnig er metin hagkvæmni þess að framleiða alla raforku fyrir verksmiðjuna með kaupum á skiljuvatni frá borholunum í Bjarnarflagi til raforkuvinnslunnar.

Gert er ráð fyrir að gufuveitan í Bjarnarflagi leggi til, eigi og annist tæki, lagnir og annan búnað sem tilheyrir núverandi gufuveitu. Kísiliðjan leggur til, á og annast lagnir frá gufuveitunni ásamt búnaði til flutnings á skiljuvatninu að vinnsluhúsum verksmiðjunnar. Einnig leggur Kísiliðjan til, á og annast öll tæki og búnað til raforkuvinnslu úr glatvarmanum og skiljuvatninu.

Meðalverð á raforku til Kísiliðjunnar er í dag nálægt 3,5 kr/kWh. Meðalverð á gufu til verksmiðjunnar er um 100 kr/tonn og meðalverð á svartolíu nálægt 2,5 kr/kWh. Gert er ráð fyrir að samningar náist um verð á skiljuvatni til verksmiðjunnar sem nemur 10 % af meðalverði gufunnar eða 10 kr/tonn.

Einnig er lagt mat á hagkvæmni þess að setja upp rafskautsbrennara í stað svartolíubrennara til glæðingar á kíslgúrnum og nýta skiljuvatnið frá borholunum til raforkuframleiðslu fyrir rafskautsbrennarann. Varmi frá eimsvala raforkuversins verður síðan nýttur til upphitunar á kíslgúr forðaþróum verksmiðjunnar og til snjóbræðslu.

Árlegur rekstrartími verksmiðjunnar er áætlaður 7.500 klukkustundir, stofnfjárfestingin beri 6% vexti og rekstrar- og viðhaldskostnaðurinn nemí 2% af stofnkostnaði.

## 3. Samanburður á nýtingu glatvarma og skiljuvatni til raforkuvinnslu

Kannaðir eru eftirtaldir kostir til raforkuvinnslu hjá Kísiliðjunni. Varminn úr þéttivatni frá þurrkurum og afgasi frá olíubrennara er nýttur til raforkuframleiðslu (affalls- og útblástursvarmi). Varminn úr skiljuvatni frá borholum er nýttur til raforkuframleiðslu (skiljuvatnsvarmi). Varminn úr þéttivatni frá þurrkurum, afgasi frá olíubrennara og skiljuvatni frá borholum er nýttur til raforkuframleiðslu (affalls-, útblásturs- og skiljuvatnsvarmi). Rafskautsbrennari í stað olíubrennara er settur í kíslgúrglæðiofn og varminn úr skiljuvatni nýttur til raforkuvinnslu fyrir glæðiofni (kíslgúrglæðing).

Einnig er gerður lauslegur samanburður á orkukostnaði nýrrar kísilduftverksmiðju miðað við aðkeypta olíu- og raforku annars vegar og eigin framleiðslu hins vegar.

### 3.1 Raforkuvinnsla úr þéttivatni og afgasi frá verksmiðju

Settur verði upp búnaður sem nýtir varma úr þéttivatni frá kíslgúrþurrkurum og varma úr afgasi frá kíslgúrglæðiofn til raforkuframleiðslu. Varminn frá eimsvala vinnslubúnaðarins verður síðan nýttur til upphitunar á kíslgúr forðaþróum verksmiðjunnar og snjóbræðslu.

Árleg varmaorka úr glatvarma frá þéttivatni og afgasi verksmiðjunnar er áætluð um 22.500 MWh. Gert er ráð fyrir að virkjanlegt rafafli úr glatvarmanum sé um 400 kW<sub>e</sub> og árleg raforkuframleiðsla nemí 3.000 MWh eða um 20% af raforkuþörf verksmiðjunnar.



Sparnaður vegna minni raforkukaupa Kísiliðjunnar er því um 10,5 milljónir króna á ári.

Kostnaður við innkaup og uppsetningu á tækjum og búnaði til raforkuvinnslu úr þéttivatni og afgasi og tenging við raforkukerfi verksmiðjunnar er áætlaður um 60 milljónir króna. Gert er ráð fyrir að stofnkostnaðurinn greiðist á 20 árum með 6% vöxtum.

Árlegur rekstrar- og viðhaldskostnaður vegna raforkuvinnslu úr þéttivatni og afgasi er áætlaður 1,2 milljónir króna og kostnaður vegna vaxta og afborgana um 5,2 milljónir.

Ef stofnfjárfestingin er 60 milljónir króna og endurgreiðslutíminn 20 ár með 6% vöxtum verður framleiðslukostnaður raforkunnar 2,14 kr/kWh og rekstrarafkoman um 4 milljónir króna á ári.

Arðsemi 60 milljóna króna fjárfestingar er um 16% og endurgreiðslutíminn 8,4 ár.

### **3.2 Raforkuvinnsla úr skiljuvatni frá borholum í Bjarnarflagi**

Settur verði upp búnaður sem nýtir varma úr skiljuvatni frá borholum gufuveitunnar í Bjarnarflagi til raforkuframleiðslu. Varminn frá eimsvala vinnslubúnaðarins verður síðan nýttur til upphitunar á kísligúr forðaþróm verksmiðjunnar og snjóbræðslu.

Gert er ráð fyrir að anna megi allri raforkuþörf verksmiðjunnar með virkjun skiljuvatnsins eða 14.000 MWh á ári. Úr skiljuvatninu verður nýtt um 90.000 MWh af varmaorku og framleitt rafael sem nemur um 2.000 kW<sub>e</sub>. Sparnaður vegna raforkukaupa samsvarar því heildar raforkuinnkaupum Kísiliðjunnar eða um 48,3 milljónum króna á ári.

Kostnaður við lagnir og búnað til flutnings á skiljuvatninu að verksmiðjunni, innkaup á tækjum og búnaði til raforkuvinnslunnar og tenging við raforkukerfi verksmiðjunnar er áætlaður um 215 milljónir króna. Gert er ráð fyrir að stofnkostnaðurinn greiðist á 20 árum með 6% vöxtum.

Árlegur kostnaður vegna kaupa á skiljuvatni og rekstrar- og viðhaldskostnaður vegna raforkuvinnslunnar er áætlaður 8,7 milljónir króna og kostnaður vegna vaxta og afborgana um 18,7 milljónir króna.

Ef stofnfjárfestingin er 215 milljónir króna og endurgreiðslutíminn 20 ár með 6% vöxtum verður framleiðslukostnaður raforkunnar 1,83 kr/kWh og rekstrarafkoman um 20,9 milljónir króna á ári.

Arðsemi 215 milljóna króna fjárfestingar er um 18% og endurgreiðslutíminn 6,8 ár.

### **3.3 Raforkuvinnsla úr þéttivatni, afgasi og skiljuvatni frá borholum**

Settur verði upp búnaður sem nýtir varma úr þéttivatni og afgasi frá verksmiðju og úr skiljuvatni frá borholum gufuveitunnar í Bjarnarflagi til raforkuframleiðslu. Varminn frá eimsvala vinnslubúnaðarins verður síðan nýttur til upphitunar á kísligúr forðaþróm verksmiðjunnar og snjóbræðslu.



Gert er ráð fyrir að anna megi allri raforkuþörf verksmiðjunnar með virkjun þéttivatnsins, afgassins og skiljuvatnsins eða 14.000 MWh á ári. Úr þéttivatninu og afgasinu verður nýtt um 22.000 kWh og úr skiljuvatninu um 70.000 MWh af varmaorku og framleitt rafael sem nemur um 2.000 kW<sub>e</sub>. Sparnaður vegna raforkukaupa samsvarar því heildar raforkuinnkaupum Kísiliðjunnar eða um 48,3 milljónir króna á ári.

Kostnaður við lagnir og búnað til flutnings á skiljuvatninu til verksmiðjunnar, innkaup á tækjum og búnaði til raforkuvinnslunnar og tenging við raforkukerfi verksmiðjunnar er áætlaður um 210 milljónir króna. Gert er ráð fyrir að stofnkostnaðurinn greiðist á 20 árum með 6% vöxtum.

Árlegur kostnaður vegna kaupa á skiljuvatni og rekstrar- og viðhaldskostnaður vegna raforkuvinnslunnar er áætlaður um 7,3 milljónir króna og kostnaður vegna vaxta og afborgana um 18,3 milljónir króna.

Ef stofnfjárfestingin er 210 milljónir króna og endurgreiðslutíminn 20 ár með 6% vöxtum verður framleiðslukostnaður raforkunnar 1,70 kr/kWh og rekstrarrafkoman um 22,7 milljónir króna á ári.

Arðsemi 210 milljóna króna fjárfestingar er um 20% og endurgreiðslutíminn 6,3 ár.

### 3.4 Raforkuvinnsla fyrir rafskautsbrennara

Settur verði upp rafskautsbrennari í kísligúrglæðiofn í stað svartolíubrennara. Einnig verði settur upp búnaður sem nýtir varma úr skiljuvatni frá borholum gufuveitunnar í Bjarnarflagi til raforkuframleiðslu fyrir rafskautsbrennarann. Varminn frá eimsvala vinnslubúnaðarins verður síðan nýttur til upphitunar á kísligúr forðaþróum verksmiðjunnar og snjóbræðslu.

Gert er ráð fyrir að anna raforkuþörf rafskautsbrennara glæðiofnsins með virkjun skiljuvatnsins eða 22.500 MWh á ári. Úr skiljuvatninu verða nýtt um 135.000 MWh af varmaorku og framleitt rafael sem nemur um 3.000 kW<sub>e</sub>. Sparnaður með rafskautsbrennarum samsvarar því lækkun á svartolíuinnkaupum til verksmiðjunnar sem eru áætluð um 56,3 milljónir króna á ári.

Kostnaður við lagnir og búnað til flutnings á skiljuvatninu til verksmiðjunnar, innkaup og uppsetning á rafskautsbrennara ásamt tækjum og búnaði til raforkuvinnslunnar og tenging við raforkukerfi verksmiðjunnar er áætlaður um 280 milljónir króna. Gert er ráð fyrir að stofnkostnaðurinn greiðist á 20 árum með 6% vöxtum.

Árlegur kostnaður vegna kaupa á skiljuvatni og rekstrar- og viðhaldskostnaður vegna raforkuvinnslunnar er áætlaður 12,7 milljónir króna og kostnaður vegna vaxta og afborgana um 24,4 milljónir króna.

Ef stofnfjárfestingin er 280 milljónir króna og endurgreiðslutíminn 20 ár með 6% vöxtum verður framleiðslukostnaður raforkunnar 1,65 kr/kWh og rekstrarrafkoman um 19,1 milljón króna á ári.

Arðsemi 280 milljóna króna fjárfestingar er um 16% og endurgreiðslutíminn 8,4 ár.



### 3.5 Raforkuvinnsla fyrir nýja kísilduftverksmiðju

Gerður er lauslegur samanburður á raforkukostnaði fyrir nýja kísilduftverksmiðju sem framleiðir eigin raforku úr varma í stað þess að kaupa hana af rafmagnsveitunum.

Gert er ráð fyrir að ný kísilduftverksmiðja verði reist í stað núverandi kísilgúrverksmiðju í Bjarnarflagi. Gengið er út frá að verksmiðjan hafi aðgang að varmaorku í Bjarnarflagi. Gufa verður keypt til hitunnar og þurrkunar og einnig verður skiljuvatn frá borholum keypt til raforkuframleiðslu fyrir verksmiðjuna.

Áætlað er að nýja kísilduftverksmiðjan noti árlega um 180.000 tonn af gufu, 43.000 MWh af raforku og 2.500 tonn af svartolíu til rekstrarins. Ráðgert er að í stað svartolíu verði notuð raforka og árleg raforkunotkun verði því um 46.500 MWh.

Miðað við núverandi verð á gufu 100 kr/tonn, raforkuverð 3,5 kr/kWh og svartolíuverð 2,5 kr/kWh nemur kostnaður verksmiðjunnar vegna orkukaupa, þ.e. gufu, svartolíu og raforku um 230 milljónum króna á ári.

Verði raforka notuð til hitunar í stað svartolíu hjá verksmiðjunni og Kísiliðjan framleiði sjálf raforkuna verður kostnaður fyrirtækisins vegna kaupa á gufu og skiljuvatni til raforkuframleiðslunnar um 100 milljónir króna á ári. Sparnaður vegna orkuinnkaupa nemur þannig 130 milljónum króna árlega eða um 57%.

## 4. Samantekt

Kísiliðjan í Mývatnssveit er staðsett innan háhitasvæðisins í Bjarnarflagi og því handhægt fyrir verksmiðjuna að nýta varmaorku af svæðinu.

Tilfallandi glatvarmi frá kísilgúrverksmiðjunni er verulegur. Nýtanlegt varmafl er um 3 MW og gert er ráð fyrir yfir 300 vinnsludögum á ári. Orkan sem hagkvæmt er vinna úr glatvarmanum frá verksmiðjunni er þannig um 22.500 MWh á ári. Glatvarminn frá verksmiðjunni dugar því til að framleiða rafafl sem nemur um 400 kW<sub>e</sub> eða 20% af rafaflþörf Kísiliðjunnar.

Með samnýtingu á glatvarmanum og skiljuvatni frá borholunum í Bjarnarflagi sem ekki er nýtt í dag má anna allri raforkuþörf verksmiðjunnar eða 14.000 MWh á ári og virkja þannig rafafl sem nemur um 2.000 kW<sub>e</sub>.

Virkjun skiljuvatnsins frá borholunum opnar einnig möguleika á að kynda kísilgúrglæðiofn verksmiðjunnar með raforku og stuðla þannig að aukinni notkun á endurnýjanlegri innlendri orku.

- Raforkuvinnsla úr þéttivatni og afgasi frá verksmiðjunni nemur um 3.000 MWh á ári og skilar um 4 milljóna króna afkomu. Framleiðslukostnaður raforkunnar er 2,14 kr/kWh og endurgreiðslutími fjárfestingarinnar 8,4 ár.
- Raforkuvinnsla úr skiljuvatni frá borholum nemur um 14.000 MWh á ári og skilar um 20,9 milljóna króna afkomu. Framleiðslukostnaður raforkunnar er 1,83 kr/kWh og endurgreiðslutími fjárfestingarinnar 6,8 ár.



- Raforkuvinnsla úr þéttivatni og afgasi frá verksmiðjunni og skiljuvatni frá borholum nemur um 14.000 MWh á ári og skilar um 22,7 milljóna króna afkomu. Framleiðslukostnaður raforkunnar er 1,70 kr/kWh og endurgreiðslutíminn 6,3 ár.
- Raforkuvinnsla úr skiljuvatni frá borholum til nota fyrir rafskautsbrennara í glæðiofni nemur um 22.500 MWh á ári og skilar um 19,1 milljóna króna afkomu. Framleiðslukostnaðurinn er 1,65 kr/kWh og endurgreiðslutími fjárfestingar 8,4 ár.
- Ný kísilduftverksmiðja sem framleiðir eigin raforku úr skiljuvatni frá borholum í Bjarnarflagi getur lækkað orkukostnað sinn um 57% eða 130 milljónir króna á ári.

Virkjun glatvarmans frá kísilgúrverksmiðjunni til raforkuframleiðslu fyrir vinnsluna er mjög áhugaverður kostur. Einnig er álitlegt fyrir Kísiliðjuna að kanna nánar möguleika á að virkja skiljuvatnið frá borholunum í Bjarnarflagi og anna þannig allri raforkupörf verksmiðjunnar.

Samhliða áformum um að reisa nýja kísilduftverksmiðju í Bjarnarflagi er einnig áhugavert að kanna möguleika á að nýta skiljuvatnið frá borholunum í Bjarnarflagi sem ekki er nýtt í dag og framleiða eigin raforku fyrir verksmiðjuna. Líklegt er að slík raforkuframleiðsla muni lækka orkukostnað verksmiðjunar verulega.

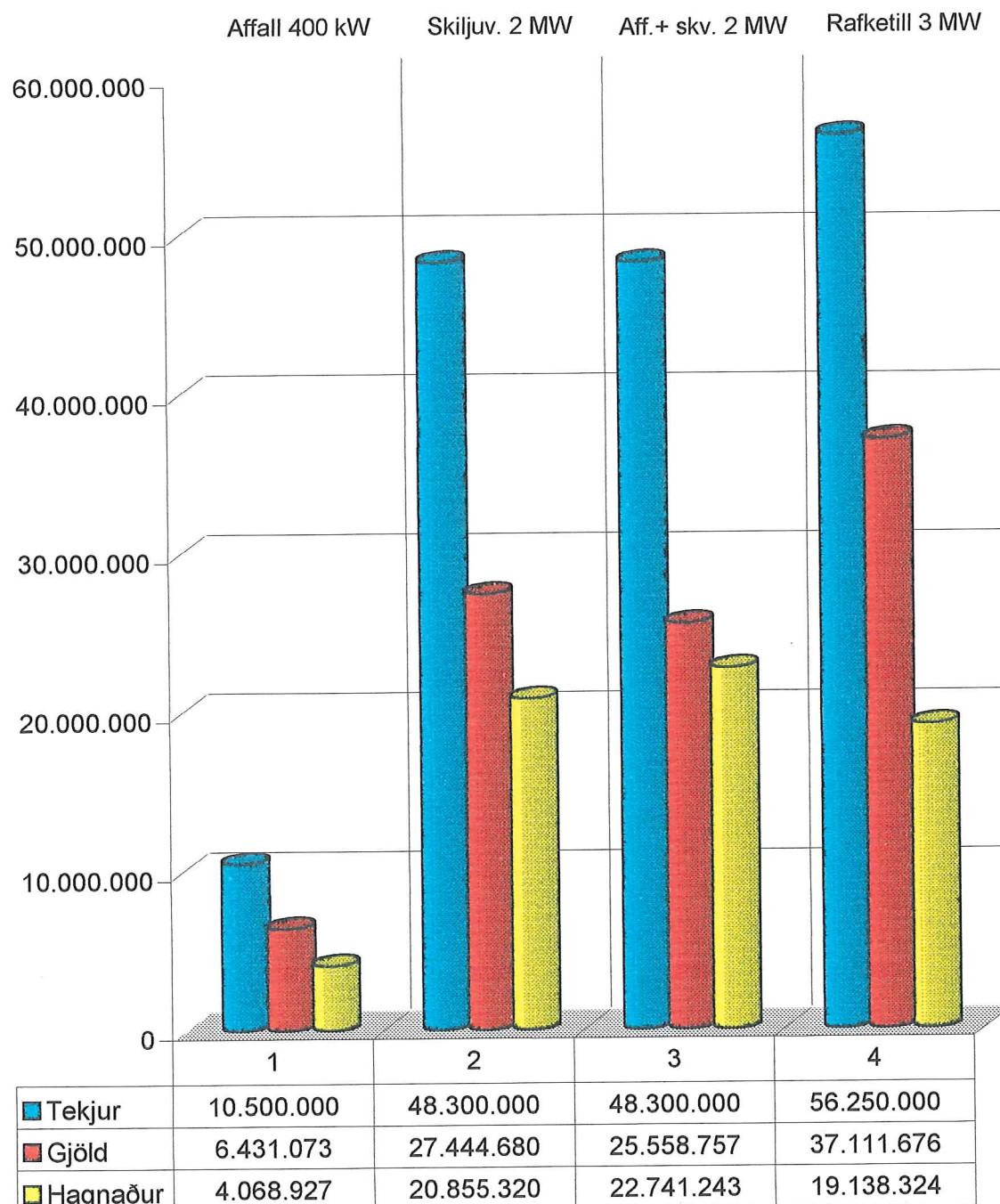
Nýting á innlendri endurnýjanlegri orku mun einnig gera fyrirtækið óháðara jarðefnaeldsneyti og minnka um leið áhrif frá verðsveiflum á eldsneyti erlendis. Þannig mun aukin notkun innlendar endurnýjanlegrar orku styrkja samkeppnishæfni fyrirtækisins á alþjóðamarkaði.

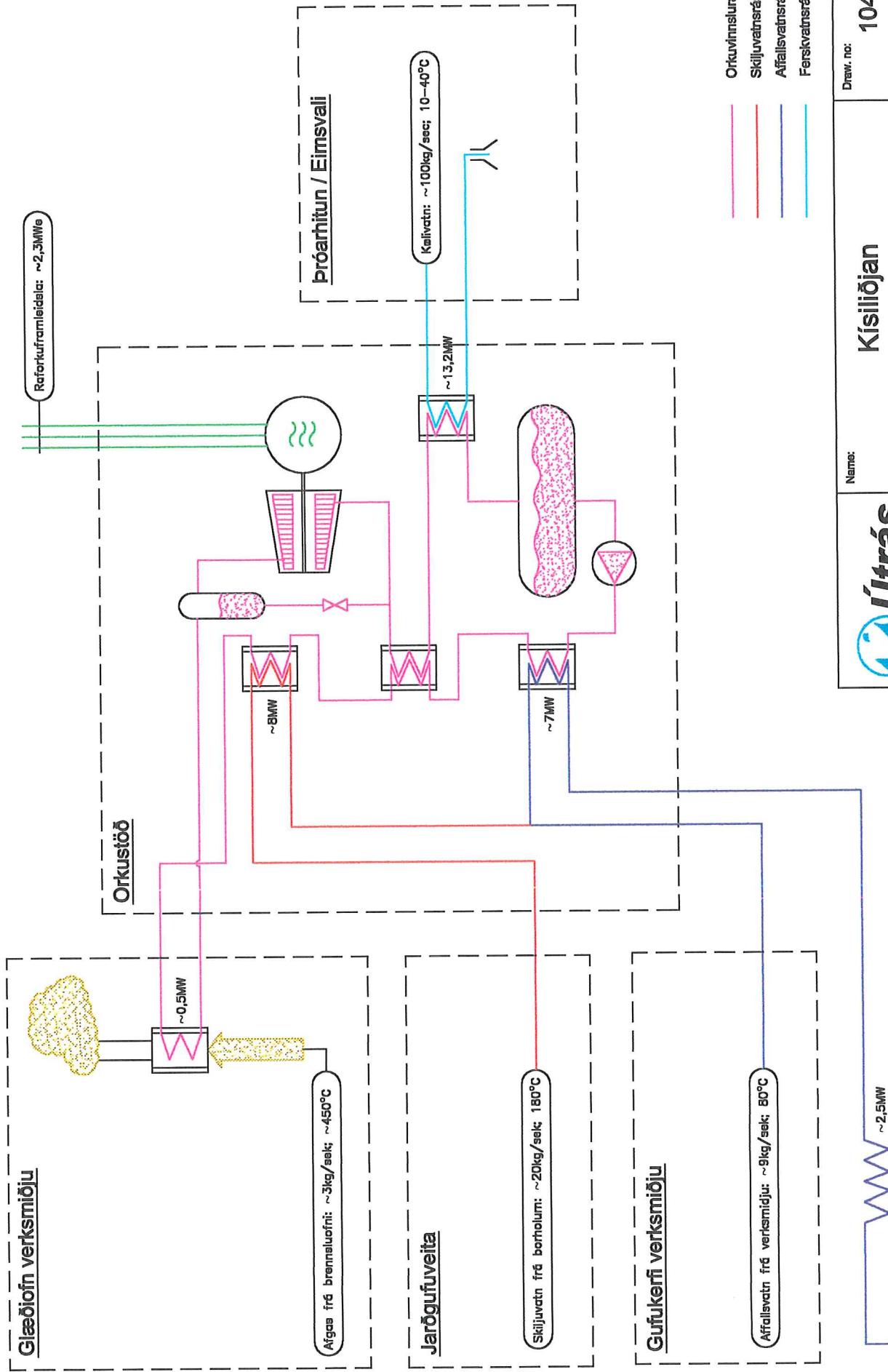
## Raforkuvinnsla úr varma

## 5. Arðsemi valkosta

Valkostir:		1) Affall 400 kW <sub>e</sub>	2) Skiljuv. 2 MW <sub>e</sub>	3) Aff.+skv. 2 MW <sub>e</sub>	4) Rafketill 3 MW <sub>e</sub>
Forsendur:					
Varmaafl;	kW	3.000	12.000	3.000 + 9.500	18.000
Rafafl;	kW <sub>e</sub>	400	2.000	2.000	3.000
Gasflæði;	kg/s	3		3	
Vökvaflæði;	kg/s	9	20	9 + 15	30
Rekstrartími;	klst/ár	7.500	7.500	7.500	7.500
Raforkuframleiðsla;	MWh	3.000	15.000	15.000	22.500
Raforkuverð til verksm;	3,50 kr/kWh				
Svartolíoverð til verksm;	2,50 kr/kWh				
Verðmæti raforkuframl;	kr.	10.500.000	48.300.000	48.300.000	56.250.000
Vatnskaup til raforkuframl;	10 kr/tonn, kr.		5.400.000	4.050.000	8.100.000
Fjármagnskostnaður 1. árs;	6,0 %,	3.600.000	12.900.000	12.600.000	16.800.000
Rekstur. og viðh., % af st.k;	2,0 %,	1.200.000	3.300.000	3.200.000	4.600.000
Endurgreiðslutími fjárfestingar;	ár	20	20	20	20
Framleiðslukostnaður raforku;	kr/kWh	2,14	1,83	1,70	1,65
Stofnkostnaður;	kr.	60.000.000	215.000.000	210.000.000	280.000.000
Sparnaður í orkukaupum;	kr.	10.500.000	48.300.000	48.300.000	56.250.000
Rekstur og viðhald;	kr.	1.200.000	8.700.000	7.250.000	12.700.000
Afborganir og vextir;	kr.	5.231.073	18.744.680	18.308.757	24.411.676
Rekstrarrafkoma;	kr.	4.068.927	20.855.320	22.741.243	19.138.324
Arðsemi fjárfestingar;	%	16	18	20	16
Endurgreiðslutími stofnkostn;	ár	8,4	6,8	6,3	8,4

## Rafokuvinnsla úr varma





Name:	Kísilíðjan
Project:	Nýting glatvarma til raforkuvinnslu

