

Varmadælar til kyndingar í Grímsey

„Grímsey heitir sveitin og er umflotin ey, sex vikur sjóar undan fastalandi út frá Eyjafjarðar mynni.”
(bls. 310) Jarðabók Árna Magnússonar og Páls Vídalíns (1943)

Háskólinn á Akureyri	
Viðskipta- og raunvísindadeild	
Fag	LOK 1223
Heiti verkefnis	Varmadætur til kyndingar í Grímsey
Verktími	Haust 2009 og vor 2010
Heiti fyrirtækis	Efla hf
Tengiliður HA	Axel Björnsson
Tengiliður Efla hf	Arnar Snorrason
Nemandi	Hrönn Brynjarsdóttir
Leiðbeinandi	Sigurður Ingi Friðleifsson
Upplag	6
Blaðsíðufjöldi	24
Fjöldi viðauka	2
Útgáfu- og notkunarréttur	opinn

Yfirlýsingar

Ég lýsi því yfir að ég ein er höfundur þessa verkefnis og að það er afrakstur eigin rannsókna

Hrönn Brynjarsdóttir

Það staðfestist að verkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til prófs í námskeiðinu
LOK1223

Sigurður Ingi Friðleifsson

Abstract

The purpose of this project was to evaluate if the installation of heatpumps would decrease the use of gasoline for domestic heating in Grímsey, where heating has been getting more expensive over the last couple of years. The people of Grímsey find themselves in the unique position of having access neither to the traditional Icelandic geothermal heating nor the mainland electric grid therefore relying on power stations driven by diesel oil. Grímsey possesses considerable geothermal energy but attempts to harness it for domestic heating have been unsuccessful, thus raising hopes that heatpumps could solve the problem. Presently, 110.000 liters of gasoline are burned annually in Grímsey for domestic heating. If heatpumps were to be installed, the diesel power stations supplying the electricity would need 64.700 liters of oil to meet the energy requirements of the heatpumps. This means a considerable reduction of oil requirements for domestic heating. It must be taken into account that electricity generated by the diesel power stations is expensive compared to the electricity from the mainland grid. Therefore the installation of heatpumps would not reduce the operating costs of domestic heating significantly. The people of Grímsey would still need considerable subsidies. The conclusion is that although the installation of heatpumps would reduce the amount of oil required for domestic heating on the island, it would only cause a slight decrease in operating costs unless electricity production costs can be lowered.

Keywords: Grímsey, heat pump, heating system, oil

Þakkarorð

Eftirfarandi aðilar fá sérstakar þakkir fyrir aðstoð við verkefnið:

- Benedikt Guðmundsson fyrir einstaka hjálpsemi og skjót viðbrögð við ýmsum spurningum varðandi niðurgreiðslur til Grímseyinga.
- Arnar Már Snorrason og Jóhannes Rúnar Magnússon starfsmenn Eflu hf. fyrir hugmyndina að verkefninu og spjall því tengt.
- Sigrún Sveinbjörnsdóttir og Pálmi Óskarsson fyrir prófarkalestur.
- Brynjar Ingi Skaptason fyrir barnapössun.
- Helga Tómasdóttir, fyrir enskuráðgjöf.
- Sigurður Ingi Friðleifsson fyrir handleiðslu.
- Axel Björnsson fyrir að vera tengiliður HA.

Útdráttur

Tilgangur verkefnisins var að kanna hvort uppsetning varmadæla gæti minnkað olíunotkun til húshitunar í Grímsey, þar sem húshitunarkostnaður hefur hækkað mikið undanfarin ár. Grímseyingar búa við þá sérstöðu að hafa hvorki aðgang að hefðbundinni hitaveitu né landsneti rafmagns og kynda því með olíubrennslu og fá sitt rafmagn frá dísilrafstöðvum sem ganga fyrir olíu. Jarðvarmi í eyggi er umtalsverður en illa hefur gengið að koma upp hefðbundinni hitaveitu; því voru vonir um að varmadælar gætu hjálpað til við að leysa orkuvandann í Grímsey. Núverandi olíukynding grímseyskra heimila krefst árlega um 110.000 lítra af olíu og með hækkingu heimsmarkaðsverði olíunnar hefur kostnaður við kyndingu í Grímsey aukist hratt. Dísilrafstöðvarnar sem sæju varmadælunum fyrir rafmagni þyrftu um 64.700 lítra af olíu árlega til að anna raforkuþörf varmadælanna. Þetta er töluverð minnkun í olíunotkun til hitunar heimilanna en taka verður inn í dæmið að rafmagnið frá dísilrafstöðvunum er dýrt í samanburði við rafmagn sem keypt er af landsnetinu. Af því leiðir að sá sparnaður sem næst í rekstrarkostnaði húshitunar í eyggi með skiptingu yfir í varmadælar er ekki mikill. Eftir uppsetningu varmadæla þyrftu Grímseyingar eftir sem áður töluverðar niðurgreiðslur vegna húshitunar. Niðurstaða verkefnisins er að þrátt fyrir að skipting yfir í kyndingu með varmadælum geti dregið verulega úr árlegri olíuþörf heimilanna, næst óverulegur rekstrarsparnaður kyndingar við innleiðslu varmadæla í eyggi nema til komi ódýrari aðferðir við framleiðslu rafmagns.

Lykilorð: Grímsey, húshitun, varmadæla, olía

Efnisyfirlit

1	INNGANGUR	1
2	GRÍMSEY	2
3	FRÆÐILEGUR BAKGRUNNUR	4
3.1	ORKUNOTKUN Í GRÍMSEY NÚ Á DÖGUM.....	4
3.2	NIÐURGREIÐSLUR HÚSHITUNARKOSTNAÐAR.....	5
3.3	HUGMYNDRIR AÐ LAUSNUM FYRIR GRÍMSEY.....	6
3.3.1	<i>Rafstrengur</i>	6
3.3.2	<i>Hitaveita</i>	6
3.3.3	<i>Vindorka</i>	7
3.3.4	<i>Varmadælur</i>	8
3.4	VARMAÐÆLUR.....	8
3.5	ÍSLENSKT DÆMI UM VARMAÐÆLU.....	9
4	RANNSÓKNARSPURNINGIN	10
4.1	AÐFERÐ	11
5	NIÐURSTÖÐUR	12
5.1	NÚVERANDI OLÚKYNDING.....	12
5.1.1	<i>Lítrar olíu og útblástur CO₂</i>	12
5.1.2	<i>kWst</i>	12
5.1.3	<i>Rekstrarkostnaður</i>	12
5.2	VARMAÐÆLUR TIL KYNDINGAR.....	13
5.2.1	<i>kWst, lítrar olíu og útblástur CO₂</i>	13
5.2.2	<i>Rekstrarkostnaður</i>	13
5.3	ORKUSPARNAÐUR EF SKIPT ER YFIR Í VARMAÐÆLUR.....	14
5.4	SPARNAÐUR Í REKSTRARKOSTNAÐI EF SKIPT ER YFIR Í VARMAÐÆLUR.....	15
5.5	SAMANTEKT NIÐURSTAÐNA	16
6	UMRÆÐA	17
7	LOKAORÐ	21
8	HEIMILDASKRÁ	22
9	VIÐAUKAR	A
9.1	VIÐAUKI 1 ÁRLEG OLÚNOTKUN HEIMILANNA 2002 - 2009	A
9.2	VIÐAUKI 2 RAFMAGNSNOTKUN Í GRÍMSEY 2008.....	B

Myndaskrá

Mynd 1	Árleg olíunotkun heimilanna	5
Mynd 2	Grenhóll, keypt raforka á ári.....	10
Mynd 3	Árleg olíunotkun heimilanna	15
Mynd 4	Árlegur rekstrarkostnaður húshitunar heimilanna	15

Töfluskrá

Tafla 1	Árlegur kostnaður við kyndingu heimila í Grímsey	13
Tafla 2	Framleiðslukostnaður á 700 MWst af raforku í Grímsey	14
Tafla 3	Samantekt niðurstaðna	16

1 Inngangur

Í Grímsey eru húsakynni hituð með brennslu olíu. Heimsmarkaðsverð á olíu hefur farið hratt hækkandi síðustu misseri og um leið hefur rekstrarkostnaður húshitunar í Grímsey hækkað. Auk þessa er sífellt meiri vakning í heiminum gagnvart þeim neikvæðu umhverfisáhrifum sem brennsla á jarðefnaeldsneyti hefur. Í þessu verkefni verður kannað hvort uppsetning varmadæla geti dregið úr olíunotkun til húshitunar í eygni. Einnig verður athugað hvort rekstrarkostnaður varmadælukeyndingar íbúðarhúsanna sé lægri en rekstrarkostnaður þeirrar keyndingar sem fyrir er.

2 Grímsey

Nyrsta byggð á Íslandi er í Grímsey, rúmlega 40 kílómetra undan strönd landsins. Hvenær byggð hófst þar er ekki vitað með vissu, sumir telja að þar hafi verið búseta allt frá landnámstíð (Haraldur Jóhannsson, 2003), en greint er frá mannaferðum þar á tímum Sturlunga (Þorsteinn Jósefsson og Steindór Steindórsson, 1984) og getið um afar góða fjárhagsstöðu kirkjunnar í eyinni á 14.öld (Óskar Guðmundsson, 2001). Talið er að eyjan hafi verið í eyði á 15.öld en þó stundað útræði þaðan vor og haust. Að öðru leyti má skilja að byggð hafi haldist þar nær óslitið í allar aldir. Í byrjun 18. aldar voru þar 10 býli í byggð, íbúarnir bjuggu við tamörkuð hlunnindi, fóður fyrir einungis 2 til 3 kýr, rýr vatnsból og rysjótt veðurfar, en þeir lifðu án kvaða og tolla sem nokkru nam og voru í friði fyrir ágangi annarra – og að auki einn fárra hreppa sem var laus við sveitarómaga (Árni Magnússon og Páll Vídalín, 1943; Lýður Björnsson, 2006). Reyndar lá við að byggð legðist af undir lok 18.aldar. Svo er sagt frá að skæð sótt hafi herjað á eyjarskeggja árið 1793 og að af fullorðnum karlmönnum hefðu aðeins sex lifað af. Þessir sex fóru þá á báti til að sækja liðstyrk en svo hrapallega tókst til að báturinn fórst og lifði enginn mannanna af (Þorsteinn Jósefsson og Steindór Steindórsson, 1984). Aldrei gáfust eyjarskeggjar þó upp, þeir þróuðu fiskveiðar, verkun og verslun á 19.öldinni (Haraldur Jóhannsson, 2003), og á 20.öld breyttust samskipti og ferðamáti smám saman þannig að íbúar eyjarinnar áttu greiðari leið að meginlandinu og samlöndum sínum.

Húshitun í Grímsey var frumstæð á öldum áður rétt eins og annars staðar á Íslandi; raunar var eldiviður í eyinni einungis tað frá skepnunum, viður sem einstaka sinnum rak á land og svo þönglar um sumur (Árni Magnússon og Páll Vídalín, 1943). Nú á dögum er húshitun með þeim hætti að olía er brennd í miðstöðvarkötlum í hverju húsi (Efnahags- og viðskiptaráðuneytisins, 2003).

Bjarni Magnússon (2006) segir frá því hvernig rafmagn var framleitt með ýmsum hætti allt frá árinu 1929 en að árið 1964 hafi Rafmagnsveitur ríkisins yfirtekið framleiðslu á rafmagni í eyinni, sett upp dísilrafstöðvar og tengt öll

húsin við háspennulínu. Allar götur síðan hefur Rarik rekið dísilrafstöðvar í eygni sem séð hafa fyrir allri raforkuþörf íbúanna.

Samkvæmt upplýsingum Hagstofunnar (e.d.) um mannfjölda sveitarfélaganna hefur íbúafjöldinn í Grímsey verið stöðugur síðustu áratugi eða í kringum 100 manns. Aðalatvinnuvegurinn í eygni nú á tímum eru fiskveiðar og fiskverkun (Akureyrarbær, e.d.; Kristján Sæmundsson, 2004).

3 Fræðilegur bakgrunnur

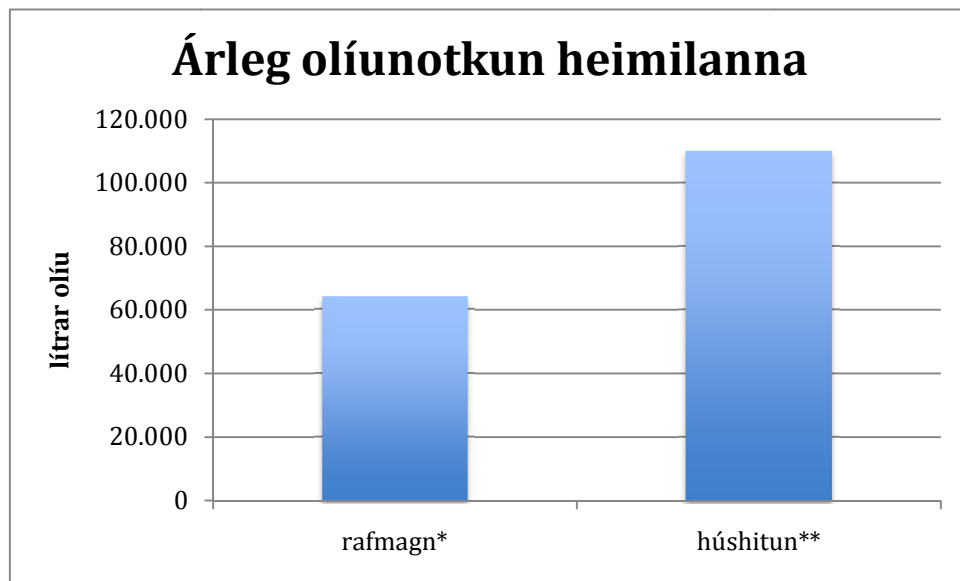
Um 90% húsa á Íslandi eru hituð með jarðhitavatni í hitaveitum. Ekki hafa allir landsmenn möguleika á að tengjast hitaveitum og notast flestir þeirra sem það geta ekki, við rafhitun. Einungis í Grímsey og einstaka afskekktum sveitabýlum á meginlandinu, þar sem hvorki er aðgangur að hefðbundinni hitaveitu né landsneti rafmagns, er kynt með því að brenna olíu í miðstöðvarkötlum (Hákon Aðalsteinsson, 2009).

3.1 Orkunotkun í Grímsey nú á dögum

Öll orkunotkun í Grímsey byggir á olíunotkun. Húsin eru hituð með olíu sem brennd er í miðstöðvarkötlum í hverju húsi fyrir sig og rafmagnið er framleitt af þremur dísilrafstöðvum í eigu Rarik (Efnahags- og viðskiptaráðuneytisins, 2003). Sundlaugin að hluta og ein skemma eru hituð með kælivatni frá dísilrafstöð (Benedikt Guðmundsson, verkefnastjóri hjá orkumálasviði Orkustofnunar og umsjónarmaður með niðurgreiðslum vegna húshitunar, munnleg heimild, 21. janúar 2010).

Olíunotkun heimilanna til hitunar hefur að meðaltali yfir árin 2002 til 2009 verið um 110.000 lítrar á ári eins og sýnt er á mynd 1 á næstu síðu. Í viðauka 1 má sjá töflu yfir olíunotkun heimilanna til kyndingar í Grímsey á þessu tímabili.

Rafmagnsnotkun í eygni er alls um 800 MWst á ári en þar af hafa um 200 MWst farið í almenna heimilisnotkun, eins og sjá má í viðauka 2, sem sýnir raforkunotkun ársins 2008. Að mati nefndar iðnaðarráðuneytisins um sjálfbært orkukerfi í Grímsey, þarf um það bil 0,32 lítra af olíu til að framleiða hverja kWst sem berst til kaupenda (Efnahags- og viðskiptaráðuneytið, 2003). Miðað við þessar forsendur fara 64.000 lítrar af olíu til raforkuframleiðslu fyrir heimilin á ári, svo sem sjá má á mynd 1 á næstu síðu.



Mynd 1 Árleg olíunotkun heimilanna

* Byggt á raforkunotkun heimilanna til almennra nota árið 2008 og munnlegri heimild, Benedikt Guðmundsson, janúar 2010.

** Meðaltal áranna 2002 - 2009.

Mynd 1 sýnir skiptingu olíunotkunar heimilanna í Grímsey í almenna rafmagnsnotkun annars vegar og til húshitunar hins vegar.

3.2 Niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar

Ódýrasta leiðin til að hita hús hér á landi er að notast við jarðvarmahitaveitu. Til að koma til móts við þá sem ekki hafa möguleika á að tengjast hitaveitum voru sett lög árið 2002 (lög nr. 78/2002) um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar. Samkvæmt 3. grein og 1. tölulið 1. greinar reglugerðar nr. 660/2009 um framkvæmd laga um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar hafa 25 hús í Grímsey rétt á niðurgreiðslum vegna olíunotkunar til húshitunar og hefur Orkustofnun umsjón með framkvæmd niðurgreiðslnanna. Samkvæmt reglugerð nr. 660/2009 skal miða upphæð niðurgreiðslna á olíu við að kostnaður notenda verði svipaður við olíuhitun og þar sem hann er dýrastur með rafhitun. Ár hvert ákveður iðnaðarráðherra upphæð niðurgreiðslna á raforku og birtir hana með auglýsingu í Stjórnartíðindum. Við útreikninga á upphæð niðurgreiðslna er því fyrst tekinn saman kostnaður kyndingar eins og hann er, svo er reiknuð út hver raforkunotkun sömu stærðar húsnæðis væri ef kynt væri með rafhitun. Húseigendur borga þá upphæð sem nemur kostnaði við útreiknaða rafhitun og Orkustofnun sér um að greiða það sem uppá vantar.

Í viðauka 1 má sjá niðurgreiðslur sem runnið hafa til Grímseyjar eftir tilkomu þessara laga.

Með breytingum 41/2009 á lögum nr. 78/2002, hefur ákvæði um greiðslu styrkja vegna umhverfisvænnar orkuöflunar og/eða aðgerða sem leiða til bættrar orkunýtingar við húshitun, verið bætt við. Fjárhæð slíks styrks getur verið allt að jafngildi niðurgreiðslu til átta ára.

3.3 Hugmyndir að lausnum fyrir Grímsey

Vegna mikils kostnaðar olúkyndingar húsa í Grímsey hafa í gegnum tíðina komið fram ýmsar hugmyndir að öðrum leiðum til húshitunar í eygni. Í fyrrnefndri skýrslu nefndar iðnaðarráðuneytisins (Efnahags- og viðskiptaráðuneytið, 2003) er meðal annars fjallað um fyrri úttektir og hugmyndir um mögulegar uppsetningar og rekstur nýrra/annarra orkukerfa í Grímsey, þar sem dregið er úr olíunotkun eða henni hætt. Hér á eftir er gerð grein fyrir nokkrum hugmyndum sem fjallað er um í greinargerðinni.

3.3.1 Rafstrengur

Þar segir meðal annars frá hugmyndum um lagningu sæstrengs til að tengja eyna við rafmagnslandsnetið. Í stuttu máli sagt taldi nefndin ekki hagkvæmt að leggja rafstreng til Grímseyjar því þó hann myndi í einu vetfangi leysa öll orkumál eyjarinnar er stofnkostnaður hans og viðhaldskostnaður það hár að ekki telst forsvaranlegt að leggja hann. Auk þess er áhætta varðandi skemmdir á strengnum mikil á þessu svæði.

3.3.2 Hitaveita

Í greinargerðinni er einnig að finna útreikninga á kostnaði tengdum lögnum hitaveitu í eygni, ef heppilegt vatn fyndist til þeirra aðgerða, enda liggur Grímsey á svokölluðu Tjörnesbrotabelti sem þekkt er fyrir jarðvarma (Kuhn, T. o.fl, 2003). Síðari rannsóknir leiddu hins vegar í ljós að aðstæður í eygni fyrir hefðbundna hitaveitu eru erfiðar. Árið 2003 var gert átak í jarðhitarannsóknum í Grímsey. Boraðar voru sex holur, niður á 81 til 118 m dýpi, til að kanna hita og vatnslekt. Niðurrennsli í holunum reyndist í flestum tilvikum ná niður á um 30 – 60 m dýpi undir sjávarmáli en einungis er hægt að mæla hitastigul neðan við niðurrennslið. Niðurstöður þessara borana sýndu að svæðislægur

hitastigull í eygni er á bilinu 125- 130°C/km, sem telst hátt. Á um það bil 50 m dýpi undir sjávarmáli er hitinn ofan í öllum sex holunum kominn upp í 8-10°C. (Kristján Sæmundsson, 2004). Árið 2007 voru niðurstöður rannsóknaborananna frá 2003 notaðar til að ákvarða staðsetningu fyrir djúpa holu í þeirri von að hana mætti nýta í hitaveitu fyrir eyna. Boraðar voru tvær holur ofan við gamalt fjárhús í Efri Sandvík þar sem stefnt var að því að hitta í sprungu á 400 – 500 m dýpi. Niðurstöður þessara borana urðu þó aðrar en vonir stóðu til. Ekki tókst að finna umrædda sprungu. Þess í stað kom í ljós að á 150 – 165 m dýpi er gímald fullt af u.þ.b. 17°C sjó. Sjórinn er á það mikilli hreyfingu að ekki gekk að steypa upp í svæðið til að einangra það frá vatni sem vonast var til að finna neðar í holunum. Bergið neðan við 180 m dýpi reyndist einnig þéttara en vonast hafði verið til. Þessar niðurstöður voru mikil vonbrigði og hefur jarðhitaleit í Grímsey verið hætt að sinni (Friðfinnur K. Daníelsson, 2008).

3.3.3 Vindorka

Hjá Veðurstofunni í Reykjavík eru til miklar upplýsingar um veður og vinda í Grímsey, enda hefur þar verið veðurathugunarstöð frá árinu 1874 (Þorsteinn Jósefsson og Steindór Steindórsson, 1984). Frá árinu 1955 hafa verið gerðar samfelldar vindmælingar í eygni og árið 2002 var útbúið vindkort af Grímsey þar sem öflugur hugbúnaður, sem rekinn er af Veðurstofu Íslands, samkeyrði vindmælingar úr sjálfvirkum mæli í eygni og stafrænt kort af eygni. Öll þessi gögn liggja fyrir hjá Veðurstofu Íslands. Árið 2002 gerði vindmylluframleiðandinn Vestas í Danmörku tilboð um uppsetningu minnstu fjöldaframleiddu vindmyllu sinnar í eygni. Vindmylla framleiðir aðeins rafmagn þegar vindur til þess er hagstæður og samkvæmt gögnum Veðurstofunnar mun vera hentugast að staðsetja vindmyllu á austurströnd Grímseyjar þar sem aðstæður eru þannig að gera má ráð fyrir að vindmyllan geti framleitt rafmagn 82,5% tímans. Á þessum stað getur vindmyllan framleitt allt að 2,6 GWst af raforku á ári sem svarar rúmlega þrefaldri raforkunotkun Grímseyjar nú. Þó vindmyllan geti framleitt meira en nóg af rafmagni, valda breytingar í vindstyrk því að hún mun ekki geta annað raforkuþörfum eyjarskeggja öllum stundum. Af þessum sökum þarf ætíð að vera til annað raforkukerfi við hlið vindmyllunnar til að fylla í eyðurnar.

3.3.4 Varmadælur

Í greinargerð nefndar iðnaðarráðuneytisins er vísað í óbirt lokaverkefni nemenda við Tækniskóla Íslands, frá árinu 2001, sem fjallar um varmadælur til húshitunar í Grímsey. Þar kemur fram að sökum þess að öll raforka í Grímsey er framleidd með olíu sé samkeppnisstaða varmadæla erfið. Nemarnir telja að nýtni varmadælu þurfi að vera ansi góð til að teljanlegur olíusparnaður verði við uppsetningu varmadæla þar sem nýting olíu til orkuframleiðslu er þrefalt meiri við brennslu hennar í miðstöðvarkötlum en við framleiðslu rafmagns í dísilrafstöð (sem knýr varmadæluna). Þó tekur nefndin fram í greinargerð sinni að áhugavert sé að skoða möguleikann á notkun varmadæla betur og þá sérstaklega ef jarðhitaleit til hefðbundinnar hitaveitu ber ekki tilætlaðan árangur (Efnahags- og viðskiptaráðuneytið, 2003).

Hafa ber í huga að niðurstöður lokaverkefnis nema Tækniskóla Íslands frá árinu 2001 eru 9 ára gamlar og að þróun í varmadælum hefur verið þó nokkur síðan þá. Notkun varmadæla í Svíþjóð og Noregi hefur til dæmis aukist töluvert undanfarin ár en í skýrslu nefndar um orkubúskap Svíþjóðar frá 2007 kemur fram að notkun varmadæla í einbýlishúsum þar í landi jókst úr 2,3% í 3,9% frá árinu 2002 til 2003 eða úr 265.000 húsum upp í 443.000 hús (Statens energimyndighet, 2007).

Verð á varmadælum hefur lækkað og fer enn lækkandi. Í áðurnefndri skýrslu nefndar um orkubúskap Svíþjóðar er tekið dæmi um að bergvarmadælur lækkuðu í verði um 40% milli árána 1999 og 2006. Nefndin telur að sú verðlækkun stafi fyrst og fremst af tækni framförum, skilvirkari framleiðslu og meiri samkeppni milli varmadæluframleiðenda.

3.4 Varmadælur

Venjuleg varmadæla samanstendur af lokaðri hringrás með vinnslumiðli og dælubúnaði. Til eru margar gerðir vinnslumiðla en þeir hafa það hlutverk að taka upp varmaorku úr umhverfinu og skila henni, með hjálp dælubúnaðar, þangað sem hennar er óskað. Til að knýja varmadælu þarf raforku og ræðst orkuhagkvæmni dællunnar af hlutfalli þeirrar orku sem fæst frá henni og orkunni sem fer í að knýja hana. Varmadæla þarf að hafa aðgang að stöðugri varmauppsprettu en nýtni varmadællunnar eykst eftir því sem hiti

varmauppsprettunnar er hærri. Best er að velja varmalind með sem hæstan ársmeðalhita. Mögulegt er að spara frumorku til húshitunar um 60 – 80% með varmadælum miðað við hitun með jarðefnaeldsneyti eða rafhitun (Oddur B. Björnsson, 2003; Ragnar K. Ásmundsson, 2005).

3.5 Íslenskt dæmi um varmadælu

Í janúar árið 2007 stóðu Vélaverk verkfræðipjónusta, Orkusetur, Jarðboranir, Stapi jarðfræðingar, ábúendur á Grenhóli á Snæfellsnesi og þýski varmadæluframleiðandinn Viessmann að tilraunaverkefni um uppsetningu varmadælu fyrir 180 m² íbúðarhús við bæinn Grenhól (J. Rúnar Magnússon og Kristján Guðjónsson, 2009).

Varmadælan sækir varma úr 14°C varmalind sem náðist í með því að bora 150 m djúpa borholu.

Í september árið 2009 tók svo verkfræðistofan Vélaverk saman upplýsingar um rafmagnsnotkun dæluinnar frá maí 2007 til janúar 2009 og bar hana saman við rafhitun húsnæðisins.

Á heimasíðu Rarik (Rafmagnsveitur ríkisins, 2009) má sjá eftirfarandi tölur yfir raforkuþörf rafhitaðs húsnæðis:

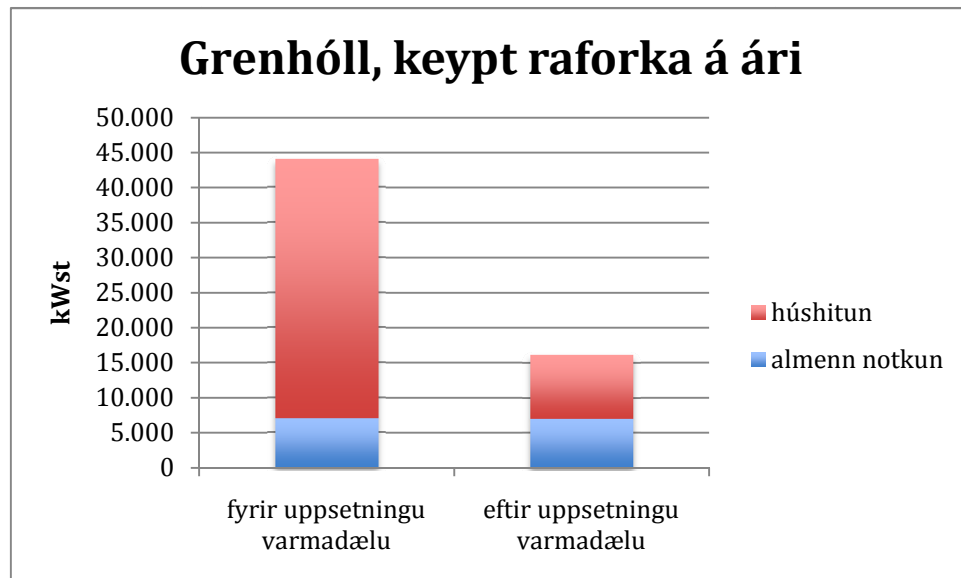
- 100 m² íbúð í fjölbýli: 30.000 kWh á ári
- Raðhús 140 m² 35.000 kWh á ári
- Einbýli 160 m² 40.000 kWh á ári
- Einbýli 240 m² 55.000 kWh á ári

Þar segir einnig að 85% fari í rafhitunina og 15% í almenna notkun.

Miðað við þessar upplýsingar má gera ráð fyrir að árleg raforkuþörf húsnæðisins á Grenhóli með beinni rafhitun hafi verið 44.000 kWst og að þar af hafi 37.000 kWst farið í hitun húsnæðisins.

Í niðurstöðum Vélaverks um raforkunotkun húsnæðisins á Grenhóli kom fram að raforkuþörfin til hitunar eftir uppsetningu varmadælu var 9.125 kWst á ári en það er einungis tæpur fjórðungur þeirrar raforku sem áður þurfti til hitunar.

Raforkusparnaðurinn á Grenhóli er því $37.000 - 9.125 = 27.875$ kWh á ári og árleg raforkuþörf húsnæðisins lækkar úr 44.000 kWst niður í 16.125 kWst á ári, eins og sjá má á eftirfarandi stöplarití, mynd 2. Þetta er raforkusparnaður upp á 63,4%.



Mynd 2 Grenhóll, keypt raforka á ári

4 Rannsóknarspurningin

Vissan um jarðhitann í Grímsey vekur áhuga á að skoða betur uppsetningu varmadæla, sérstaklega þegar tilraunir til undirbúnings fyrir hefðbundna hitaveitu gengu ekki betur en frá greinir hér að ofan. Þar að auki vekja mjög svo jákvæðar niðurstöður tilraunaverkefnisins um uppsetningu varmadælu á Grenhóli áhuga á að kanna hvort slík varmadæla kynni að gagnast í Grímsey. Varmadælan á Grenhóli notast við 14°C varmalind úr 150 m djúpri borholu en fyrirbyggjandi gögn um jarðvarma í Grímsey benda til að hitastigið þar ætti að vera komið upp í um 15°C á 100 m dýpi (Kristján Sæmundsson, 2004).

Eftirfarandi rannsóknarspurning var því sett fram:

Er hægt að spara olíu með uppsetningu varmadæla í Grímsey og ef svo er verður þá einhver fjárhagslegur sparnaður af rekstri slíks húshitunarfyrirkomulags samanborið við olúkyndinguna sem fyrir er?

4.1 Aðferð

1. Árleg olíunotkun núverandi húshitunar er tekin saman.
2. Árlegur rekstrarkostnaður núverandi olíukyndingar er tekinn saman. Upplýsingar um kostnaðarliði olíukyndingar heimilanna í Grímsey eru uppreiknaðar til mars 2010 miðað við vísitölu byggingarkostnaðar (1.615 í mars 2010) og út frá upplýsingum um olíuverð frá tilkynningu um verðbreytingar á fljótandi vörum frá N1 í samvinnu við Orkustofnun (gasolía til húskyndingar 22. mars 2010: 111,87 kr/L + 7% virðisaukaskattur = 119,79 kr/L).
3. Reiknað er, út frá upplýsingum um raforkuframleiðslu í eygni, hve mikil olía færi árlega í rafmagnsframleiðslu á varmadælur til að ná sömu kyndingu fyrir heimilin.
4. Áætlaður er árlegur rekstrarkostnaður varmadelukyndingar. Stuðst er við upplýsingar um rekstrarkostnað dísilrafstöðvar í Grímsey sem sjá fyrir allri raforkuþörf í eygni. Kostnaðarliðir uppreiknaðir til mars 2010 miðað við vísitölu byggingarkostnaðar (1.615 í mars 2010) og upplýsingar um olíuverð frá tilkynningu um verðbreytingar á fljótandi vörum frá N1 í samvinnu við Orkustofnun (gasolía til húskyndingar 22. mars 2010: 111,87 kr/L + 7% virðisaukaskattur = 119,79 kr/L).
5. Aðthugað er hvort olíunotkun minnki ef skipt er úr núverandi olíukyndingu heimilanna yfir í varmadælur til kyndingar og hvort fram náist rekstrarsparnaður.

Hvorki kostnaður húseigenda við olíukyndingu né rafhitun endurspeglar raunverulegan kostnað við kyndingu þar sem hvort tveggja er niðurgreitt af hinu opinbera. Upphæðir niðurgreiðslna til húseigenda vegna olíukyndingar breytast ár frá ári með tilliti til niðurgreiðslna á rafhitun. Af því leiðir að ekki eru forsendur til að reikna út skiptingu mögulegs sparnaðar af innleiðslu varmadæla milli húseigenda og hins opinbera. Þess í stað verður hér eingöngu fjallað um áhrif mögulegrar varmadæluvæðingar á olíuþörf og heildarkostnað við kyndingu heimilanna í Grímsey.

5 Niðurstöður

5.1 Núverandi olúkynding

5.1.1 Lítrar olíu og útblástur CO₂

Meðalmagn olíu til kyndingar íbúðarhúsnæðis í Grímsey, frá því að niðurgreiðslur vegna olúkyndingar hófust árið 2002, eru um 110.000 lítrar á ári (sjá töflu í viðauka 1 yfir olíunotkun til kyndingar heimila í Grímsey, árin 2002 til 2008, sem unnin er úr gögnum frá Benedikt Guðmundssyni, Orkustofnun).

Í eldsneytisspá Orkustofnunar (2008) fást þær upplýsingar að eðlisþyngd olíu er 0.848 kg/l og að við bruna á hverju tonni af olíu myndast 3,18 tonn af koltvísýringi. Þetta samsvarar því að við brennslu á einum lítra olíu myndast 3,75 kg af koltvísýringi. Af því má sjá að á ári hverju losar olúkynding heimilanna í Grímsey um 415 tonn af CO₂.

5.1.2 kWst

Við útreikning á fjölda kWst úr hverjum lítra olíu, við brennslu í miðstöðvarkötlum íbúðarhúsa í Grímsey, miðar Orkustofnun við að orkuinnihald olíu sé 11,7 kWst/kg og að eðlisþyngd hennar sé 0,848 kg/L eins og fram kemur í eldsneytisspá Orkustofnunar (2008). Orkustofnun gerir einnig ráð fyrir að nýtni olíuketils sé 75% (Benedikt Guðmundsson, 2010) en miðað við þær forsendur reiknast að 7,44 kWst fái úr hverjum lítra olíu sem brenndur er í miðstöðvarkötlunum. Þegar það magn kWst á lítra olíu er svo yfirfært á heildarmagn olíu sem fer í að kynda heimilin í Grímsey kemur í ljós að um 820.000 kWst hafa farið á ári hverju í að kynda heimilin.

5.1.3 Rekstrarkostnaður

Í greinargerð nefndar iðnaðarráðuneytisins (2003) er heildarkostnaður við upphitun húsnæðis í Grímsey með olíukötlum útlistaður. Þar er olíukostnaður og kostnaður við viðhald og endurnýjun kynditækja tekinn saman fyrir árið 2002. Þær upplýsingar eru uppreiknaðar hér til mars 2010 miðað við vísitölu byggingarkostnaðar og upplýsingar um olíuverð. Olíuverð án virðisaukaskatts er sótt í tilkynningu um verðbreytingar á fljótandi vörum frá N1 (gasolía til

húskyndingar 22. mars 2010: 111,87 kr/L, 7% virðisaukaskattur bætist ofan á það verð: 119,79 kr/L). Kostnaður við viðhald og endurnýjun kynditækja er reiknaður út frá byggingarvísitölu, grunni frá 1983, og uppreiknaður miðað við byggingarvísitölu (1.615 í mars 2010). Sjá töflu 1 hér að neðan. Út frá töflunni má finna verðið á hverjum lítra olíu, en til að fá út verðið á kWst þarf að deila í verð á olíulíttra með fjölda kWst sem fást úr hverjum lítra af olíu (7,44 kWst/l, sjá kafla 5.1.2).

Tafla 1 Árlegur kostnaður við kyndingu heimila í Grímsey

Kostnaðarliður	verð í þ.kr.
Olíukostnaður, 110.000 lítrar	13.167
Viðhald og endurnýjun kynditækja	992
Samtals	14.159

Verð á hvern lítra olíu = 129 krónur

Verð á hverja kWst = 17,30 krónur

Rekstrarkostnaður núverandi olíukyndingar heimilanna er um 14,2 milljónir króna á ári.

5.2 Varmadælar til kyndingar

5.2.1 kWst, lítrar olíu og útblástur CO₂

Ef gert er ráð fyrir sömu nýtni varmadæla og á Grenhóli má búast við að varmadælar heimilanna í Grímsey þurfi um 202.000 kWst á ári til að anna kyndingu. Þessar kWst þarf að framleiða með dísilrafstöðvunum sem sjá fyrir rafmagni í eygni. Það ætti ekki að vera vandamál því eins og kemur fram í greinargerð nefndar iðnaðarráðuneytisins (2003) geta rafstöðvarnar sem staðsettar eru í eygni vel bætt því álagi á sig. Þar kemur einnig fram að við framleiðslu á rafmagni í Grímsey þarf 0,32 lítra af olíu fyrir hverja kWst sem berst til neytenda og ef neytendur þurfa 202.000 kWst þarf samkvæmt því til þess um 64.700 lítra af olíu sem á ári hverju myndu losa um 243 tonn af CO₂.

5.2.2 Rekstrarkostnaður

Heildarkostnaður við raforkuvinnslu í Grímsey fyrir árið 2002 er sóttur í greinargerð nefndar iðnaðarráðuneytisins frá árinu 2003. Kostnaður við

raforkuframleiðsluna er uppreiknaður til mars 2010 á sama hátt og útlistað er í kafla 5.1.3.

Heildarraforkuframleiðsla í útreikningum nefndar iðnaðarráðuneytisins frá 2003 miðaðist við að árleg raforkuframleiðsla í eygni sé 700.000 kWst.

Tafla 2 Framleiðslukostnaður á 700 MWst af raforku í Grímsey

Kostnaðarliður	verð í þ.kr.
Olíukostnaður	27.112
Rekstrarkostnaður, vinna	5.934
Rekstrarkostnaður, aðföng	1.806
Viðhald, aðkeypt vinna	902
Annað viðhald	2.579
Samtals	38.333

Verð á hverja kílóvattstund = 54,76 krónur

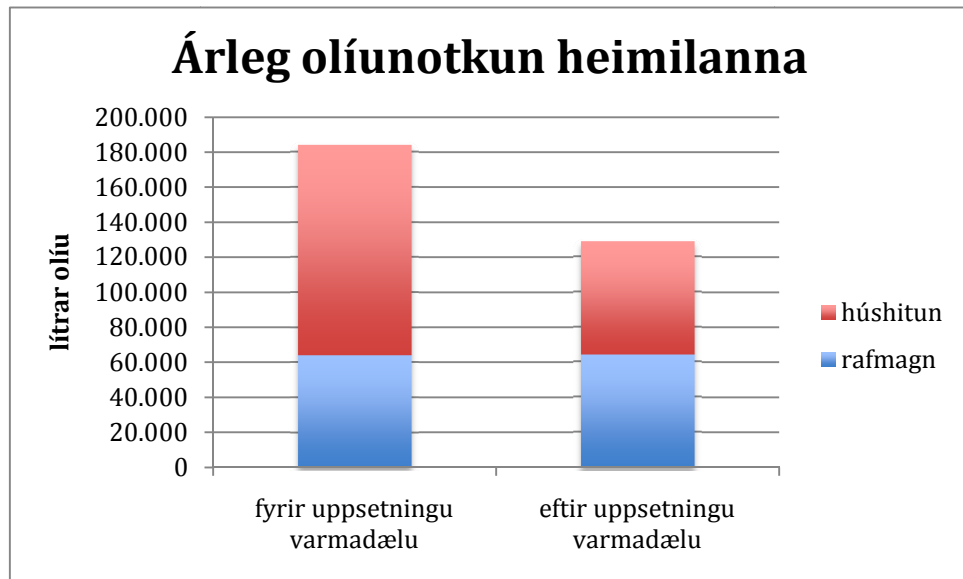
Gera má ráð fyrir að varmadæurnar þurfi alls um 202.000 kWst á ári til að anna hitunarbörf heimilanna. Það jafngildir árlegum rekstrarkostnaði upp á 11,1 milljónir króna.

5.3 Orkusparnaður ef skipt er yfir í varmadætur

Út frá ofangreindum niðurstöðum má sjá að ef upp væru settar varmadætur með þessari nýtni myndi árleg olíubörf til kyndingar heimilanna í Grímsey minnka úr 110.000 lítrum á ári niður í um 64.700 lítra. Þetta samsvarar árlegum olíusparnaði upp á 45.300 eða 41% .

Til gamans má geta að þetta jafngildir um það bil tvöföldun í raforkubörf heimilanna en eins og fram kom í kafla 3.1, um orkunotkun í Grímsey nú á dögum, fara árlega um 64.000 lítrar olíu í raforkuframleiðslu til heimilanna.

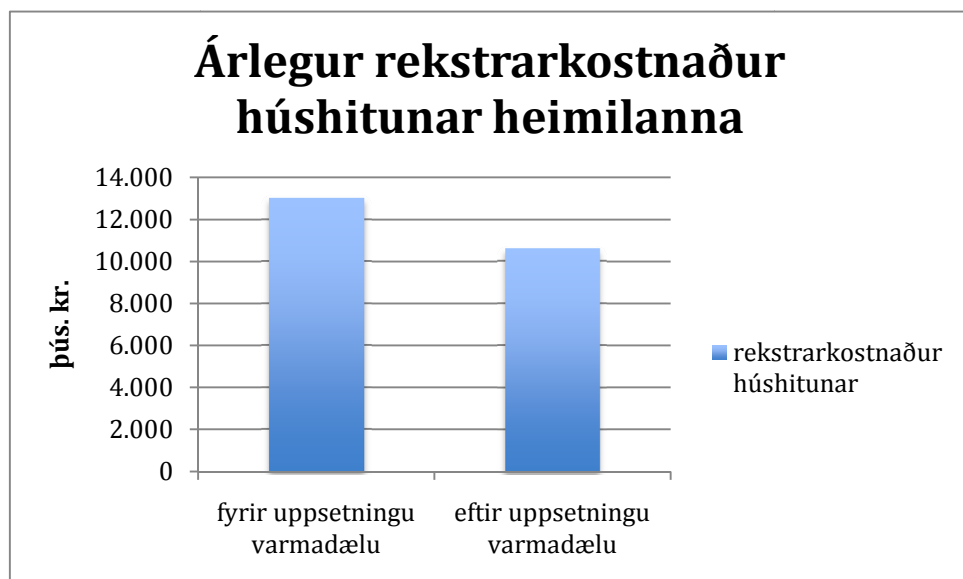
Á eftirfarandi stöplarití, mynd 3, sést glögglega hver sparnaðurinn í olíunotkun heimilanna yrði, miðað við gefnar forsendur, ef skipt yrði yfir í kyndingu með varmadælum. Þetta er olíusparnaður upp á 26,0% á ári.



Mynd 3 Árleg olíunotkun heimilanna

5.4 Sparnaður í rekstrarkostnaði ef skipt er yfir í varmadælu

Ef skipt væri yfir í varmadælu til kyndingar á íbúðarhúsunum í Grímsey myndu sparast um 5,5 milljónir króna á ári í olíuinnkaupum, miðað við verð á lítra af olíu til húshitunar 22. mars árið 2010 (119,70 kr). Hins vegar er kWst frá dísilrafstöð dýrari en kWst frá miðstöðvarkatli þannig að þegar upp er staðið sparast árlega um 3,1 milljónir króna í rekstrarkostnaði húshitunar miðað við verð olíu 22. mars 2010, sjá mynd 4.



Mynd 4 Árlegur rekstrarkostnaður húshitunar heimilanna

5.5 Samantekt niðurstaðna

Tafla 3 Samantekt niðurstaðna

Kynding	Olíunotkun lítrar á ári	Losun CO ₂ á ári, tonn	Rekstrarkostn. millj. kr.
Olíukatlar	110.000	415	14,2
Varmadætur	64.700	243	11,1
mismunur	45.300	172	3,1

6 Umræða

Þar sem öll orkunotkun í Grímsey byggir á olíunotkun er bæði húshitun og rafmagn dýrara þar en gengur og gerist á meginlandi Íslands. Til að koma til móts við staði eins og Grímsey, þar sem ekki hefur verið hægt að notast við jarðvarmaveitur til húshitunar, voru árið 2002 samþykkt lög sem segja til um niðurgreiðslur vegna húshitunarkostnaðar. Olíuverð er stærsti útgjaldaliðurinn í orkukostnaði í Grímsey og þar sem heimsmarkaðsverð á olíu hefur hækkað hratt síðustu ár hafa niðurgreiðslur vegna húshitunar Grímseyinga um það bil þrefaldast milli árana 2002 og 2009, sjá viðauka 1.

Fastlega má gera ráð fyrir að orkumál í eynni verði til umræðu þar til sjálfbært kerfi verður komið á í eynni eða á einhvern hátt verður hægt að ganga þannig frá hnútunum að ekki þurfi að leggja stóran hluta kyndikostnaðar Grímseyinga á herðar hins opinbera, og þá sérstaklega ef upphæð niðurgreiðslna heldur áfram að hækka eins og hún hefur gert undanfarin ár.

Ýmsar hugmyndir til orkuöflunar fyrir Grímseyinga hafa verið skoðaðar í gegnum tíðina, eins og lauslega var fjallað um í fræðilegum bakgrunni, kafla 3.3. Í kafla 3.3.2 kemur til dæmis fram að töluverður jarðhiti er í eynni en ef einhverra hluta vegna er ekki hægt að útbúa hefðbundna hitaveitu, eins og við þekkjum í landi, þá er alltaf sá möguleiki fyrir hendi að nýta varmann með varmadælum. Til eru margar gerðir varmadæla, ætlaðar fyrir mismunandi aðstæður, en allar eiga þær það þó sameiginlegt að ganga fyrir rafmagni. Dæmi um uppsetningu varmadælu, sem skilar miklum sparnaði í rekstrarkostnaði húshitunar, má sjá í kafla 3.5 sem fjallar um varmadælu sem sett var upp á Grenhóli, Snæfellsnesi, árið 2007. Þar var áður rafkynding tengd landsneti rafmagns. Vonir stóðu til að raforkan sem varmadælan þyrfti til að dæla nægum varma upp úr jörðinni væri töluvert minni en raforkan sem þyrfti til að hita húsið með rafnum. Þegar upp var staðið náðist út úr skiptingu yfir í varmadælu raforkusparnaður til hitunar upp á rúmlega 75%. Ef núverandi kynding í Grímsey væri rafmagnskynding, væri hugsanlega mögulegt að ná fram sama orkusparnaði með uppsetningu þeirrar tegundar varmadælu sem notast er við á Grenhóli, því eins og fram kemur í kafla 3.3.2, hafa

jarðhitarannsóknir þar sýnt fram á nógu mikinn jarðhita til að hægt sé að áætla að 100 – 150 m djúpar borholur geti gefið um eða yfir 14°C heitar varmalindir fyrir varmadælur eins og á Grenhóli. Nú eru hins vegar aðstæður í Grímsey þannig að ekki er kynt með rafmagni heldur er olía brennd í miðstöðvarkötlum í hverju húsi. Eyjan er aukinheldur ekki tengd landsneti rafmagns heldur er rafmagn framleitt á staðnum með því að brenna olíu í dísilrafstöðvum. Þessi atriði veikja samanburð varmadæla við núverandi kyndiaðferð því um 2,5 sinnum meiri orka fæst úr olíunni þegar hún er brennd beint til kyndingar en þegar hún er notuð til að framleiða rafmagn í rafstöðvunum. Nýtni varmadælanna þarf því að vera ansi góð til að sýna verulegan sparnað í olíunotkun til húshitunar í Grímsey (nýtni varmadæla er hlutfallið milli þeirrar orku sem kemur frá henni á móti þeirri orku sem hún þarf til að vinna). Í töflu 3 í kafla 5.5 sem sýnir niðurstöður útreikninga má sjá að ef skipt yrði yfir í umræddar varmadælur í eyinni, og nýtni dælnunnar kæmi eins vel út og raun ber vitni á Grenhóli, myndu árlega sparast um 41% af olíu til húshitunar sem samsvarar 45.300 lítrum. Rekstrarkostnaður dísilrafstöðvanna er hærri en rekstrarkostnaður miðstöðvarkatlanna sem svo aftur veikir varmadælurnar í samanburðinum. Þegar allt er talið saman lækkar árlegur rekstrarkostnaður húshitunar úr 14,2 milljónum króna niður í 11,1 milljón króna sem samsvarar lækkun um 22%. Á Grenhóli var lækkunin um rúmlega 75%. Árlegur sparnaður myndi þá nema um 3,1 milljónum króna eða um 124 þúsund krónum á hús. Þar sem varmadæluuppsetningin á Grenhóli var tilraunaverkefni og margir lögðu til vinnu fyrir lítið, auk þess sem búnaður var að hluta til gefinn, er erfitt að taka saman nákvæman kostnað við uppsetninguna. Gróflega má þó áætla að varmadæluuppsetning með öllu kosti á bilinu 1 til 2 milljónir á hús (Sigurður Ingi Friðleifsson munnleg heimild, 16. apríl 2010). Árlegur sparnaður í rekstrarkostnaði er, þegar upp er staðið, ekki mjög mikill miðað við kostnaðinn sem varmadæluvæðing í Grímsey fæli í sér. Því verður að teljast ólíklegt að hið opinbera sé tilbúið til að taka stóran þátt í kostnaði við uppsetningu varmadæla, þótt höfundur vilji ekki fullyrða um það.

Þó hægt sé, eins og segir í lögum nr. 78/2002, að sækja um eingreiðslu til framkvæmda, sem hafa í för með sér orkusparnað í kyndingu, er málið ekki svona einfalt í Grímsey. Ef skipt yrði yfir í varmadælur þyrfti vissulega mun

minna magn af olíu til húshitunar árlega en hins vegar tæki við kynding sem gengur fyrir dýru rafmagni framleiddu í dísilrafstöðvum. Það rafmagn er umtalsvert dýrara en rafmagn sem selt er í landi. Meðalverð á kWst í landi 22. mars 2010 er 6,73 krónur, með virðisaukaskatti og eftir niðurgreiðslu, (Orkubú Vestfjarða, 2010; Orkusalan, 2010; Rafmagnsveitur ríkisins, 2010) en kWst framleidd í Grímsey kostar 54,76 krónur með virðisaukaskatti eins og kemur fram í kafla 5.2.2. Samkvæmt lögum nr. 78/2002 flokkast kynding með varmadælum sem rafmagnskynding. Niðurgreiðslur á húshitunarkostnaði hafa miðast við að húseigandi þurfi ekki að borga meira en sem nemur kostnaði af venjulegri rafkyndingu með rafofnum og meðalverði á kWst sem seld er í landi. Miðað við það kostar kyndingin með umræddum varmadælum í Grímsey enn tvisvar sinnum meira en það mesta sem ætlast er til að fólk borgi fyrir húshitun (samkvæmt lögum nr. 78/2002). Grímsey myndi sem sagt áfram þurfa talsverðar niðurgreiðslur vegna húshitunarkostnaðar. Sú staðreynd að iðnaðarráðherra ákveður ár hvert niðurgreiðslur á rafmagni en Orkustofnun sér um niðurgreiðslur vegna olíuhitunar heimila flækir málin mjög fyrir Grímseyinga. Höfundur mælir með einföldun á orkutengdum niðurgreiðslum þannig að ein stofnun hafi umsjón með þeim öllum.

Ítreka verður að olíuverð er stærsti kostnaðarliðurinn í orkuframleiðslu í Grímsey og því hefur þróun á verði hennar gríðarleg áhrif á orkuverð í eygni og gerir allar verðspár fram í tímann ónákvæmar. Verð á olíu hefur hækkað mikið síðustu misseri og ómögulegt er að spá nákvæmlega fyrir um hvernig sú þróun verður í framtíðinni. Heimsmarkaðsverð á olíu er atriði sem við Íslendingar höfum lítil sem engin áhrif á og því er slæmt að þurfa að byggja svo lífsnauðsynlegan hlut eins og orkuöflun á henni. Framtíðarmarkmið orkumála í Grímsey hlýtur því að vera það að losna sem mest undan því að þurfa að nota olíu. Hægt væri að minnka olíunotkun Grímseyinga til húshitunar með því að skipta gömlu olíukötlunum út fyrir nýja sem í dag geta skilað allt að 90% nýtni (Sigurður Ingi Friðleifsson, munnleg heimild, 16. febrúar 2010). Við það næðust 8,93 kWst úr hverjum lítra olíu í stað þeirra 7,44 kWst sem nást nú, þá þyrftu Grímseyingar um 92.000 lítra af olíu á ári í stað 110.000 eins og staðan er nú til að kynda heimili sín og árlega myndu sparast 18.000 lítrar af olíu til kyndingar. Sá olíusparnaður er mun minni en

sparnaðurinn sem næðist með uppsetningu varmadæla eins og fram hefur komið.

Niðurstöður þessarar skýrslu og umræður um þær vöktu enn aðrar spurningar í huga höfundar en þær sem lágu til grundvallar úttektinni. Væri til dæmis ástæða að kanna til hlítar hvort framleiða megi rafmagn á ódýrari hátt, svo sem með brennslu pellets og/eða tilkomu vindmyllu? Ef við gefum okkur að eyjarskeggjar sýni áfram af sér þá þrautseigju sem hefur einkennt þá í gegnum aldirnar má ætla að byggð leggist seint af í eygni. Í því ljósi er sjálfgæfið að halda áfram rannsóknum og leit að sjálfbæru orkukerfi í Grímsey.

7 Lokaorð

Í stuttu máli sagt benda niðurstöður þessa verkefnis til þess að varmadælur einar sér séu ekki lausn orkumála í Grímsey. Jarðvarmi er töluverður í eygni og því er freistandi að ætla að varmadælur nýtist þar vel ef ekki er möguleiki á að nýta jarðvarmann í hefðbundna hitaveitu eins og alþekkt er á meginlandi Íslands. Helsta fyrirstaða þess að varmadælur komi vel út í Grímsey er mikill kostnaður við framleiðslu rafmagns, en hún krefst olíubrennslu í dísilrafstöðvum. Því þykir höfundur full ástæða til að skoða til hlítar hvort hægt sé að framleiða rafmagn á ódýrari hátt.

Niðurstöður rannsóknarinnar benda til að hægt sé að spara olíu með varmadælum í Grímsey þrátt fyrir að olíunotkun við raforkuframleiðslu aukist í kjölfarið. Hins vegar er óljóst hvort sparnaðurinn sé nægur til að standa undir fjárfestingunni og að mati höfundar nauðsynlegt að kanna það til hlítar með frekari rannsóknum.

8 Heimildaskrá

Akureyrarbær. (e.d.). *Um Grímsey*. Sótt 8. nóvember 2009 af

<http://www.akureyri.is/grimsey/umgrimsey/>

Árni Magnússon og Páll Vídalín. (1943). *Jarðabók Árna Magnússonar og Páls Vídalín 10.bindi*. Kaupmannahöfn: Hið íslenska fræðafjelag (með styrk úr Ríkissjóði Íslands).

Benedikt Guðmundsson. (2010). [Niðurgreiðslur til Grímseyjar vegna húshitunarkostnaðar]. Óútgefin gögn.

Bjarni Magnússon. (2003). Raforka. Í Helgi Daníelsson (Ritstj.) *Í Grímsey og Grímseyingar: Íbúar og saga* (bls. 340). Reykjavík: Akrafjallsútgáfan EHF.

Friðfinnur K. Daníelsson. (2008). *Samantekt um rannsóknarboranir í Grímsey 2007 til 2008*. Sótt 4. febrúar 2010 af <http://www.alvarr.is/>

Guðmundur Sæmundsson. (2003). Flugsamgöngur við Grímsey. Í Helgi Daníelsson (Ritstj.) *Grímsey og Grímseyingar: Íbúar og saga* (bls. 251-253). Reykjavík: Akrafjallsútgáfan EHF.

Hagstofa Íslands. (e.d.). *Mannfjöldi eftir sveitarfélagi, kyni og aldri 1.desember 1997-2009*. Sótt 8. nóvember 2009 af <http://www.hagstofa.is/?PageID=624&src=/temp/Dialog/varval.asp?ma=MAN02000%26ti=Mannfj%F6ldi+eftir+sveitarf%E9lagi%2C+kyni+og+aldri+1%2E+desember+1997%2D2009+++%26path=../Database/mannfjoldi/sveitarfelog/%26lang=3%26units=Fj%F6ldi>

Haraldur Jóhannsson. (2003). Fiskveiðar og fiskvinnsla í Grímsey. Í Helgi Daníelsson (Ritstj.) *Grímsey og Grímseyingar: Íbúar og saga* (bls. 254-265). Reykjavík: Akrafjallsútgáfan EHF.

- Hákon Aðalsteinsson. (2009). *Orkustofnun : Sjálfbærir (endurnýjanlegir) orkugjafar, aðrir en fallvötn og jarðhiti*. Sótt 15. nóvember 2009 af <http://www.os.is/page/sjalfbaerir>
- Kristján Sæmundsson. (2004). *Jarðhitaleit í Grímsey sumar 2003*. Reykjavík: Íslenskar Orkurannsóknir, greinargerð KS-04/09.
- J. Rúnar Magnússon og Kristján Guðjónsson. (2009). [Grenhóll varmadæla]. Óútgefin gögn.
- Kuhn, T., Herzig, P.M., Hannington, M.D., Garbe-Schönberg, D. og Stoffers, P. (2003). Origin of fluids and anhydrite precipitation in the sediment-hosted Grimsey hydrothermal field north of Iceland. *Chemical Geology*, 2002, 5-21.
- Lýður Björnsson. (2006). Jarðarbókanefndin. Í Sigurður Líndal og Magnús Lyngdal Magnússon. (Ritstj.). *Saga Íslands VIII* (bls.71-1-78). Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag: Sögufélag.
- Lög um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar nr. 78/2002 með áorðnum breytingum 58/2004, 86/2006, 83/2008 og 41/2009.*
- Efnahags- og viðskiptaráðuneytið. (2003). *Sjálfbært orkukerfi í Grímsey*. Reykjavík: höfundur.
- Oddur B. Björnsson. (2003). *Varmadælur og hlutverk þeirra á Íslandi*. Reykjavík: Jarðhitafélag Íslands.
- Orkubú Vestfjarða. (2010). *Verðskrá Raforkusala*. Sótt 22. mars 2010 af http://www.ov.is/um_fyrirtaekid/skrar_og_skjol/skra/180/
- Orkusalan. (2010). *Verðskrá: Verð fyrir sölu á raforku til heimila*. sótt 22. mars á <http://www.orkusalan.is/heimili/verskr>
- Orkustofnun. (2008). *Eldsneytisspá 2008-2050*. Reykjavík: höfundur.
- Óskar Guðmundsson. (Ritstj.) (2001). Af gnægtarbrunni Grímseyjarkirkju. *Öldin fjórtánda: Minnisverð tíðindi 1301-1400*. Reykjavík: Iðunn.

Rafmagnsveitur ríkisins. (2009). *Reiknivél fyrir dreifiverðskrá RARIK að 80 A.*

Sótt 4. febrúar á

<http://rarik.is/AfcMediaLibrary/Display/MultiMediaViewer.cfm?SkinCode=1&&iMediaFileCode=887&mediaLocation=http%3A%2F%2Fwww.rarik.is%2FAcuCustom%2Fsitename%2FDAM%2F001%2FReiknivél0108091.swf&fullscreen=1>

Rafmagnsveitur ríkisins. (2010). *Verðskrá nr. 15 fyrir dreifingu og flutning raforku.* Sótt 22. mars á

<http://www.rarik.is/skjolararik?DocumentScreen=detail&cl=263&ccs=585>

Reglugerð um framkvæmd laga um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar nr. 660/2009.

Statens energimyndighet. (2007). *Uppvärmning i Sverige 2007: En rapport från Energimarknadsinspektionen. (EMIR 2007: 03).* Eskilstuna:

Höfundur.

Þorsteinn Jósefsson og Steindór Steindórsson. (Ritstj.). (1984). *Landið þitt Ísland 1.bindi A – G.* Reykjavík: Örn og Örlygur HF.

9 Viðaukar

9.1 Viðauki 1 Árleg olíunotkun heimilanna 2002 - 2009

OLÍUNOTKUN HEIMILANNA TIL KYNDINGAR - MIÐSTÖÐVARKATLAR				
			Niðurgreiðsla	
	lítrar	kWst	kr/L	niðurgreiðsla kr. alls
2002	114.794	854.066	21,10	2.422.692
2003	114.794	854.066	18,96	2.176.764
2004	120.430	895.999	22,45	2.703.347
2005	126.378	940.256	22,24	2.811.009
2006	119.513	889.180	31,67	3.784.394
2007	65.487	487.223	57,91	3.792.388
2008	107.049	796.445	69,63	7.453.652
2009	113.625	845.370	52,99	6.100.925

9.2 Viðauki 2 Rafmagnsnotkun í Grímsey 2008

Rafmagnsnotkun í Grímsey árið 2008	
Notandi	kWst
Fiskveiðar	5.421
Fiskfrysting	92.321
Saltfisk- og skreiðarfrysting	64.375
Saltfisk- og skreiðarfrysting	2.191
Vatnsveitur	9.754
Skólar	16.243
Sundlaugar og íþróttahús	28.660
Kirkjur	19.056
Önnur opinber þjónusta	8.567
Smásöluverslun	45.880
Veitingastaðir	26.352
Samgöngur, ekki rafknúnar	71.105
Póstur og sími	18.834
Önnur þjónusta og handið	12.335
Götu- og hafnalýsing	35.600
Rafmagn til skipa	100.861
Rafmagn til skipa	165
Almenn heimilisnotkun án rafhita	210.775
Sumarbústaðir	7.683
Rarik, notkun í stöðvum	20.053
SAMTALS	796.231