

2006 030011

18-2006



ÍSOR
ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Koltvísýringsvarmadæla á Grýtubakka I

Ragnar K. Ásmundsson



Unnið fyrir Jónas Baldursson
Orkusjóður styrkti verkefnið

ÍSOR-08032

Verknr.: 500052

25.02.2008

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699

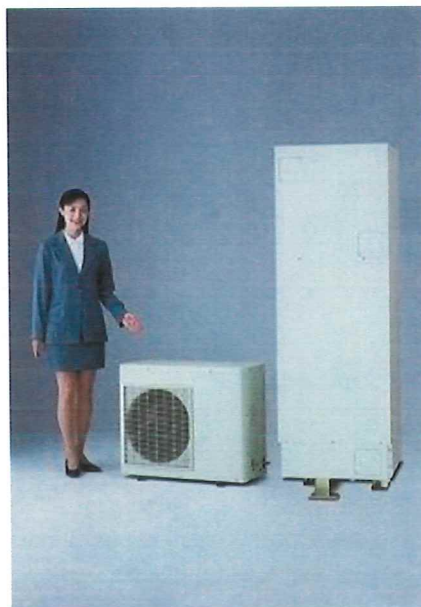
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1599

isor@isor.is – www.isor.is

LÝSING VERKEFNIS

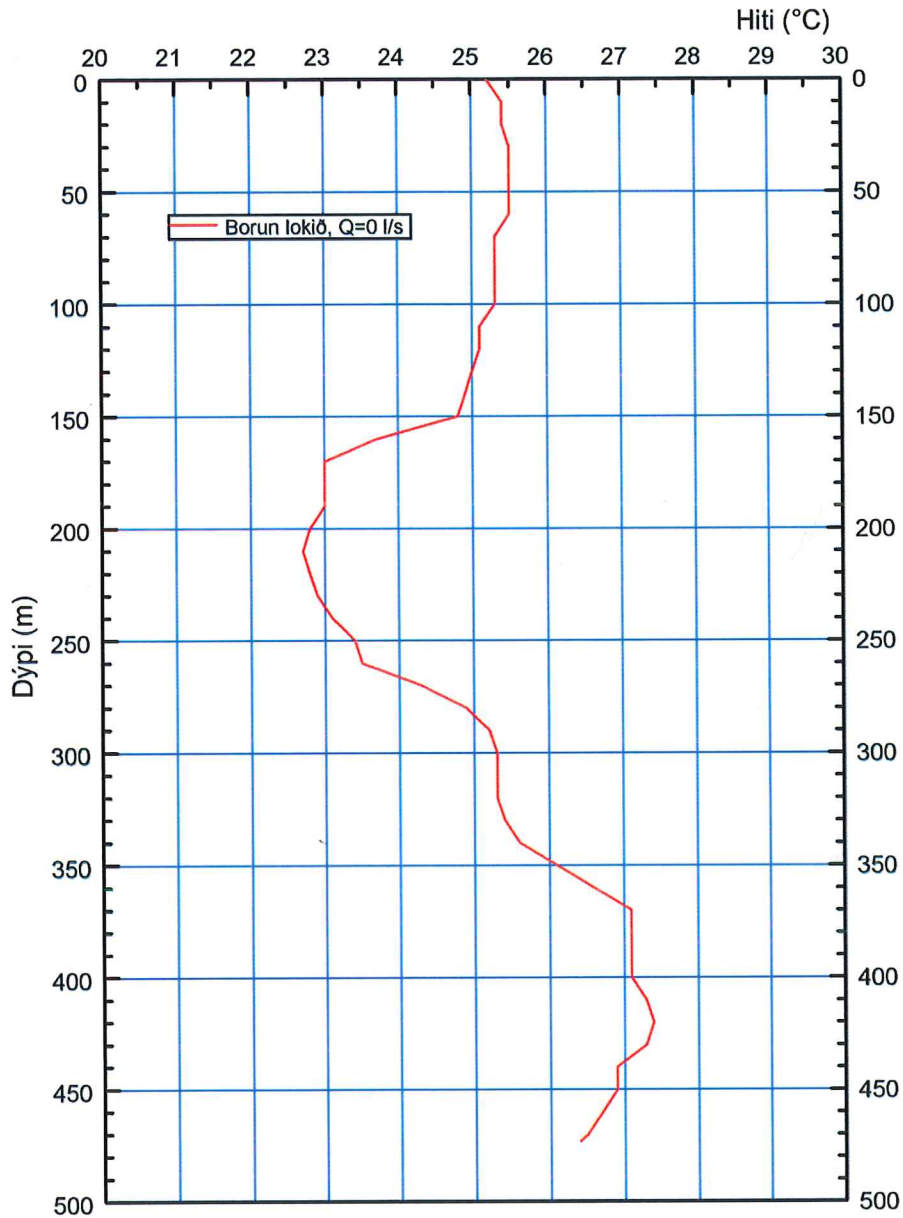
Hér verður sagt frá uppsetningu koltvísýrings (CO_2) varmadælu og eftirliti með notkun hennar frá janúar 2007 til febrúar 2008 á bænum Grýtubakka (Grýtubakka 1) í Grýtubakkahreppi. Koltvísýringur sem vinnslumiðill í varmadælum hefur einungis verið reyndur í nokkur ár erlendis og gæti átt mikið erindi í varmadælur á Íslandi (1). Líta verður á þessa fyrstu athugun á virkni slíkrar varmadælu hér á landi sem tilraunaverkefni. Styrkur fékkst til tveggja ára frá Orkusjóði árið 2006 til þess að kanna virknina og skoða hvort varmadælur af þessari gerð, hugsanlega með einhverjum breytingum, geti náð fótfestu á markaði hér á landi.

Á landareign Grýtubakka er um 40 L/s sjálfrennsli af 25 °C heitu vatni úr borholu AA-01 á landi Grýtubakka við bakka Gljúfurár. Holan var boruð 1978 og hitamæld í kjölfarið (sjá mynd 2). Þrýstingsprófanir fóru fram árið 1996 til að kanna afköst holunnar og fékkst sú niðurstaða að vatnsrennsli verði stöðugt til langframa (2). Hiti á einnig að haldast stöðugur, enda líkur á að vatn heitara en 35 °C sé að finna í næsta nágrenni holunnar. Mikil lekt er í jarðlögum og vatnskerfið er stórt.



Mynd 1. Eco Cute loft/vatn varmadæla frá TEPCO o.fl. sem notar CO_2 vinnslumiðil. COP stuðull er 3.

Grýtubakki hola AA-01



Mynd 2. Hiti mældur með handrúllu í holu AA-01 við Grýtubakka. Kælingu gættir á 150-200 m en við holutopp helst hiti stöðugur í um 25-26 °C.

GREINING OG ALMENNAR FORSENDUR

Rafhitunarbúnaður hefur verið til staðar á Grýtubakka, einnig lítill vatnstankur og annar búnaður (lokað ofnakerfi og rými þess virkaði sem vatnstankur). Óeinangruð lögn hefur verið lögð að bænum frá borholu og fellur vatnshitinn í um 20 °C. Vegna þess mikla vatns sem kemur frá borholunni má hugsa sér að nota nokkuð mikið rennsli í gegnum varmadælu og fella hitann lítið í varmaskiptum hennar¹. Við þetta hækkar ársvarmastuðullinn og raforkusparnaður mestur, þó svo að orkunýting sé í þessu tilfelli ekki hin besta. Á Grýtubakka er 160 m² verkstæði með 3 m lofthæð. Rúmtak þess er þá 480 m³. Aflþörf verkstæðis til hitunar er minni en íbúðarhúsnæðis, yfirleitt helmingi minni. Ef við miðum við 10 W/m³ er aflþörfin 4,8 kWt. Borholuvatn hefur verið nýtt nánast alfarið til hitunar á verkstæðinu síðan í júní 2006, þá tengt vatnshitablásara.

Í upphafi þessa verkefnis árið 2006 var stærð varmadælu áætluð 12 kW_t fyrir Grýtubakka, fengin með þeim hætti að miða við 50.000 kWh upphitunarþörf og tvöfalda það afgangi sem þá fæst vegna árshitastigssveiflna (50.000 kWh/8.760 h * 2). Hér er átt við hámarks varmaafli, en sjálf varmadælan þarf að jafnaði ekki að vera þetta stór, því sjálfstæður eða meðfylgjandi rafhitunarbúnaður er látinn vinna í sjaldgæfum kuldaköstum, eða þegar neysluvatnsnotkun eykst verulega (t.d. er heitur pottur fyrir utan íbúðarhúsið). Ekki er þó ástæða til að ætla að upphitunarþörf minnki á Grýtubakka í fyrirsjáanlegri framtíð og eðlilegt að líta til nokkuð stórra varmadælna. Aflnotkun 12 kW_t dælu væri að hámarki 4 kW_e og sennilega ekki meiri en 2-3 kW_e að jafnaði, enda virkar borholuvatnið til þess að bæta nýtingu varmadælnnar.

Samantekt verðs hefðbundinnar varmadælu ásamt fylgihlutum er í töflu 1. Kostnaði við rafhitunarbúnað er sleppt. Einhverjum viðbótarkostnaði má búast við í tengslum við tengingu við núverandi ofnakerfi sem viðheldur þeim möguleika að nota rafhitun áfram, þá fyrst og fremst til vara ef varmadæla bilar.

Tafla 1 Verðsamantekt, varmadæla án rafhitara

	Kr
Hefðbundin varmadæla, 12 kW	300.000
Prýstijafnari	35.000
Dælukerfi	40.000
Tollur	28.125
Uppsetning og þjónusta	150.000
Samtals með vsk.	689.000
Áætlað verð	700.000

Með þennan kostnað til hliðsjónar þótti upphaflega eðlilegt að skoða hvaða nýjungar væru í boði sem annað geta séríslenskum aðstæðum.

Ný gerð loft/vatn varmadælu kom fyrir nokkrum árum á markað í Japan. Þessi varmadæla notar koltvísýring (CO₂) sem vinnslumiðil (mynd 1). Í hringrás vinnslumiðilsins kemst koltvísýringurinn í yfirmarksástand þar sem seigja hans verður

¹ Fyrir hvern lítra og gráðu fæst um 4 kW_t varmaafli.

mjög lítil og lítill núningur myndast við að koma koltvísýringnum heila hringrás sem eykur mjög nýtni varmadælnnar (hækkar COP stuðul). Varmaskipti á heitu hlið varmadælnnar eiga sér stað við yfirmarksástand og hægt er að hita vatn upp í nær 90 °C. Áhugavert er að kanna hvort skipta megi út loftvarmaskipti fyrir vatnsvarmaskipti í dælum af þessari gerð og notast við volgar uppsprettur héraendis. Við Grýtubakka eru kjöraðstæður til slíkrar prófunar og gæti sá orkubúskapur sem þar yrði rekinn orðið að mestu leyti sjálfbær með góða nýtingu orkuauðlinda svæðisins.

Á evrópskum markaði má nálgast útfærslu japönsku Eco Cute varmadælnnar sem fyrirtækið Sanyo hefur framleitt. Þessi útfærsla (nefnist CO2 Eco) er ætluð til nota á norrænum slóðum og missir ekki nýtingarhlutfall þó svo að úthiti fari í -15 °C (að sögn söluaðila og er hér m.a. til skoðunar). Hæsti hiti frá varmadælnni er 70 °C og hámarks varmaafli hennar 4,5 kW_t². Tekin var ákvörðun um kaup á slíkri dælu sumarið 2006 og fékkst hún til landsins til afhendingar á Grýtubakka haustið 2006. Varmadælan sjálf er nokkuð dýr ennþá, enda tæknileg nýjung en á móti kemur að notandinn sleppur við borholuframkvæmdir sem oft eru afar kostnaðarsamar, a.m.k. héraendis nú um stundir. Heildarkostnaður verður þá svipaður eða jafnvel lægri þegar svona dæla er notuð. Varmadælan fékkst hjá Ahlsell í Svíþjóð og kostaði 52.000 SEK (helmingur þessa verðs er vatnstankur með rafhitara). Innflutningur og tengd gjöld voru 127.746 ISK. Heildarverð er þá 614.622 kr á gengi 9. október 2006 þegar varmadælan var tollafgreidd á Akureyri.

FRAMKVÆMD OG MARKMIÐ VERKEFNIS

Varmadælan var tekin upp úr kössum og skoðuð á verkstæði Jónasar Baldurssonar á Grýtubakka 1 þann 19. október 2006, sjá mynd 3. Teikningar voru skoðaðar og hugmyndir um næstu skref viðraðar. Þann 8. janúar 2007 var varmadælan svo sett upp og tengd með aðstoð fagfólks, sjá mynd 4. Þess var gætt að varmadælan sjálf væri á heppilegum stað með tilliti til snjóáálags og aðgengi, sjá mynd 5. Vinnslugögn eru til frá 11. janúar 2007 og gerðar hafa verið daglegar mælingar á flestum eftirfarandi kennistærðum: Úthiti (°C), innihiti (°C), hiti í tanki (°C), tíðni pressu (Hz), afl hitara (kW), hiti til pressu (°C), hiti frá pressu (°C), orkunotkun pressu (kWh) og orkunotkun hitara (kWh).

Frá þessum hrágögnum má meðal annars reikna meðalrafafli og fylgjast með hvernig varmadælan bregst við mismunandi útihita, sjá næsta kafla. Gögn eru geymd hjá ÍSOR og á geisladiski sem fylgir þessari greinargerð.

Þann 16. október 2007 urðu þáttaskil í verkefninu. Vatnstankur, smíðaður eftir máli hjá Stjörnuþlíkk í Reykjavík (fékkst fyrir um 30 þúsund krónur), var settur við loftinntak varmadælnnar og borholuvökvanum hleypt á. Hægt var að koma um 7 L/mín af vatni í vatnstankinn, sem felldi borholuvatnshitann um 8 °C, eða úr 20 °C í 12 °C. Varmaaflið sem þannig losnar er um 3,9 kW_t og mælt var áfram hvernig þessi breyting hafði áhrif á heildar raforkunotkun varmadælnnar (nýting þessa varmaafli til raunverulegrar hitunar innanhúss er hér til skoðunar).

² Síðan hafa fleiri gerðir Eco Cute komið á markað. A.m.k. 6 mismunandi framleiðendur og varmadælur af ýmsum stærðum, allt að 30 kW (framleiðandi er Itomic, iðnaðarstærð).

Loka markmiðið í þessu verkefni er að bæta aflstuðulinn (COP) svo að þessi einfalda varmadæla geti orðið sambærileg hefðbundnum og mun dýrari varmadælum.



Mynd 3. Varmadæla, nær á myndinni og rafhitunarbúnaður með vatnstanki enn í umbúðum á myndinni fjær.



Mynd 4 Við lok uppsetningar koltvísýringsvarmadælu á Grýtubakka. Rafhitari ásamt stjórnborði sést, auk tenginga við raf- og vatnslagnir. Á myndinni eru Hallur Sighvatsson og Helgi Guðbergsson. Ljósmynd: Jónas Baldursson.



Mynd 5 Varmadælu er komið fyrir við bakdyr. Bil er haft milli húss og bakhluta, þar sem loftinntakið er. Aðgengi er gott og blástur viftunnar tryggir að snjór safnast ekki um of á grindina.

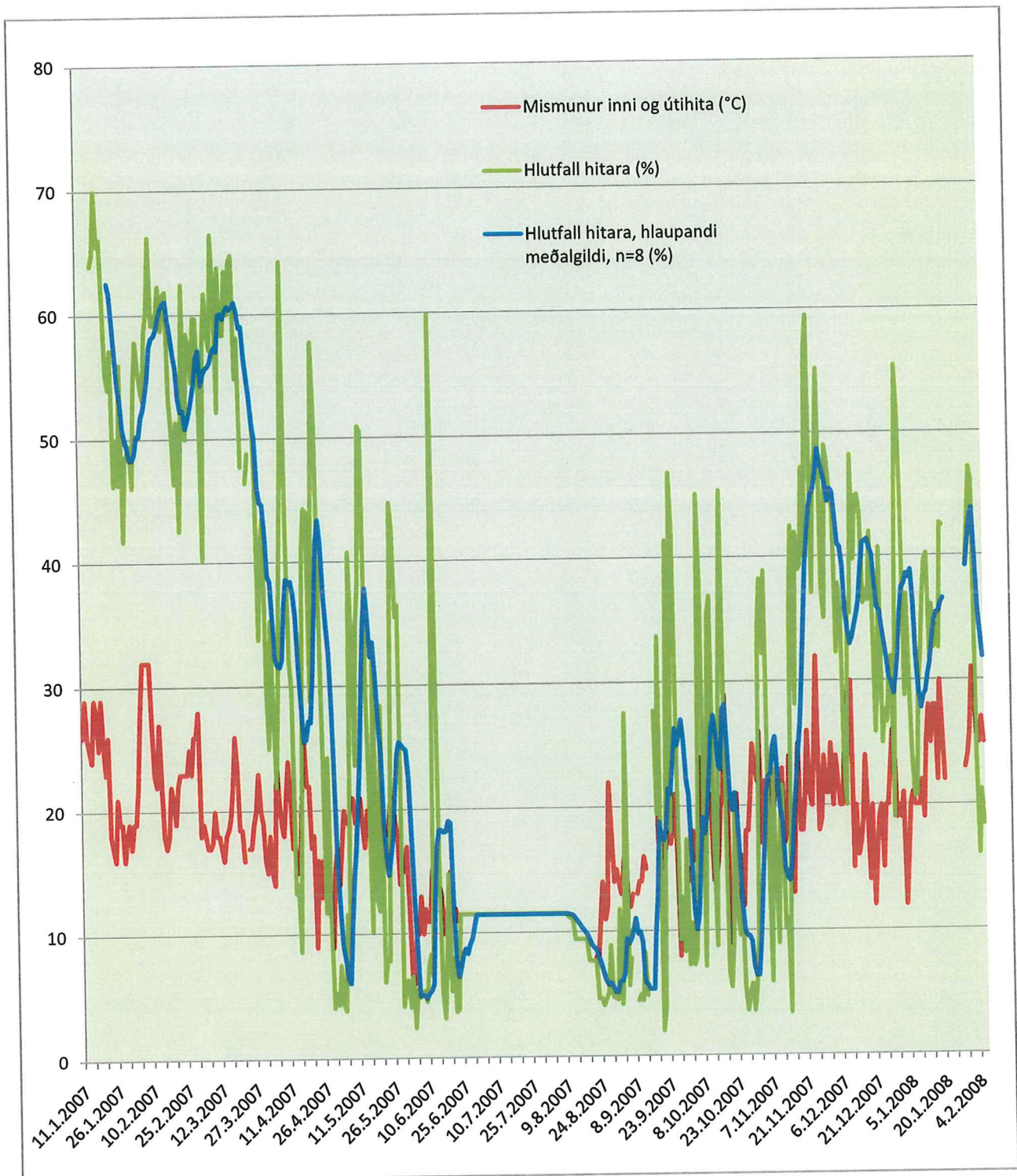
NIÐURSTAÐA OG UMRÆÐA

Raforkunotkun rafhitara og varmadælu var mæld á tímabilinu 11. janúar 2007 og 6. febrúar 2008. Á tímabilinu varð hitamunur inni og úti mestur 32 °C og mest aflnotkun hitara 9 kW (uppgengið hámark). Þessi gildi og fleiri eru tekin saman í töflu 2:

Tafla 2 Nokkrar aflestrartölur. Mesta afl í efstu línunni er aflestrargildi. Hin aflagildin eru meðalgildi yfir sólarhring.

Mesta afl rafhitara (kW)	9
Mesta meðalafi varmadælu (kW)	3.67
Mesta meðalafi rafhitara (kW)	5.58
Mesta heildarafl (kW)	8.63
Mesti hitamunur inni og úti (°C)	32

Ljóst er af þessum tölum að varmadælan hefur fengið að vinna á fullum afköstum, enda ekki stór. Hún hefur þó haft ágætlega undan þörfinni, eins og sjá má á mynd 6 og rætt verður hér í framhaldinu. Þegar innkaup fóru fram var ekki hægt að fá stærri koltvísýringsvarmadælu. Þetta hefur breyst og nú nær tveimur árum síðar eru ýmsar stærðir slíkra dælna til sölu og í fleiri útfærslum.



Mynd 6 Hlutfall beinnar rafhitunar af heildar varmaafli koltvísýringsvarmadælu á Grýtabakka I sýnt (græn lína) ásamt hitamismun inni og úti (rauð lína). Dagsetningar gefnar á lárétta ásnum. Yfir hluta sumars þegar enginn var heima er útreiknað meðalafli teiknað. Bláa línan sýnir meðaltal 8 aðliggjandi daga á hlutfalli rafhitara, til að dreifa toppálagi og auðvelda þannig betur samanburð yfir tímabilið.

Til að auðvelda samanburð á afköstum varmadælu fyrir og eftir uppsetningu borholu-vatnsvarmaskiptis (sýndur á mynd 8) er prófunartímabilinu skipt í þrennt. Heppilegast er að miða við veðurfarsskil, enda var vatnskassanum bætt við nánast á sama tíma og kólna tók í veðri snemma vetrar 2007. Með hliðsjón af mynd 6 er fyrsta tímabilið (vetur) ákvarðað frá þeim degi sem allar mælingar voru komnar í fullan gang þann 16. janúar 2007 og til 1. maí 2007. Þá er annað tímabil látið taka við, sem lýkur 1. október 2007, en meðan á því stendur er ólíklegt að mismunur á úti og innihita fari yfir 20 °C. Þriðja og síðasta tímabili (vetur aftur) og verkefninu öllu lýkur 6. febrúar 2008.

Samantekt þessa ásamt orkunotkunarýfirliti er í töflu 3.

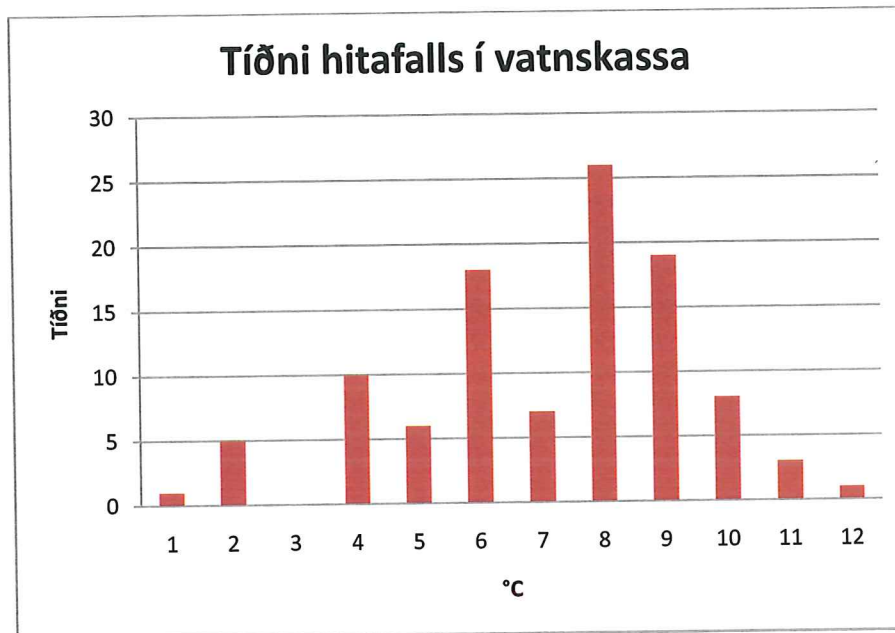
Tafla 3 Orkunotkun varmadælu og rafhitara á þremur tímabilum, fyrir og eftir uppsetningu vatnsvarmaskipti.

	Varmadæla (kWh/dag)	Rafhitari (kWh/dag)	Heildarorka (kWh/dag)
1. tímabil (16. jan-1. maí)	50.01	53.74	103.75
2. tímabil (1. maí-1. okt)	47.60	9.36	56.96
3. tímabil (1. okt-6. feb)	55.34	26.80	82.14

Ljóst er að orkunotkun varmadælu er nánast jöfn yfir árið en orkunotkun rafhitarans minnkar umtalsvert yfir sumartímam, eins og við er að búast.

Til þess að meta áhrif vatnsvarmaskiptis er helst að bera saman fyrsta og þriðja tímabilið sem bæði eru að vetri. Við uppsetningu vatnsvarmaskiptis nálægt upphafi þriðja tímabils lækkar dagleg heildarorkunotkun úr um 103 kWh í um 82 kWh, eða um 21%. Þetta samsvarar 26% hækkun á ársvarmastuðli og að jafnaði hefur þá COP stuðull með gildið 3 hækkað í 3.8. Uppgefinn COP stuðull fyrir koltvísýringvarmadæluna er 3, við 7 °C lofthita og upphitað vatnshitastig 50 °C.

Meðalorkunotkun rafhitarans helmingaðist við breytinguna, fór úr um 54 kWh/dag í 27 kWh/dag. Slík orkuminnkun svarar til um 1,1 kW meðalafli. Útreiknað varmaafli í vatnskassanum reyndist vera um 3,5 kW að meðaltali (metið út frá einni mælingu á dag) og því má áætla að nýtingin í þeim einfalda varmaskipti sem vatnskassinn er, sé um 31%. Meðaltal uppgefins hitamunar á vatni inn og út úr vatnskassa var 7.15 °C, hæst 12 °C og lægst 1 °C. Ef miðað er við meðaltalið er varmaorkan eins og áður sagði um 3,5 kW. Yfirlit yfir tíðni hvers hitafalls sem mælt var er sýnt á mynd 7. Almennast telst þessi varmaskiptanýting ekki há, þegar miðað er við hefðbundna varmaskipta, en er mjög ásættanleg í þessu tilviki – aðgerðin var ódýr í framkvæmd og nóg er til af volgu vatni sem annars rennur ónýtt.



Mynd 7 Tíðni, eða fjöldi hvers hitamunar sem mældist á vatni til og frá vatnskassa. Hitastigin eru á lárétta ásnum. Þannig mældist oftast 8 °C hitamunur (26 sinnum), sem svarar til um 4 kW varmaafls.

Aflestratölur frá þriðja tímabili eru sýndar í töflu 4, til samanburðar við gildin í töflu 2. Rafhitarinn hefur aldrei farið yfir 6 kW (fór í 9 kW áður) og mesta meðalafli rafhitara var einungis 43% af mesta meðalafli á fyrsta tímabili. Þetta gerist þrátt fyrir að mesti hitamunur inni og úti mælist einnig á þriðja tímabili (32 °C).

Tafla 4 Nokkrar vinnslutölur frá þriðja tímabili.

Mesta afl rafhitara (kW)	6
Mesta meðalafli varmadælu (kW)	3.17
Mesta meðalafli rafhitara (kW)	2.38
Mesta heildarafli (kW)	5.17
Mesti hitamunur inni og úti (°C)	32

Heildarkostnaður við innkaup og uppsetningu varmadælnnar á Grýtubakka 1 er um ein milljón króna (afhent með rafhitatúbu). Varmadælan kostaði um 600 þúsund krónur eins og áður sagði, lagnir og uppsetning (pípari og rafvirki) ásamt vatnskassa kostaði um 400 þúsund krónur). Það er því ljóst að almennt er erfitt að ná hagkvæmni í uppsetningu varmadælna. Nýleg verðsamantekt á varmadælum til sölu hér á landi staðfestir þetta (3). Hins vegar eru líkur á að hægt verði strax á þessu ári (2008) að kaupa koltvísýringsvarmadælur sem tengja má rafhitunarbúnaði sem fyrir er. Slíkar varmadælur gætu orðið nægilega ódýrar til að skila arðsemi á örfáum árum, hvorutveggja fyrir ríkissjóð og neytendur, annars vegar í formi lægri niðurgreiðslna og hins vegar minni raforkunotkun.



Mynd 8 Vatnskassi við loftinntak varmadællunnar breytir varmadællunni með einföldum hætti úr loft/vatn í því sem næst vatn/vatn varmadælu. Vatnskassanum er haganlega fyrirkomið lengst til vinstri næst húsveggnum. Ljósmynd: Jónas Baldursson.

NIÐURLAG

Varmadællur spara rafhitunarkostnað og nýta varma ýmist úr útilofti eða jörðu. Með koltvísýrings varmadælu er möguleiki að hita vatn mun hærra en hefðbundnar varmadællur gera, eða í 70-90 °C í stað 40-60 °C. Slíkt er nýjung og hentar íslenskum viðmiðum. Koltvísýrings varmadælan á Grýtubakka er sennilega sú fyrsta sinnar tegundar hér á landi og nýtir varma úr útilofti til hitunar innanhúss. Með einföldum hætti mátti nýta um 1 kW varmaafli úr borholuvatni á Grýtubakka til viðbótar við það afl sem fæst úr útilofti og rafhitara. Þannig mátti helminga rafhitunarnotkun og lækka heildar raforkunotkun varmadællunnar (með rafhitara) um 21%. COP stuðull hækkaði þannig úr 3 í 3,8.

Varmadælan á Grýtubakka er nokkuð dýr miðað við stærð og uppsetning varmadælna almennt ekki hagkvæm í samanburði við niðurgreitt rafmagn eða hitaveitu. Nýjar gerðir koltvísýrings varmadælna gætu þó breytt þessu.



Mynd 9 Kaffisopi að verki loknu á Grýtubakka. Frá vinstri: Jónas Baldursson (eigandi), Ragnar K. Ásmundsson (ÍSOR), Sigurður Ingi Friðleifsson (Orkusetur), Hjalti Steinn Gunnarsson (ÍSOR) og Hörður H. Tryggvason (ÍSOR). Ljósmynd: Jónas Baldursson.

HEIMILDASKRÁ

1. Ragnar K. Ásmundsson. *Varmadælu: hagkvæmni á Íslandi*. Íslenskar orkurannsóknir, 2005. ÍSOR-2005/024 71.
2. Grímur Björnsson. *Hola 1 við Grýtubakka í Grýtubakkahreppi. Afkastaspá og hugmyndalíkan að vatnskerfi*. Orkustofnun, 1997. OS-97029 16.
3. Hörður H. Tryggvason. *Verðkönnun á 10 kW vatn/vatn varmadælu fyrir Grýtubakka I*. Íslenskar orkurannsóknir, 2008. ÍSOR-08027.