



Orkuvinnsla úr sorpi í Grímsey

Ragnar K. Ásmundsson, ÍSOR
Sigurður Ingi Friðleifsson, Orkusetur

Unnið fyrir Orkustofnun

Greinargerð
ÍSOR-10007

Verknr.: 500278
22.01.2010

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

Inngangur

Grímsey hefur lengi verið áskorun þeirra sem vinna að aukningu innlendrar orkunýtingar. Í gegnum tíðina hefur verið stungið upp á ýmsum lausnum til varma- og raforkuvinnslu í eygni. Gripið hefur verið til nokkurra aðgerða, m.a. borunar til jarðvarmavinnslu og uppsetningu vindhverfils til beinnar upphitunar á vatni („vatnsbremsa“). Gott yfirlit um þá vinnu í Grímsey er að finna í skýrslu nefndar Iðnaðarráðuneytisins frá 2003.

Í Norður Evrópu er brennsla á sorpi til hitunar húsnaðis algeng. Í Svíþjóð er um 47% af öllu heimilissorpi brennt í varmaorkuverum og margar brennslurnar framleiða einnig raforku (um 0,3% raforkuframleiðslu í Svíþjóð).

Hér eru kannaðar forsendur á vinnslu varma og raforku úr sorpi sem fellur til í Eyjafirði, þá fyrst og fremst Dalvík og nágrenni en einnig Akureyri og Hrísey, en síðastnefndu byggðirnar ásamt Grímsey falla undir sameiginlega stjórnarsýslu bæjarstjórnar Akureyrar.

Á meðan raforkuframleiðsla í Grímsey fer fram í dísilvélum er ekki ástæða til að nota þar hefðbundnar varmadætur, enda nota þær raforku.

Forsendur í Grímsey

Hús í Grímsey eru nú hituð upp með gasolíu í kyndiklefum í hverju húsi. Raforkuframleiðsla fer fram með dísilvélum og varmi frá þeim er nýttur til kyndingar í sundlaug, tveimur íbúðarhúsum og einu sumarhúsi.

Kostnaður við upphitun í eygni er talsverður fyrir ríki og íbúa. Ef skoðað er dæmigert 200 m² íbúðarhús miðað við olíuverð á 1. ársfjórðungi 2010, þá nemur heildarkostnaður hitunar um 675 þúsundum króna. Hlutur íbúa er þó aðeins 340 þúsund en ríkið niðurgreiðir um 330 þúsund á ári. Nákvæmt yfirlit yfir stærð íbúðar- og iðnaðarhúsnaðis ásamt raf- og varmaorkunotkun í Grímsey voru tekin saman árið 2002 og birt í fyrrnefndri skýrslu Iðnaðarráðuneytisins (*Sjálfbært orkukerfi í Grímsey*, 2003). Um 22.700 m³ íbúðar- og atvinnuhúsnaðis þarf að hita upp og miðað við 70 kWh/m³ er varmaorkuþörfin 1.589 MWh (um 70% varmans fer í íbúðarhús). Raforkuþörfin er um 800 MWh.

Áætlað uppsett varmaafli sem annar varmaorkuþörfinni er um 350 kW (tvöfalt herra en meðalafli) og uppsett rafafliþörf er um 150 kW (50% herra en meðalafli).

	<i>Varmaafli</i>	<i>Rafafli</i>
Uppsett afli	350 kW	150 kW

Talið er að vænlegt sé að vinna hvorutveggja raforku og varmaorku úr sorpi sem flutt er til Grímseyjar og fellur til í Eyjafirði. Helst getur komið til greina að nýta úrgangsplast. Plastbaggar frá Endurvinnslunni h.f. gætu fengist til Grímseyjar endur-

gjaldslaust, því Úrvinnslusjóður hefur þegar greitt umsýslukostnaðinn. Almennt er plast gott til brennslu, enda framleitt úr olíu, en losun koltvísýrings er meiri við brennslu plasticsins (600 til 4500 g/kg) í samanburði við losun koltvísýrings við urðun þess (um 250 g/kg). Plastefnin brotna hins vegar hægt niður í jarðvegi og urðunin veldur umhverfisspjöllum.

Sorpbrennsla á Íslandi

Sorp var víða brennt í opinni brennslu á árum áður en slíkt er nú bannað af heilsufarsástæðum og bruni getur einungis farið fram í viðurkenndum ofnum við há hitastig svo tryggt sé að hættuleg efni brotni niður. Nú eru starfræktir ofnar á Suðurnesjum, Ísafirði, Húsavík, Kirkjubæjarklaustri, Vestmannaeyjum og á Svínafelli í Öræfum.

Sorpsamlag Þingeyinga rekur sorpbrennslu á Húsavík með tveimur ofnum sem anna um 18-20 tonnum á sólarhring í áfangabrennslu. Upphitun ofnanna með olíu tekur um 2 tíma og hiti í brennslu getur verið um og yfir 1000 °C. Varminn er nýttur til að skerpa á hitaveituvatni sem nýta má með tvenndarvél til raforkuframleiðslu. Á meðan raforkuframleiðsla liggur niðri er varminn nýttur beint í hitaveitunni (símtal, Hafsteinn Hörður Gunnarsson).

Á Kirkjubæjarklaustri er rekin sorpbrennsla með tveimur misstórum ofnum sem anna samtals tæplega 300 tonnum á ári. Varminn er nýttur fyrir sundlaug og skólahús á staðnum. Almennt sorp er brennt eftir flokkun við endurvinnslu Íslenska gámafélagsins ásamt m.a. rúlluplasti (símtal, Sigurjón Ragnarsson).

Kalka (Sorpeyðingarstöð Suðurnesja sf) rekur sorpbrennslu á Suðurnesjum sem annar 12 þúsund tonnum á ári í einum brennsluofni frá Basse Sambre (Belgíu). Raforka er einnig framleidd með gufuhverfli í lokaðri hringrás en aflið nokkuð ójafnt og háð eiginleikum brennslunnar hverju sinni – fer hæst í 400 kW en vinnur yfirleitt nálægt 250 kW. HS Orka sér um rekstur raforkuframleiðslunnar. Varminn frá stöðinni er að hluta nýttur til húshitunar og snjóbræðslu en mestur varminn er glatvarmi. Ofninn krefst stöðugar brennslu, um 30 tonn á sólarhring, og því er unnið á vöktum á 8 manna vinnustað (símtal, Gísli Eiríksson og Sigurgeir Jóhannsson).

Sorpendurvinnslan Funi rekur sorpbrennslu við Ísafjörð sem annar þeirri byggð ásamt Súðavík og Bolungarvík. Til viðbótar kemur nánast allur brennanlegur sorpmassi frá Vesturbyggð og Tálknafirði. Varminn frá brennslunni er nýtt til upphitunar vatns í einu hverfi dreifiveitu Orkubús Vestfjarða á Ísafirði og er sá upphitunarkostur hagkvæmastur í fjarvarmaveitukerfinu. Varmaafli stöðvarinnar er á bilinu 900 kW til 1200 kW þegar best lætur, en mest af sorpi safnast að sumri til og þá fellur eftirspurn stundum niður í 300 kW. Hættulegum efnum er eytt í eftirbrennslu við um 1000 °C og reykurinn er hreinsaður með vothreinsibúnaði (símtal, Vernharður Jósefsson).

Í Vestmannaeyjum hefur sorpbrennsla verið í rekstri síðan 1993 (Sorpeyðingarstöð Vestmannaeyja) sem nýtir sorp sem til fellur á eyinni og hitar vatn fyrir hitaveitukerfi HS Veitna, en það er lokað veitukerfi þar sem vatnið er að mestu rafhitað. Afköst

brennslunnar er breytilegt eftir sorpgerð en uppsett afl í ofninum, sem fenginn var frá Norsk Hydro, er 2,3 MW. Meðalorka sorpsins er 4 kWh/kg (14,4 MJ/kg). Til stöðvarinnar berast um 5000-5500 tonn af sorpi árlega og af því eru um 3000 tonn brennanleg. Ofninn afkastar um 575 kg/h. Varminn sem næst frá útblæstri stöðvarinnar er nýttur til upphitunar vatns í varmaskiptum, þegar um 900 °C heitt afgang stöðvarinnar er kælt niður í 200-250 °C. Þannig fæst um 1,5 MW varmaafli sem hitar upp bakrásarvatn í veitukerfinu en stöðin vinnur á um 63% afköstum yfir árið (um 230 keyrsludagar árið 2002). Unnið er á tveimur vöktum á dag í stöðinni en hluta sólarhrings er stöðin mannlau. Upphitun vatns með sorpbrennslunni hefur reynst mjög vel frá upphafi en vandasant verk að velja vel brennanlegt sorp og aðskilja frá því sem ekki brennur. Sorpbrennslustöðin var ekki keypt með reykhreinsibúnaði (reglugerð þess tíma gerðu ekki kröfu til þess) og reykur leggur stundum yfir bæinn. Tilraunir hafa verið gerðar með að hreinsa reykinn gegnum vatn í sérstökum sívalningi áður en reykurinn fer út í skorstein og hefur þessi tilraun komið sémilega út. Til stendur að nota sjó í framtíðinni til reykhreinsunar og auka flæðið svo stöðin verði nær reyklus. Búið er að bora tvær sjóborholur við stöðina og er nægur sjór á svæðinu til reykhreinsunar (símtal og gögn í tölvupósti, Ívar Atlason).

Ingvar Níelsson hefur reynslu af sorpbrennslu um áratuga skeið og þekkir vel þann brennslubúnað sem til er á heimsmarkaði. Hann sá um ofnaval (frá Hoval) og útvegar varahluti í sorpbrennslurnar á Kirkjubæjarklaustri og Svínafelli í Örafum. Hugmynd Ingvars um sjálfbæra sorpbrennslu í Grímsey kom fram í skýrslu Iðnaðarráðuneytisins frá 2003 og sorpbrennsla sem Ingvar útvegaði sveitarstjórn Tálknafjarðar var færð til Grímseyjar en var aldrei notuð þar að ráði vegna Evrópureglna um reykhreinsun.

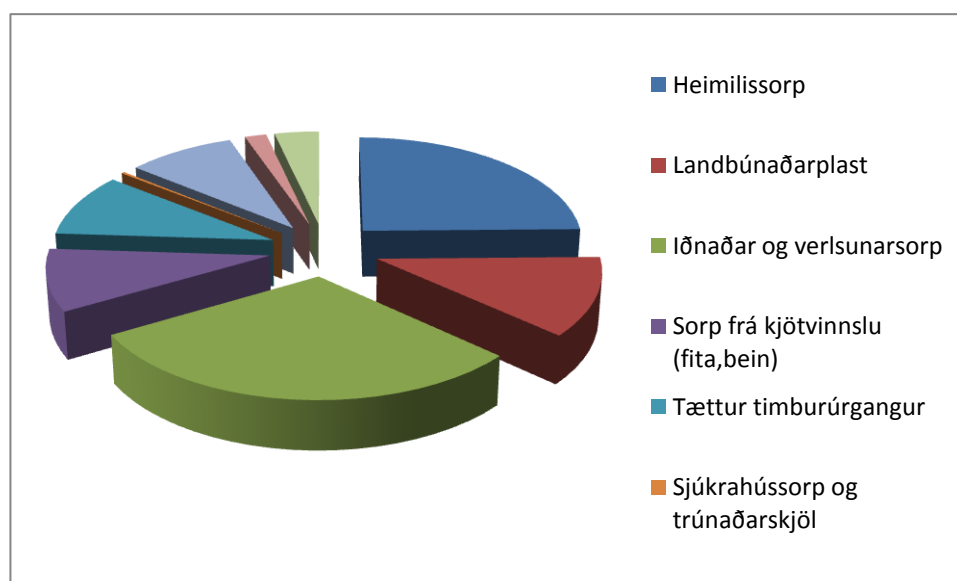
Orka úr sorpi

Við brennslu á sorpi myndast varmaorka, mismikil eftir gerð sorps. Ef brennsla í Grímsey er fyrirhuguð með raforkuframleiðslu er rekstaröryggi í hámarki ef tveir brennsluofnar eru notaðir sem brenna stöðugt (24 tíma sólarhrings) og sorpið hefur hátt orkuinnihald. Einnig er öll umsýsla þægilegri ef sorpið þarf litla forvinnslu, þ.e. ekki þarf að búta það niður og forvinna að öðru leyti svo það geti brunnið með góðu móti.

Eftirfarandi tafla er fengin frá Hafsteini H. Gunnarssyni, framkvæmdastjóra Sorpsamlags Þingeyinga, og sýnir hún sorpsamsetningu brennslunnar á Húsavík árið 2008 og orkuinnihald þess sorps sem þangað kemur.

Tafla 1. Sorpsamsetning Sorpsamlags Þingeyinga árið 2008 ásamt útreiknaðri varmaorku

Samantekt fyrir 2008		kJ/kg	MJ/ár
Heimilissorp	945 t/ár	15.000	14.175.000
Landbúnaðarplast	454 t/ár	40.000	18.160.000
Iðnaðar og verzlunarsorp	1149 t/ár	16.000	18.384.000
Sorp frá kjötvinnslu (fita,bein)	357 t/ár	25.000	8.925.000
Tættur timburúrgangur	365 t/ár	17.000	6.205.000
Sjúkrahússorp og trúnaðarskjöl	10.5 t/ár	20.000	210.000
Hjólbarðar	336 t/ár	32.000	10.752.000
Olía (sorp)	67 t/ár	42.700	2.861.242
Spilliefni	138	42.700	5.892.600
Alls	3822 t/ár	22.390	85.564.842



Mynd 1. Sorpsamsetning Sorpsamlags Þingeyinga árið 2008.

Ef öll orka til Grímseyjar kæmi við brennslu á plasti (um 40 MJ/kg), hvoru tveggja til varma- og raforkuframleiðslu með 20% nýtni til raforkuframleiðslunnar, þá er um að ræða 504 tonn af slíku plasti á ári (sjá útreikninga í töflunni hér fyrir neðan). Plastþörf á hverjum klukkutíma er breytileg eftir álagi en sjór temprar mjög loftslag í eynni þannig að sveiflur verða ekki mjög miklar. Hér skal þó gert ráð fyrir tvöföldun varmaafls tímabundið og plastþörfin gæti því farið í um 166 kg/klst þegar mest er álag (4 tonn á sólarhring).

Ef varminn er einungis nýttur til hitunar er meiri sveigjanleiki í rekstri sorp-brennslunnar og auðveldara að dreifa álagi, t.d. með stórum og vel einangruðum heitavatnstönkum. Sorpbrennslan yrði helmingi minni og þörfin um 144 tonn af plasti á ári. Promens Dalvík ehf. (Sæplast) losar um 10 tonn af plastsagi árlega og 25 tonn árlega af ýmsum öðrum samsettum plastúrgangi.

	GWh	Varmaorka (GJ)	tonn/ári
Varmaorka	1,6	5.760	144
Raforka	0,8	14.400 ¹	360
Samtals			504

Viðarkurl eru heppileg til ofnbrennslu og reynsla í þeim efnum er að skapast á Hallormsstað þar sem Skógarorka ehf. rekur kurlkyndistöð á Hallormsstað. Kyndistöðin nýtir afurðir úr nærliggjandi skógum til húshitunar á sjálfbæran og umhverfisvænan hátt. Orkuinnihald kurls (960 kWst/m³) er lítið miðað við t.d. olíu (9960 kWst/m³) og því er flutningsvegalengd mjög takmarkandi þáttur í öflun hráefnis. Ef um langan veg er að sækja kurlið verður flutningskostnaðurinn hár.

Hér á eftir er lýsing á kurlkyndistöð á Hallormsstað, en ofn og umfang kurlkyndistöðvarinnar er álíka orkuþörf Grímseyinga til hitunar:

Kyndistöðin: Samanstendur af tveimur rýmum. Annars vegar einangruðum kyndiklefa og hins vegar kurlhlöðu. Kurlhlaðan tekur að hámarki 250 rúmmetra af kurli eða sem svarar rúmlega 6 vikna notkun yfir köldustu vetrarmánuðina. Armar yfir gólfi hlöðunnar raka kurlinu yfir snigil sem síðan matar það sjálfvirkt inn í ketilinn eftir þörfum.

Ketillinn: Er af gerðinni Heizomat RHK-AK 500 kW, framleiddur í Þýskalandi (sjá nánar á www.heizomat.com). Í gólfi brunarýmisins er færiband sem dregur brennandi kurlið í gegnum brennarann þannig að í hinum endanum er einungis aska. Engan reykjarmökk leggur frá kyndistöðinni, en í köldu og röku veðri má sjá gufustrók standa upp úr reykháfnum. Ketillinn rúmar um 1,8 m³ af vatni sem er hitað upp í 75 °C áður en það er sent út úr katlinum og inn á dreifikerfið. Dreifikerfið er lokað hringrásarkerfi sem er keyrt á 1,8 bar hringrásardælu. Vatnið fer frá katli að varmaskipti og svo til baka í kyndistöð (um 40-60 °C).

¹ Miðað er við 20% nýtingu til raforkuframleiðslu

Kostnaður

Kostnaður við lagningu dreifikerfis (þ.e. fjarvarmaveita án kyndistöðvar) var áætlaður í ágúst árið 2002 um 33 Mkr fyrir mestan hluta upphitaðs húsnæðis í Grímsey. Framreiknaður kostnaður samkvæmt byggingavísitölu í janúar 2010 er um 60 Mkr. Um þann lagningakostnað segir: „Í þeirri tölu er allur efnis- og uppsetningarkostnaður við dreifikerfið, m.a. tengigrindur í öll hús, 60 rúmmetra vatnstankur og 90 m³ stálgrindarhús fyrir rafskauta- og olíuketil. Talan inniheldur einnig 15% ofan á útreiknaðan kostnað sem ófyrirséð.“

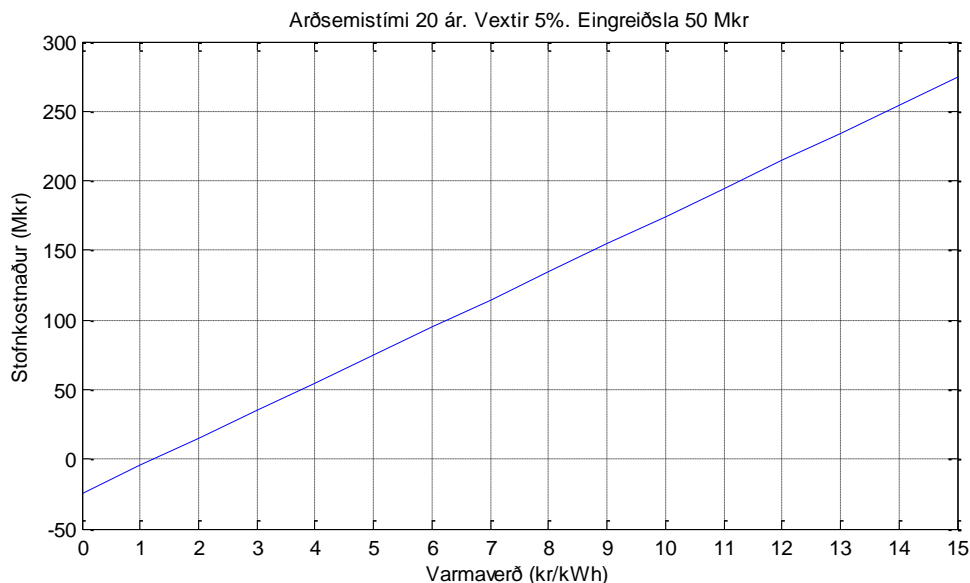
Fyrir nær 10 árum fór fram frumathugun á hagkvæmni varmadælna til húshitunar í Grímsey í nemendaverkefni Tækniskóla Íslands (Ásgeir Ólafsson og Sigurður Óli Guðmundsson, 2001). Þar liggja fyrir tillögur að dreifikerfum fyrir hitaveitu en komist að þeirri niðurstöðu að varmadælnur eiga ekki við nema raforkunnar sé aflað á annan hátt en með olíu. Aðrar leiðir til raforkuöflunar voru ekki skoðaðar sérstaklega en tilraunir með vindorku hafa átt sér stað, eins og áður var vísað til. Ein hugmynd er að sigla reglulega með heitt vatn út í eyna, þá frá jarðhitasvæðum, t.d. Hjalteyri. Ef reiknað er með 500 kW varmaálagi þegar mest lætur og 50 °C hitafalli við nýtingu vatnsins er um að ræða um 200 tonn af vatni á sólarhring.

Um 1,7 MW sorpbrennsluofn fyrir Grímsey gæti fengist á um 835 þúsund Evrum (FOB verð frá Ingvari Níelssyni, um 130 Mkr þegar þetta er skrifað, 9.júní 2010). Um 100 kW gufuhverfill gæti fengist uppsett við ofninn á 30 Mkr. Minni ofn, sem hentar til hitunar eingöngu í Grímsey er talinn geta fengist á um 75 Mkr. Orkusjóður styrkti á sínum tíma kaup á Hoval ofninum á Kirkjubæjarklaustri sem kostaði uppsettur í sér húsnæði með allri lagna og jarðvegsvinnu 55 Mkr². Sjálfur ofninn kostaði um 27 Mkr. Varmaorka þess ofns er um 0,4 GWh árlega sem er um fjórðungur þess sem þarf í Grímsey. Samkvæmt þessu og þróun verðlags í takt við Byggingarvísitölu þá gæti 0,5 MW ofn sem dugur til hitunar eingöngu í Grímsey verið á verðbilinu 150 til 200 Mkr með allri uppsetningu, jarðvegsvinnu, húsnæði og lagna. Með dreifikerfi, samkvæmt ofansögðu, er verðbil allrar framkvæmdarinnar 210-260 Mkr.

Að lágmarki þarf tvö stöðugildi til að manna stöðina en samnýta mætti starfskrafta við rekstur dísilstöðvar. Hér er gert ráð fyrir 5 Mkr gjöldum árlega vegna reksturs starfsmanns og 1 Mkr í annan viðhaldsrekstur. Aðrar forsendur eru 5% vextir, 20 ára arðsemistími og 50 Mkr eingreiðsla sem lækkar stofnkostnað en fellir um leið burtu allar niðurgreiðslur.

Varmaverð í kr/kWh þarf að geta staðið undir fjárfestingunni ef það er eina tekjulindin og ákvarðar leyfilegan stofnkostnað. Leyfilegur stofnkostnaður (með eingreiðslustyrk) er sýndur (sjá mynd 2) við mismunandi varmaverð. Gert er ráð fyrir sömu rekstrargjöldum óháð stofnkostnaði sem skýrir hvers vegna ferillinn byrjar ekki í 50 Mkr. Sem dæmi er leyfilegur stofnkostnaður 90 Mkr við 6 kr/kWh varmaverð.

² Gögn frá Orkusjóði. Verð síðan í janúar 2002.



Mynd 2. Leyfilegur stofnkostnaður við mismunandi varmaverð. Arðsemistími er 20 ár, vextir 5% og eingreiðsla 50 Mkr.

Ljóst er að varmaveitan ein og sér stendur ekki undir framkvæmdinni, miðað við þau verð sem hér hafa fengist. Hugsanlegt er að smíða sérhæfðan og ódýrari ofn sem einungis brennir plasti en á móti kemur að þá gæti þurft að greiða fyrir viðbótarplast, t.d. rúllubaggplast. Einnig mætti hugsa sér að enn meira sorp yrði brennt og þannig fengjust tekjur (núna urðunargjöld). Að síðustu mætti framleiða raforku. Árlega raforkuframleiðslan, 0,8 GWh, sem seld væri á t.d. 10 kr/kWh gæfi 8 Mkr í árlegar rekstrartekjur. Við raforkuframleiðsluna þarf þó sennilega fleira starfsfólk sem ynni á vöktum allan sólarhringinn en á móti kemur að sömu starfsmenn kæmu að hvorutveggja sorpbrennslu og raforkuframleiðslu.

Að lokum verður hér hugað að kostnaði við viðarkyndistöð. Í viðskiptaáætlun kyndistöðvarinnar á Hallormsstað sem unnin var í ágúst 2008 kemur eftirfarandi fram um áætlaðan fjárfestingakostnað:

Fjárfestingar:

Orkuskýgar

Kyndari og uppsetning*	7.500.000
Hús & frágangur**	10.255.000
Flutningur***	570.000
Lagnir og ýmis gjöld****	2.000.000

Samtals:	20.325.000
----------	------------

*Tilboð frá Heizomat hljóðar uppá 50.065,40 Euro

**Stærð húss er áætlað 4,5mx8,0m (140þús.pr.m2) og 36m2 malbikuðu plani (50m2 * 3.500kr.)

***Skv. tilboði frá Eimskip

****Varmaskiptir, lagnir, bygginga- og leyfisgjöld

Gengið sem hér var miðast við er um 150 kr/EUR og ef við reiknum með að viðbótar jarðvegsvinna í Grímsey kosti um 20 Mkr þá er heildarkostnaður viðarkyndistöðvar og dreifikerfis innan við 100 Mkr (borið saman við að lágmarki 210 Mkr ef sorpbrennsla verður fyrir valinu). Varmaverð á 6 kr/kWh gæti staðið undir þeirri framkvæmd (sjá mynd 2). Slíkt varmaverð þyrfti áfram að niðurgreiða vegna þeirrar hefðar að landsmenn greiði svipaðan upphitunarkostnað óháðan búsetu, en niðurgreiðslu-upphæðirnar yrðu mun lægri og sambærilegar þeim sem í gildi eru annars staðar á landinu.

Greinilegt er að stofnkostnaður viðarkyndingarstöðvar er mun minni en sorpbrennslu-ofns en á móti kemur hærri kostnaður við hráefnisflutninga, því orkuinnihald á hvert kg er lægra en í plastinu.

Lokaorð

Skynsamlegt getur talist að afla varma til húshitunar í Grímsey með sorpbrennslu en mikilvægt er að slík brennsla nýti einsleitt hráefni sem einfalt er að meðhöndla, t.d. viðarkurl eða plasticsag og viðhalda þannig jafnri brennslu með litlu eftirliti. Hreinsunarbúnaður þarf að sjálfsögðu að fylgja ýtrustu heilbrigðiskröfum og reyk frá stöðinni mætti hreinsa í sjó. Með sorpbrennslu í stað olíu sparast umtalsverðar upphæðir úr ríkissjóði sem greiðir niður olíukostnað sem fer til hitunar íbúða.

Nýtni raforkuframléiðslu úr dísil olíu í Grímsey er um 30% (af varmaorkunni sem myndast við bruna olíunnar í rafstöðinni). Ekki er skynsamlegt að nýta raforku sem þannig er framléidd til hitunar (það á jafnt við um beina rafhitun og varmadælu) og væri þá mun skárri að hita með beinni brennslu á olíunni, ef ekkert annað býðst.

Varmaveita í Grímsey stendur líklega ekki ein og sér undir fjárfestingu í sorpbrennslu-ofni og ef slík brennsla á að rísa þar þurfa viðbótartekjur að koma til, þá helst urðunargjöld. Einnig þyrfti að skoða frekar möguleikann á viðarbrennslukerfi eða ódýran plastbrennsluofn sem felur í sér mun lægri fjárfestingarkostnað.

Heimildir

Sjálfbært orkukerfi í Grímsey – greinargerð nefndar Iðnaðarráðuneytisins, febrúar 2003. Í nefndinni sátu Árni Ragnarsson, Þorsteinn I. Sigfússon, Örn Helgason, Hjálmar Árnason og Helga Tulinius.

Ásgeir Ólafsson og Sigurður Óli Guðmundsson (2001). *Varmadælu til húshitunar í Grímsey. Frumathugun*. Lokaverkefni til B.Sc. gráðu í orkutæknifræði við véladeild Tækniskóla Íslands.