



## **Einbýlishús:**

- Mat á ólíkum gerðum hitakerfa**
- Skoðun á burðarkerfi**

Hilmar Þór Sigurjónsson

## **Lokaverkefni í byggingartæknifræði BSc**

2012

Höfundur: Hilmar Þór Sigurjónsson

Kennitala: 130386-2379

Leiðbeinendur: Sveinn Áki Sverrisson BSc. MPM og Jón Guðmundsson MSc.

Tækni- og verkfræðideild

School of Science and Engineering

# Tækni- og verkfræðideild

## Heiti verkefnis:

Einbýlishús:

- Mat á ólíkum gerðum hitakerfa
- Skoðun á burðarkerfi

## Námsbraut:

Byggingartæknifræði BSc

## Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í tæknifræði BSc

## Önn:

2012-3

## Námskeið:

LOK1012

## Ágrip:

Í verkefninu er einbýlishús hannað og skoðaðir þrjú upphitunargjafar fyrir það. Gerðir eru varmatapsútreikningar á húsinu til að finna hvað hitagjafarnir þurfa að afkasta miklu.

Burðarþol hússins er skoðað og gert mat á álögum sem verka á það.

Í viðaukum eru útlitsteikningar.

## Höfundur:

Hilmar Þór Sigurjónsson

## Umsjónarkennari:

Guðbrandur Steinþórsson

## Leiðbeinendur:

Sveinn Áki Sverrisson  
Jón Guðmundsson

## Fyrirtæki/stofnun:

## Dagsetning:

20.12.2012

## Lykilorð íslensk:

Varmatap húss.  
Samanburður á  
upphitunargjöfum.  
Burðarþol húss  
skoaðað

## Lykilorð ensk:

## Dreifing:

opin

lokuð

til:

## Formáli

Verkefni þetta er lokaverkefni á sjöundu önn í byggingartæknifræði sem er lokaáfangi námsins og veitir höfundi B.Sc gráðu í Byggingartæknifræði á framkvæmda- og lagnasviði frá Háskólanum í Reykjavík.

Lokaverkefni þetta fjallar um hönnun á einbýlishúsi. Húsið var hannað og gerður samanburður á þremur upphitunargjöfum til að finna heppilegasta upphitunargjafann í dag. Skoðaðir voru helstu upphitunargjafar á Íslandi sem eru; ofnakerfi, gólfhiti og loftræsikerfi. Skoðuð voru helstu álög á húsið og burðarkerfi gróflega hannað.

Fannst höfundi áhugavert að bera saman þá upphitunargjafa sem algengastir eru á heimilum landsmanna og finna út hver væri hentugastur í nýbyggingum í dag. Gerður var því samanburður þar sem skoðaðir voru kostir hvers og eins upphitunargjafa og þeir bornir allir saman. Allur kostnaður var tekin saman þ.e.a.s stofnkostnaður, rekstrarkostnaður og viðhaldskostnaður.

Ég vill þakka leiðbeinendum mínum þeim Sveini Áka Sverrissyni og Jón Guðmundssyni fyrir alla þá leiðsögn sem þeir veittu við gerð verkefnisins, einnig vil ég þakka foreldrum mínum fyrir alla þá aðstoð sem þau veittu mér í gegnum námið og þeim fyrirtækjum sem aðstoðuð við öflun upplýsinga.

Reykjavík 06.desember 2012

---

Hilmar Þór Sigurjónsson

## Efnisyfirlit

Formáli.....	2
Töfluskra.....	4
Myndaskra.....	5
1 Inngangur .....	6
2 Húsnæðið .....	7
3 Hitunarkerfi .....	8
3.1 Inngangur.....	8
3.2 Forsendur.....	8
3.3 Viðmiðunarvarmatap húss.....	8
3.4 Kröfur byggingarreglugerðar .....	10
3.5 Forhönnun ofnakerfis.....	13
3.6 Forhönnun gólfhitakerfis.....	14
3.7 Forhönnun loftræsikerfis.....	21
4 Rekstarkostnaður .....	23
4.1 Inngangur.....	23
5.2 Ofnakerfi.....	24
4.3 Gólfhitakerfi .....	25
4.4 Loftræsikerfi .....	26
5. Samanburður á hitakerfum .....	28
5.1 Ofnakerfi.....	29
5.2 Gólfhiti.....	30
5.3 Loftræsting .....	30
5.4 Samantekt á samanburði .....	30
6 Kostnaðaráætlun.....	31
6.1 Ofnakerfi.....	32
6.2 Gólfhitakerfi, lagnir steypar í plötu .....	33
6.3 Gólfhitakerfi, lagnir lagðar í ílögn ofan á steypa plötu.....	34
6.4 Loftræsikerfi .....	35

6.3.1	Hagkvæmi.....	36
6.4	Niðurstöður og umræða.....	37
7	Burðarþol húss skoðað.....	38
7.1	Járnsmagn í veggjum.....	38
8	Helstu álög.....	40
8.1	Inngangur.....	40
8.2	Álagsfléttur.....	40
8.3	Snjóálag.....	41
8.4	Vindálag.....	44
9	Lokaorð.....	46
10	Heimildaskrá.....	47
	Viðauki A.....	48
	Viðauki B.....	61
	Viðauki C.....	64

## Töfluskrá

Tafla 1.	Helstu stærðir húsnæðis.....	7
Tafla 2.	Heildarleiðnitap skv. Byggingarreglugerð.....	10
Tafla 3.	Reiknað heildarleiðnitap – Hús án gólfhita.....	11
Tafla 4.	Reiknað heildarleiðnitap – Hús með gólfhita.....	11
Tafla 5.	Samanburðartafla.....	29
Tafla 6.	Snjóálag reiknað.....	43
Tafla 7.	U-gildi byggingarefna skilgreind.....	48
Tafla 8.	Málrennsli algengra töppunarstaða.....	61

## Myndaskrá

Mynd 1. Varmatap húss .....	9
Mynd 2. Samanburður á varmaleiðni út um útfleti húss. ....	12
Mynd 3. Samanburður á varmaleiðni út um rými húss.....	12
Mynd 4. Uppbygging ofnakerfis. ....	13
Mynd 5. Hitadreifing þegar ofnakerfi er upphitunargjafi. ....	13
Mynd 6. Einangrunarmottur .....	14
Mynd 7. Varmaleiðni röra, tafla A15 úr staðli ÍST EN 1264-2:1997 .....	15
Mynd 8. Uppbygging gólfhitakerfis, rör steipt í plötu .....	16
Mynd 9. Uppbygging gólfhitakerfis, rör sett ofan á einangrun og ílögn lögð yfir .....	16
Mynd 10. Lagning gólfhitaröra á jaðarsvæðum .....	17
Mynd 11. Lagning gólfhitaröra á íverusvæðum .....	18
Mynd 12. Lagnamunstur gólfhita, hitaflæði í pípum sýnt.....	18
Mynd 13 Gólfhitastig, tafla A.14 úr staðli ÍST EN 1264-2:1997.....	19
Mynd 14. Hitadreifing þegar gólfhiti er upphitunargjafi.....	20
Mynd 15. Gold RX – 08, loftræsisamtæða frá framleiðandanum Swegon í Svíþjóð.....	22
Mynd 16. Stærðir loftræsisamstæðu, öll mál eru í mm. ....	23
Mynd 17. Upplýsingar úr ProUnit.....	26
Mynd 18. Upplýsingar úr ProUnit, seinni athugun.....	26
Mynd 19. Innsetning á orkuverðum í ProUnit.....	27
Mynd 20. Rekstrarkostnaður á loftræsikerfi .....	27
Mynd 21. Rekstrarkostnaður miðað við seinni athugun.....	27
Mynd 22. Hitaferlar fyrir upphitunargjafa .....	28
Mynd 23. Snjósöfnun .....	43
Mynd 24. Mynd úr ÍST 66, fyrir viðmiðunargildi fyrir hitastig þegar upphitunargjafi eru ofnar....	51
Mynd 25. Mynd úr ÍST 66, fyrir viðmiðunargildi fyrir hitastig þegar upphitunargjafi er gólfhiti. ...	52
Mynd 26. Nomogram, þrýstifall fundið í pípum.....	54
Mynd 27. Afkastageta þakniðurfalla .....	62
Mynd 28. Ofan á þakflöt, niðurfallsrör staðsett.....	63

# 1 Inngangur

Markmið þessa verkefnis skiptist í tvo þætti.

Fyrri hluti verkefnis fjallar um útreikninga á heildarvarmatapi hússins. Nauðsynlegt er að finna hversu mikill varmi tapast út úr húsinu til að vita hversu miklu upphitunarkerfin þurfa að afkasta. Forhönnun hitakerfanna er fyrirferðarmikil í verkefninu til að nálgast afköst kerfa, eftir það er hægt að kostnaðargreina kerfin og gera samanburð á stofn- og orkukostnaði milli kerfanna. Forhönnun á þrennskonar hitakerfum er gerð fyrir húsnæðið sem hannað var eingöngu fyrir þetta verkefni. Gerður var kostnaðar samanburður á þessum kerfum, kerfin voru borin saman með tilliti til þæginda, orkunotkunar og stofnkostnaðar. Kostnaðargreining byggir á kostnaði íhluta og vinnu við uppsetningu að viðbættu óvissuálagi sem tekur mið af hversu mikið verkefni er mótað.

Síðari hlutinn fjallar um skoðun á álögum sem verka á húsið og uppbyggingu burðarvirkis.

Teikningar eru ekki hugsaðar sem fullbúnar framkvæmdateikningar.

## 2 Húsnæðið

Húsið sem hannað var er staðsett í Svalbarðstrandarhreppi sem er við austanverðan Eyjafjörð. Það er á einni hæð, einangrað að utan, veggir múraðir að utan og innan og grundað á fyllingu. Útveggir, burðarveggir og plötur eru staðsteyptar og þakvirkið er tvíhallandi timburþak. Húsið er alls 229 m<sup>2</sup> þar af er 54 m<sup>2</sup> bílskúr. Steinsteypdur REI 60 veggur skilur bílageymslu frá íbúð þar sem þvottahús og tæknirými eru inni eldvarnarrýminu með bílskúrnum. Í öllum blautrymum koma niðurföll (GN).

Rými	Nr	Stærð	Meðal lofthæð	Rúmmál
Hjónaherbergi	1	25,8 m <sup>2</sup>	2,6 m	67,1 m <sup>3</sup>
Sjónvarpsherbergi	2	13,9 m <sup>2</sup>	2,6 m	36,1 m <sup>3</sup>
Herbergi	3	14,5 m <sup>2</sup>	2,6 m	37,7 m <sup>3</sup>
Bað 1	4	14,9 m <sup>2</sup>	2,6 m	38,7 m <sup>3</sup>
Tæknirými	5	8,2 m <sup>2</sup>	2,6 m	21,3 m <sup>3</sup>
Eldhús/borðstofa	6	32,2 m <sup>2</sup>	3,4 m	110,8 m <sup>3</sup>
Stofa	7	30,7 m <sup>2</sup>	3,3 m	101,3 m <sup>3</sup>
Gangur	8	21,0 m <sup>2</sup>	3,5 m	73,5 m <sup>3</sup>
Anddyri	9	5,8 m <sup>2</sup>	2,6 m	15,1 m <sup>3</sup>
Þvottahús	10	7,6 m <sup>2</sup>	2,6 m	19,8 m <sup>3</sup>
Samtals		174,6 m <sup>2</sup>		521,4 m <sup>3</sup>

Bílskúr	11	54,2 m <sup>2</sup>	3,3 m	178,9 m <sup>3</sup>
Samtals		228,8 m <sup>2</sup>		700,3 m <sup>3</sup>

Tafla 1. Helstu stærðir húsnæðis



## 3 Hitunarkerfi

### 3.1 Inngangur

Algengustu hitakerfi á Íslandi til húshitunar eru ofnakerfi en á síðari árum hafa gólfhitakerfi verið mikið notuð. Loftræsikerfi sem hitakerfi til húshitunar voru vinsæl fyrr á tímum en hafa dvínað.

Í þessu verkefni verður gerð forhönnun á þremur gerðum af hitakerfum til að reikna út orkunotkun og stofnkostnað þeirra til samanburðar. Við ákvörðun á heppilegasta hitagjafanum verða settir mismunandi gæðamælikvaðar á nokkra vægisþætti, eins og t.d. endingu, viðhald og gæði. Þá er það ekki eingöngu stofn- og rekstarkostnaður sem hefur ákvörðun á hvaða kerfi sé heppilegast.

Skoðaðir eru kostir þess að vera með loftræsikerfi til þess að tryggja betra innloft og spara orku.

### 3.2 Forsendur

Útreikningar U-gildum byggingarluta og varmatap er gert í samræmi við ÍST 66:2008.

Hönnun ofnakerfa byggir á ÍST 69:2002 og ÍST EN 442-1:1995

Hönnun gólfhita byggir á EN 1262:1997

Hönnun loftræsikerfa byggir á ÍST EN 13779:2007

Á Íslandi eru byggingarlög sem eru sameinuð í byggingarreglugerð (BR) eru það kröfur opinberra yfirvalda til byggingaframkvæmda.

### 3.3 Viðmiðunarvarmatap húss

Skilgreiningin á varmaleiðni er það varmamagn sem streymir á tímaeiningu út um útfleti byggingar vegna hitamismunar. Við ákvörðun á varmaleiðni er byrjað að ákvarða uppbyggingu allra byggingarluta. Flatarmál er tekið af öllum útflötum hússins og kólnunartala þeirra fundið. Staðallinn ÍST 66 er notaður við ákvörðun á öllum hitastigum en í honum kemur fram að reikna skuli með að innihiti sé 20°C, útihiti sé -15°C og hiti jarðvegs sé 5°C.

Varmaleiðnin er þá fundin í gegnum hvert þversnið með því að margfalda kólnunartölu þversniðsins við flatarmál þess sem er síðan margfaldað við mismunahitastig sem er sitthvoru megin við þversniðið. Í BR kemur fram í kafla 10.2 að loftgæði mannvirkja skuli vera fullnægjandi

og í samræmi við notkun þess. Fram kemur að allar byggingar skuli loftræsta hvort sem það er gert með náttúrulegri- eða vélrænniloftræstingu eða hvoru tveggja.

Í ÍST 66 kemur fram að í venjulegum íbúðarhúsum er mælt með því að við hönnun sé gert ráð fyrir 0,8 loftskiptum á klukkustund eins og fram kom í byggingarreglugerð frá 1998. Sjá grein 183 úr gömlu byggingarreglugerðinni.

Jöfnur til að reikna varmatap:

$$Q_{\text{varmatap}} = U * A * \Delta t \text{ [W]}$$

Q = Leiðnitap út um útfleti [W]  
 U = Varmaleiðnistuðull [W/m<sup>2</sup>°C]  
 A = Flatarmál [m<sup>2</sup>]  
 Δt = Hitastigsmunur [°C]

$$Q_{\text{kuldabrá}} = \psi * \Delta t * l$$

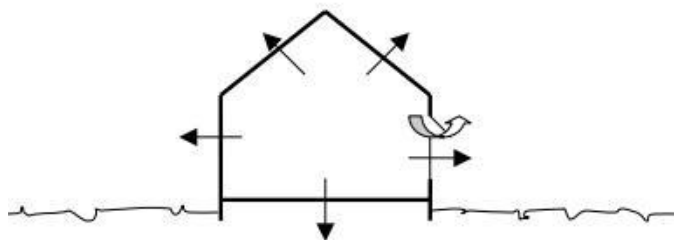
Ψ = Línutap [W/m°C]  
 l = Lengd kuldabrána [m]

$$Q_{\text{loftskipti}} = \rho * c * q * \Delta t$$

ρ = Eðlisþyngd lofts [kg/m<sup>3</sup>]  
 c = Eðlisvarmi lofts [J/kg°C]  
 q = Loftstreymi til rýmis [m<sup>3</sup>/klst]

Jafna fyrir loftstreymi:  $q = V * n$

V = Rúmmál rýmis [m<sup>3</sup>]  
 n = Loftskipti [loftskipti/klst]



→ Leiðnitap  
 ↪ Loftskiptatap

Mynd 1. Varmatap húss

### 3.4 Kröfur byggingarreglugerðar

Heildarleiðnitap hússins er reiknað samkvæmt BR, það er reiknað annars vegar með hámarks U – gildum sem fengin eru úr töflu 13.01 í BR og hins vegar með áður útreiknuðum U – gildum og varmatapi út um kuldabryr. Má raunverulegt leiðnitap ásamt varmatapi út um kuldabryr ekki vera hærra en heildarleiðnitap reiknað með U – gildum úr BR, ef raunverulegt varmatap er meira þá þarf að bæta einangrunargildi þversniða þangað til leiðnitap fer undir kröfur BR .

Heildarleiðnitap byggingarinnar samkvæmt ákvæðum úr töflu 13.01 í BR reiknast 8.042 W og er það án kuldabrua. Raunverulegt varmatap þarf þá að vera lægra en það.

Raunverulegt heildarleiðnitap hússins reiknast 6.765 W og varmatap út um kuldabryr er 800 W, samtals er leiðnitapið 7.563 W sem stenst þá kröfur BR. Þegar gólfhiti er upphitunargjafi eykst leiðnitap niður um botnplötu þar sem meiri varmi er í botnplötunni en þegar upphitunargjafi er til dæmis ofnakerfi.

Raunveruleg varmaleiðni þegar gólfhiti er upphitunargjafi 7.977 W sem inniheldur einnig varmatap í gegnum kuldabryr og stenst því einnig ákvæði BR.

Hér koma töflur sem innihalda sundurliðun á varmaleiðni í gegnum alla húshluta hússins, útreiknað heildarleiðnitap með kuldabrum verður að vera lægra en heildarleiðnitap sem reiknast samkvæmt BR án kuldabrua.

Í töflu hér að neðan sést sundurliðun á heildarleiðnitapi byggingarinnar samkvæmt BR.

Húshluti	U	A	$\Delta t$	$\Phi$
	W/m <sup>2</sup> K	M <sup>2</sup>	K	W
Útveggur	0,25	224	35	1.957
Botnplata	0,20	229	15	686
Gluggar	1,7	52	35	3.095
Hurðir	1,7	18	35	1.092
Þak	0,15	231	35	1.212
Heild (byggingarhluta)				8.042

Tafla 2. Heildarleiðnitap skv. Byggingarreglugerð

Húshluti	U	A	$\Delta t$	$\Phi$
	W/m <sup>2</sup> K	M <sup>2</sup>	K	W
Útveggur	0,22	224	35	1.753
Botnplata	0,18	229	15	621
Gluggar	1,29	52	35	2.347
Hurðir	1,29	18	35	830
Þak	0,15	231	35	1.212
Heild (byggingarhluta)				6.765
	$\psi$	l	$\Delta t$	$\Phi$
	W/mK	m	K	W
Kuldabré við útveggjasökkla	0,36	76	15	409
Kuldabré við innveggjasökkla	0,46	56	15	389
Heild				7.563

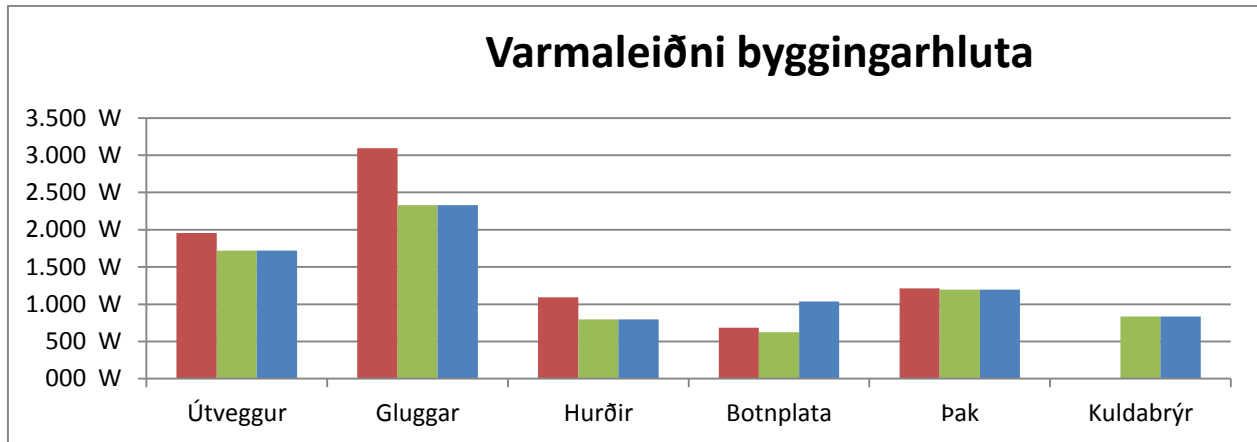
Tafla 3. Reiknað heildarleiðnitap – Hús án gólfhita

Húshluti	U	A	$\Delta t$	$\Phi$
	W/m <sup>2</sup> K	M <sup>2</sup>	K	W
Útveggur	0,22	224	35	1.753
Botnplata	0,18	229	25	1.035
Gluggar	1,29	52	35	2.347
Hurðir	1,29	18	35	830
Þak	0,15	231	35	1.212
Heild (byggingarhluta)				7.179
	$\psi$	l	$\Delta t$	$\Phi$
	W/mK	m	K	W
Kuldabré við útveggjasökkla	0,36	76	15	409
Kuldabré við innveggjasökkla	0,46	56	15	389
Heild				7.977

Tafla 4. Reiknað heildarleiðnitap – Hús með gólfhita

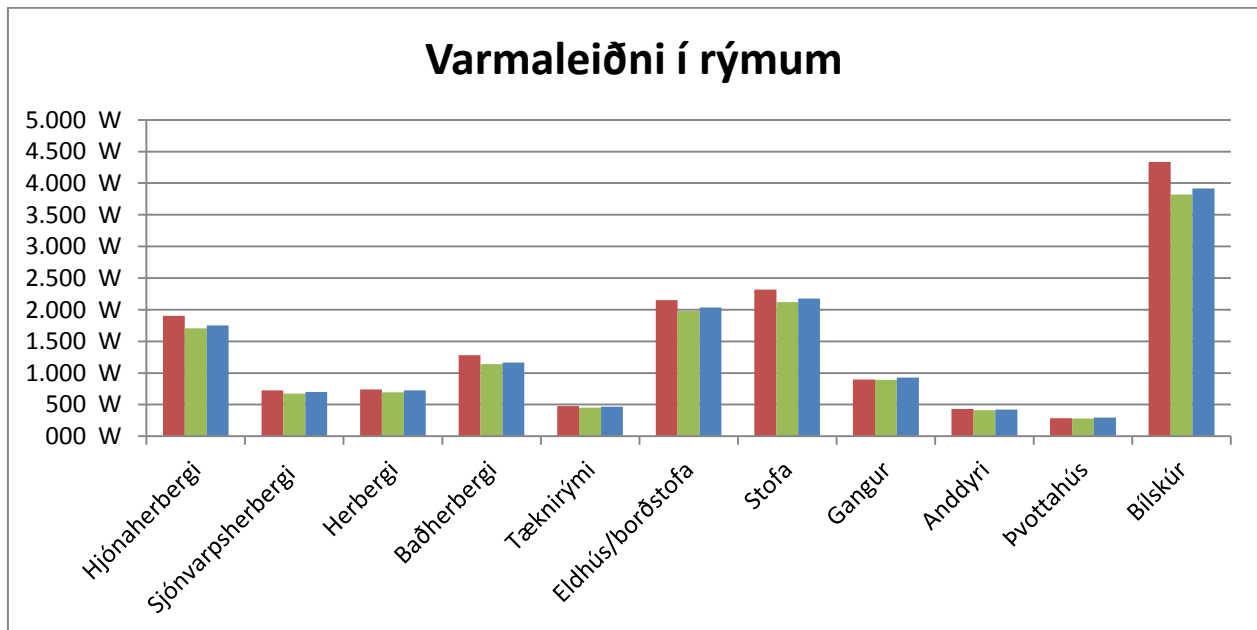
Eins og sést í töflum hér ofar þá þarf ekki að einangra húshluta betur þó að gólfhiti sé notaður sem upphitunargjafi þar sem heildarleiðnitapið er lægra en lágmarksgildi úr BR án kuldabruna.

Hér má sjá samanburð við kröfur BR, rauðu stöplarnir eru útreikningar samkvæmt BR. Bláu stöplarnir eru útreikningar á varmatapi þegar gólfhiti er upphitunargjafi og grænu stöplarnir eru útreikningar á varmatapi annarra upphitunargjafa.



Mynd 2. Samanburður á varmaleiðni út um útfleti húss.

Hér sést að þegar gólfhiti er upphitunargjafi (blái stöpullinn) þá verður meiri varmaleiðni niður um botnplötuna þar sem gólfhitalagninnar hita upp plötuna, skv. IST 66 þá er gert ráð fyrir því að platan sé 30 °C þegar gólfhiti er í henni en ekki 20 °C eins og þegar notast er við aðra upphitunargjafa.



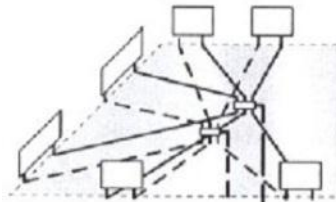
Mynd 3. Samanburður á varmaleiðni út um rými húss.

Heildarorkuþörf byggingar skal ákvarðast að teknu tilliti til heildarleiðnitaps, loftskipta byggingar og lofthita úti og inni eins og kemur fram í BR. Loftskiptatap hússins var reiknað 6.667 W, því er heildarorkuþörf byggingarinnar 14.650 W þegar gólfhiti er í húsinu og 14.230 W fyrir aðra upphitunargjafa. Upphitunarkerfin þurfa að geta annað þeirri þörf til að geta haldið góðum innihita.

### 3.5 Forhönnun ofnakerfis

Ofnakerfið er hefðbundið en um er að ræða tvístrengja rör í rör kerfi þar sem ein lögn liggur að ofni og kemur með framrásarvatn að ofni og önnur lögn liggur frá ofni sem fjarlægir bakrásarvatn frá ofni. Rör í rör kerfi samanstendur af kjarnaröri og kápuröri sem liggur utan um kjarnarörið, ef skemmdir verða á kjarnarörinu þá er hægt að draga það innan úr kápurörinu og setja nýtt kjarnarör. Allar lagnir eru steyptar í botnplötuna og er engin samsetning á lögnum, þær tengjast beint inn í tengigrind og var hugsað um að hafa staðsetningu tengigrindar miðsvæðis þegar hús var hannað.

Rörastærð var hönnuð eftir hversu miklu vatni þurfti að koma að hverjum ofni. Allar lagnir voru hannaðar 12 mm, nema ein lögn sem hönnuð var 15 mm en hún er að ofni í sameiginlega rýminu hjá eldhúsinu og borðstofunni. Þessi ofn að afkasta það miklu að ekki gekk að hafa 12 mm lögn að honum þar sem þrýstifall varð of mikið.

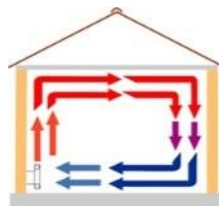


Mynd 4. Uppbygging ofnakerfis.

Við útreikning á stærð og fjölda ofna var sett upp ofnatafla, tafla sem sýnir ofnana í hverju rými fyrir sig, afköst ofnana og stillitala ofnloka.

Reiknað var með að hitastig vatns væri 80°C við inntak og kæling vatnsins væri 40°C. Ofnarnir voru hannaðir eftir varmataps reikningum, þar sem notaðar voru upplýsingar frá Ofnasmiðjunni ehf. um hvað hver ofn afkastaði miklu. Fengið var tilboð hjá þeim í alla ofnana sem var síðan notað í reikningum við stofnkostnað. Ofnarnir eru þá ýmist einfaldir eða tvöfaldir eftir því hversu mikið varmatap var í því rými sem var verið að hanna ofninn í og oft þurfti fleiri en einn ofn til að til að ná lágmarksafköstum.

Ofnar eru staðsettir út frá því hvar kaldast er í hverju rými fyrir sig eða þar sem besta nýting næst þ.e. undir gluggum.



Mynd 5. Hitadreifing þegar ofnakerfi er upphitunargjafi.

### 3.6 Forhönnun gólfhitakerfis

Ýmsar gerðir eru til af gólfhitakerfum, algengustu kerfin á Íslandi eru rafmagnshitakerfi og vatnshitakerfi og er vatnshitakerfið mun algengara. Kerfi þessi virka mjög svipað en í rafmagnskerfi eru rafmagnspræðir sem hita upp gólfplötinn en í vatnskerfi, heitt vatn sem er leitt í lögnum sem hita upp gólfplötinn.

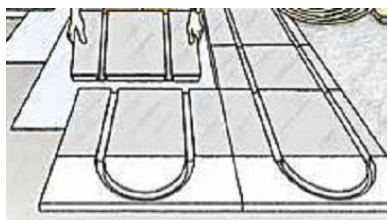
Hér koma nokkrar útfærslur á vatnshitakerfum en mikil þróun hefur verið á þessum kerfum og hafa ýmsar útfærslur verið prófaðar sem hafa haft sína kosti og galla. Gólfhiti átti í upphafi erfitt með að ná bólfestu sem upphitunargjafi þar sem mundu eftir geislahitanum sem var mjög vinsæll hér áður fyrr. Geislahitun svipar til gólfhita nema geislahitun var sett í loftplötur en ekki gólfplötur. Hitinn átti að flytjast með geislun niður en yfirleitt var það tvennt sem misfórst; ekki var sett einangrun fyrir ofan geislahitunina til að slíta í sundur leiðnina og fór hitinn því yfirleitt frekar upp en niður og síðan var oft ekki nægileg hreyfing á loftinu og sat þá hitinn upp við loftið á meðan gólfir voru köld.

Algeng útfærsla er að leggja rör með járnagrind í plötuna og steypa lagnir í plötuna. Önnur útfærsla, sem er að verða algengari, er að steypa fyrst plötuna og leggja því næst hitalagnir ofan á einangrun og flota yfir með ilögn. Með þessari aðferð verður minna varmatap niður um plötuna og gólfhitakerfi verður fljótvirkara, þ.e.a.s. það tekur styttri tíma að fá svörun þegar hiti er aukinn í stýringu þar sem hita þarf minni massa.

Ákvað höfundur að bera saman kostnað við þessar tvær útfærslur þar sem það liggur beint fyrir að ódýrara er að framkvæma fyrri útfærsluna þar sem lagnir eru staðsteyptar með plötunni en meiri gæði fylgja síðari útfærslunni.

Við hönnun á seinni útfærslunni leitaði höfundur eftir upplýsingum um ílagnir hjá BM Vallá og fengust þær upplýsingar að nauðsynlegt sé að nota anhydrit ilögn þar sem ilögn er lögð ofan á einangrun, aðrar sementsbundnar ílagnir samkvæmt upplýsingum vilja það til að rýrna og vinda sig. Ef ílagnir eru festar beint ofan á steypu þá er í lagi að nota aðra ilögn en anhydrit þar sem þá næst binding við steypuna.

Hér má sjá mynd af einangrunarmottu tilsniðnum fyrir pípur sem oft eru notaðar, þá einkum þegar gólfhiti er settur í gömul hús



Mynd 6. Einangrunarmottur

Material	Heat conductivity $\lambda$ W/(m·K)
PB pipe	0,22
PP pipe	0,22
PE-X pipe	0,35
Steel pipe	52
Copper pipe	390

Mynd 7. Varmaleiðni röra, tafla A15 úr staðli ÍST EN 1264-2:1997

Við hönnun á gólfhitakerfum er mismunandi hvaða rörum er gert ráð fyrir, áður fyrr voru notuð stál- og koparrör, tafla hér að ofan inniheldur varmaleiðni nokkurra röra og sést að kopar rör hafa mestu leiðnina af þessum rörum. Nú á tímum er eingöngu notuð plaströr þar sem þau eru mikið auðveldari og fljótlegri í lagningu.

Plaströr í dag hafa súrefniskápu sem er þunnt lag af EVOH (etýlénvínýlalkohól) plasti sem liggur utan um rörin.

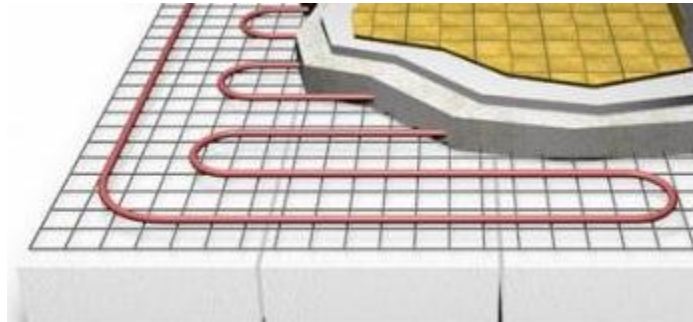
Uppbygging plaströra er þessi; PEX rörin eru úr nokkrum lögum af krossbundnu pólýetýleni. Hægt er að fá ál PEX og eru þau rör a.m.k. 2 sinnum dýrari miðað við þau tilboð sem fengin voru. Þau eru sterkari og þola minni beygjuradíus og uppbygging þeirra samanstendur af tveimur lögum af PEX rörum sem hafa ál filmu á milli. Álplast rör hafa þann ótvíræða kost málmröra að þau hleypa engu súrefni í gegnum sig og virðast hafa þann kost plaströra að tærast ekki. Ákveðið var að ál PEX-ið væri ekki hentugur kostur m.v. kostnað. PP rörin eru úr pólýprópýlen og PB rörin úr pólýbútýlen.

Vinsælast er að nota PEX gólfhita rör þar sem þau þola yfirleitt meiri hita en hin rörin, þau hafa aðeins meiri leiðni en önnur plaströr. Hitaleiðni röra hefur þó ekki úrslitakosti þegar rör eru valin þar sem yfirleitt hafa þau mikinn massa í kringum sig sem þau þurfa að hita upp, hvort sem það er ílögn eða steypa og hefur varmaleiðni þess massa meira að segja um viðbragðstíma gólfhitans.

Ending PEX röra er skilgreind í staðli DIN 16892/16893, gefið er að þau eigi að endast í a.m.k. 50 ár miðað við 70°C hita á vatninu og þrýstinginn 25 bör. Er þá hægt að reikna með að líftími gólfhitakerfisins sé 50 ár með þó almennu viðhaldi á dælum og stjórnbúnaði.

Í fyrri útfærslunni er hönnunin uppbyggð á eftirfarandi; 150 mm einangrun liggur á fyllingu, 20 mm PEX gólfhitalagnir festar við járnendinguna og steypuhula yfir lagnirnar höfð a.m.k. 40 mm. Þannig næst jafnari hiti og þegar gengið er berum fótum yfir gólfið er síður hægt að finna hvar lagnirnar liggja í plötunni. Oft er flotað yfir steypuna áður en gólfefni eru sett á gólfið.





Mynd 8. Uppbygging gólfhitakerfis, rör steyppt í plötu

Í seinni útfærslunni er byrjað á að steypa plötu sem er ofan á 100 mm einangrun, þá er 50 mm einangrun lögð ofan á plötuna og 16 mm PEX gólfhitarör fest í einangrunina og flotað yfir með 50 mm þykku lagi yfir einangrunina.



Mynd 9. Uppbygging gólfhitakerfis, rör sett ofan á einangrun og ilögn lögð yfir

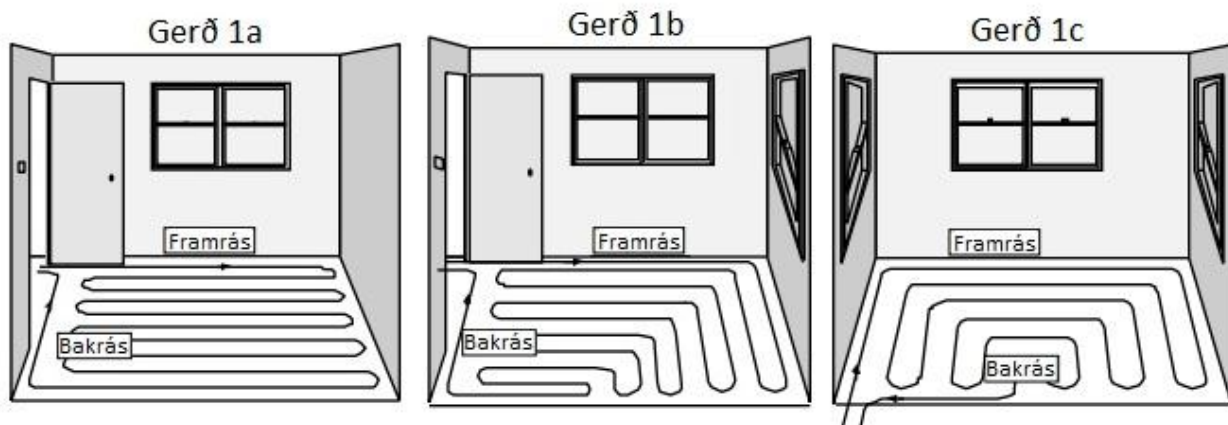
Alltaf er reynt að hafa framrásarhitann eins lágan og unnt er, í útreikninginum er varmapörf hússins notuð til að ákvarða hitastigið.

Yfirborðsmótstaða fyrir gólfefni hefur táknið  $R_{\lambda,B}$ , hún er skilgreind í ÍST EN 1264 – 2:1997 að þegar ekkert gólfefni er ofan á ilögninni eða steypunni þá er  $R_{\lambda,B} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ , í ÍST EN 1264 – 3:1997 á bls. 9 kemur fram að á heimilum má reikna með  $R_{\lambda,B} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$  og  $R_{\lambda,B} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$  á baðherbergjum.

Ákvað höfundur að athuga hvort yfirborðsmótstaða parkets myndi uppfylla  $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Reikningar voru gerðir eftir formúlu úr ÍST EN 1264 sem er  $R_{\lambda,B} = s/\lambda$  þar sem  $s$  er skilgreint sem

þykkt [m] á því gólfefni sem á að nota og  $\lambda$  er varmaleiðni [W/m K] á gólfefninu. Fundið var varmagildi fyrir parket með undirlagi og fékkst að varmamótstaðan fyrir bæði saman væri  $0,081^1$  W/m k og var ákveðið að hafa 12 mm þykkt parket með undirlaginu, samtals reiknaðist varmamótstaðan  $0,15$  W/m<sup>2</sup>k og voru reikningar byggðir á þeirri varmamótstöðu.

Mesta varmatap verður við útveggj húss, svæðið sem er næst útveggjum er skilgreint sem jaðarsvæði og er millibil á milli slanganna haft minna á því svæði til að gólfið verði ekki kaldara þar en annarsstaðar. Önnur svæði í húsinu eru skilgreind sem íverusvæði og er jafnara varmatap á þeim svæðum. Hér eru myndir af tillögum af nokkrum munstrum við lagningu á gólfhitalögnum, gerð 1 sýnir jaðarsvæði og er framrás leidd meðfram köldum útveggjum, gerð 1a sýnir einn útvegg, gerð 1b sýnir tvo útveggi og gerð 1c sýnir þrjá útveggi, á myndum eru gluggar hafðir til að sýna hvar eru útveggir. Með þessari lagningu næst besta nýtingin á heitavatninu.

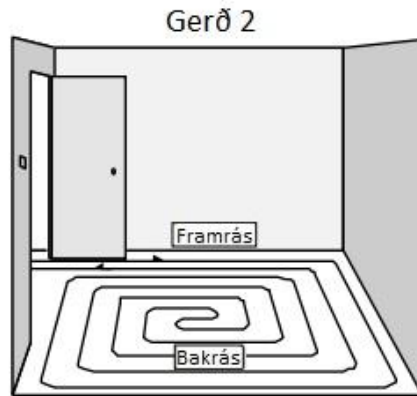


Mynd 10. Lagning gólfhitaröra á jaðarsvæðum

Gerð 2 sýnir íverusvæði, þ.e.a.s svæði sem hefur enga útveggi. Mjög gott er að leggja lagnir í spíral munstur, en spíral munstur er eins og sést á mynd 11 þar sem framrás og bakrás liggja saman í hringi alveg til þau ná inni miðju. Með þessari lagningu er hitadreifing jöfn í rýminu en minni kæling verður á mismunarhitnum milli framrásar og bakrásar þar sem lagnir liggja saman.

---

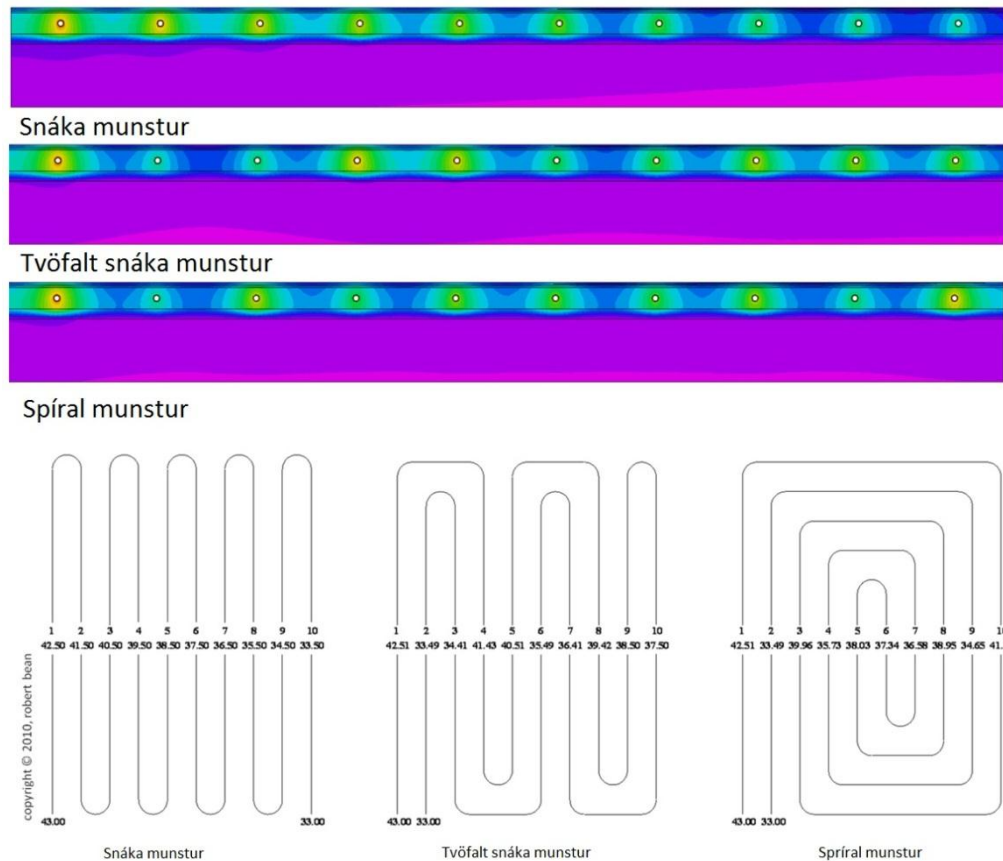
<sup>1</sup> "The Improvement of Thermal Conductivity of the Underlay Foam for the Laminate Flooring to Saving Heating Energy."



Mynd 11. Lagning gólfhitaröra á íverusvæðum

Við hönnun á þessu verkefni notaði höfundur oft báðar útfærslurnar þar sem byrjað var á gerð 1 við útveggi og farið svo í gerð 2 þegar komið var í u.þ.b. meter inn í rýmið til að fá sem jafnastan hita en ná samt sem áður að taka mesta kuldann á jaðarsvæðum.

Hér má sjá mynd af mismunandi lagnamunstrum og hvernig hitinn lækkar í rörunum og þá má sjá hvernig hitadreifingin verður á gólfinu.



Mynd 12. Lagnamunstur gólfhita, hitaflæði í pípum sýnt

Í gólfhitastaðli kemur fram hver hámarks gólfhiti má vera.

$\theta_{F,max}$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	$q_{G,max}$ (W/m <sup>2</sup> )	
29	20	100	Íverusvæði
33	24	100	Baðherbergi
35	20	175	Jaðarsvæði

Mynd 13 Gólfhitastig, tafla A.14 úr staðli ÍST EN 1264-2:1997

Við ákvörðun á millibili á milli slaufa er farið eftir varmatapi hvers rýmis.

Framrásarhiti er reiknaður með jöfnu:

$$t_f = t_i + \Delta v_H + \frac{\sigma}{2}$$

$t_i = 20^\circ\text{C}$  er innihitinn

$\Delta v_H$  = lógaritmíski mismunahiti vatns og herbergis.

$\sigma = 5^\circ\text{C}$  skv EN 1264 – 3, kæling vatns í því rými sem hefur mestu varmaþörfina.

Framrásarhitinn fyrir gólfhitann er ákvarðaður fyrir allar slaufurnar samkvæmt þeim framrásarhita sem er fundinn fyrir það rými sem hefur mestu varmaþörfina og er þá minnsta kælingin milli framrásar og bakrásar í því rými, í þessu verkefni reyndist það vera stofan og hjónaherbergið sem höfðu þörfina fyrir mesta framrásarhitann.

Rennsli í hverri slöngu er reiknað með formúlunni: 
$$G = \frac{\phi}{c_p \cdot (t_f - t_r)} \quad [l/s]$$

$\phi$  = varmatap hvers herbergis

$t_f$  = framrásarhiti í rörum

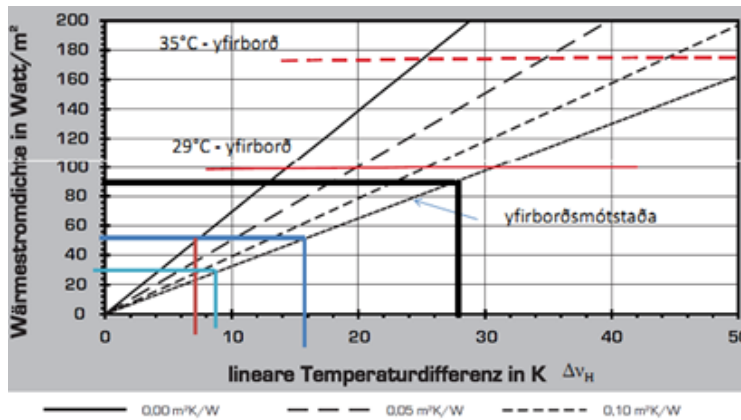
$t_r$  = bakrásarhiti í rörum

$c_p$  = eðlisvarmi vatns

Þegar rennslið var fundið var næst að reikna upp gólfhitalagnirnar til að finna nákvæmar lengdir á hverri slöngu fyrir sig. Þegar notuð eru 16 mm rör mega slaufur ekki vera lengri en  $100\text{ m} \pm 20\text{ m}$  en þegar notuð eru 20 mm rör mega þau ekki vera lengri en  $140\text{ m} \pm 20\text{ m}$ .

Millibil slanganna var fundið þegar  $\Delta v_H$  var ákveðið, reynt var að hafa lógaritmíski mismunahiti á milli 20 og 25 K og var þá farið í það graf sem gaf það gildi, gröfin eru mismunandi eftir yfirborðsmótstöðu gólfsins og því er gólfefnið ákveðið áður en gólfhiti er reiknaður.

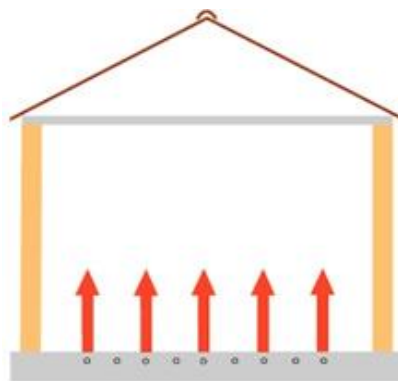
Hér má sjá dæmi um graf sem notað var við úrlausn á  $\Delta v_H$ . Þetta graf á við þegar millibil milli slangna er 75 mm.



Notað var reikniforrit frá Danfoss til að athuga hvort útreikningar væru ekki örugglega réttir og kom í ljós að tölur voru mjög svipaðar. Bakrásarhitastig, 33 °C var haft eftir útreikningum úr forritinu frá Danfoss, sjá má forritið í viðauka A

Dælan með gólfhitakerfinu er álagsstýrð, þ.e. hún dælir í samræmi við þörf þannig að ef einungis þarf að auka hita í einu herbergi dælir hún aðeins því magni sem þarf í það rými. Dælan blandar heita vatnið niður og tryggir þannig að hitastig gólfa sé rétt.

Til að stýra hita í hverju rými eru hafðir mótrolkar á tengigrind fyrir hverja slaufu. Mótrolkarnir eru svo tengdir við hitastilli í viðkomandi rými.



Mynd 14. Hitadreifing þegar gólfhiti er upphitunargjafi.

### 3.7 Forhönnun loftræsikerfis

Loftræsikerfi saman stendur af loftræsisamstæðu, hljóðgildru, lagnastokkum, innblásturstækjum og útsogstæki.

Innbyggt í loftræsisamstæðuna er varmanýtingarhjól, sem endurvinnur varmann úr útkastloftinu í inntaksloftið, blásurum og síum.

Hljóðgildran er höfð til lágmarka hávaðann frá loftræsikerfinu þannig að kerfið valdi ekki ónæði.

Innblásturstæki eru gólfristar sem eru staðsettar inni í öllum rýmum fyrir framan glugga og síðan er eitt útsogstæki sem er staðsett ofarlega á vegg á gangi sem næst tæknirýminu.

Hlutverk loftræsikerfis er fyrst og fremst að sjá um upphitun húss en kostur loftræsikerfis er að ávallt er tryggt gott innloft.

Afkastageta loftræsisamstæðu er fundin útfrá varmatapsútreikningum, heildarorkuþörf hússins var reiknuð 14.230 W. Til að ákvarða stærð loftræsisamstæðu er notuð eftirfarandi jafna sem finnur hversu mikið loftstreymi þarf að vera í rýminu til að uppfylla innihitastig.

$$\Phi_{\text{varmatap}} = \Phi_{\text{loft}} = \rho c_p q (T_{\text{innblástur}} - T_{\text{útblástur}}) = \rho c_p q \Delta T$$

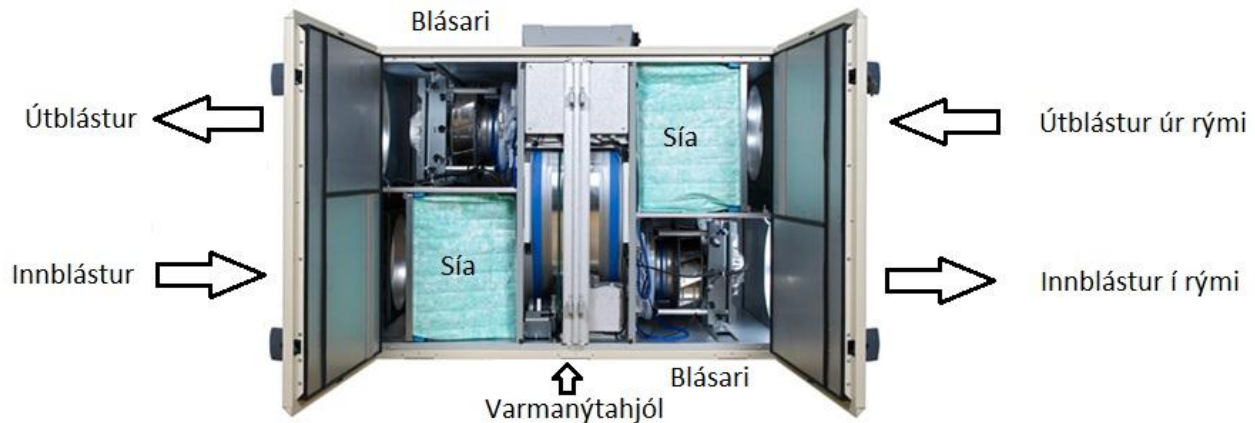
	Tákn	Gildi	Eining
Heildarvarmatap hússins :	$\Phi_{\text{varmatap}}$	14.230	W eða J/s
Eðlisvarmi lofts :	$C_p$	1004	J/kg °C
Eðlisþyngd lofts :	$\rho$	1,175	kg/m <sup>3</sup>
Hitastig innblásturs lofts:	$T_{\text{innblástur}}$	35	°C
Hitastig útblásturs lofts :	$T_{\text{útblástur}}$	20	°C
Hitastigsmunur inn- og útblæstri:	$\Delta t$	15	°C

Þá er næst að leysa q út úr jöfnunni að ofan og lýtur jafnan þá svona út :

$$q = \frac{\Phi_{\text{varmatap}}}{\rho c_p \Delta T} * 3600 [m^3/h]$$

Við þetta fæst að loftræsisamstæðan þarf að afkasta 2.900 m<sup>3</sup>/h, valin er loftræsi samstæða frá fyrirtækinu Varma, sem er af gerðinni Swegon Gold RX- 08 hún getur afkastað mest 3600 m<sup>3</sup>/h.

Hér má sjá kerfisuppbyggingu samstæðu.



Mynd 15. Gold RX – 08, loftræsisamtæða frá framleiðandanum Swegon í Svíþjóð.

Samstæðan hefur varmanýtahjól sem endurvinnur varmann úr heita útkastloftinu og nýtir hann í að hita upp kalda inntaksloftið með því sparast umtalsverð orka. Nýtni varmanýtahjólins er reiknuð með eftirfarandi jöfnu.

$$\eta = \frac{(t_1 - t_2)}{(t_3 - t_2)}$$

Við hönnun á loftræskerfinu var notast við forritið ProUnit frá Swegon og gefur það að nýtni varmanýtis sé 48,5 % í þessu tilfalli.

Helsti ókostur varmanýtahjólins er sá að ef loft er mengað þá smitast óhreinindin í nýja loftið þegar varminn er að færast yfir í nýja innblástursloftið í varmanýtahjólínu. Nýtni varmanýtahjólins er venjulega á milli 80 og 90 % en þar sem höfundur ákvað í samráði við leiðbeinanda að hafa viftur út úr helstu rýmum þar sem mengun verður, eða út úr bílskúr, baðherbergi og úr eldhúsi þá er nýtnin einungis 48,5 %.

Einnig var slegið inn í forritið gildi þannig að reiknað væri með að allt loftmagnið færi í gegnum samstæðuna. Þá fékst að nýtnin væri 79,5 % þá er hægt að reikna hitastig útkastloftsins þar sem hin hitastigin tvö liggja fyrir þar þau voru breytur í innslætti í forritinu.

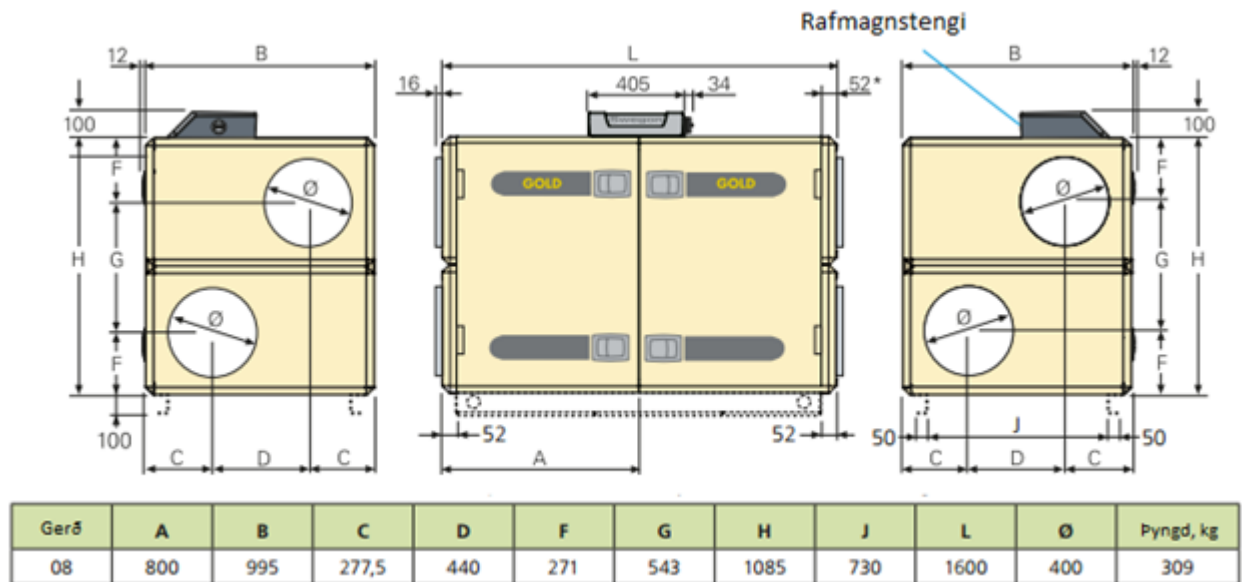
$\eta$  = nýtnin %

$t_1 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$  Hitastig innblástursloftsins

$t_2 = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$  Hitastig útiloftsins

$t_3 = 12,9 \text{ } ^\circ\text{C}$  Hitastig útsogsloftsins

Mun samstæðan vera staðsett inni tæknirýminu, hér er mynd af samstæðunni og helstu stærðir hennar.



Mynd 16. Stærðir loftræsisamstæðu, öll mál eru í mm.

## 4 Rekstarkostnaður

### 4.1 Inngangur

Hér verður reiknuð árleg orkunotkun hvers upphitunargjafa og fundinn kostnaður við rekstur á þessum kerfum fyrir heilt ár og einnig verður skoðaður áætlaður viðhaldskostnaður fyrir hvert kerfi. Byrjað er á að finna út árlega orkuþörf fyrir hvert kerfi, reiknað verður svo hversu mikil orka er í vatninu til að finna vatnsmagnið sem þarf til upphitunar.

Staðsetning hússins er í nágrenni Akureyrar og voru fengnar hitastigstölur frá Veðurstofu Íslands sem notaðar voru við úrlausnina. Meðalhitastig yfir árið mældist 3,2 °C og eru mælingar frá árinu 1948.

Verð á heitu vatni er fengið frá Norðurorku, var það síðast uppfært 19. desember 2011 og er 105 kr/m<sup>3</sup> með vsk. Virðisaukaskattur á vatni til húshitunar er 7 %.

Áætlaður líftími kerfana er að loftræsisamstæðan gangi í 20 ár, gólfhitakerfið í 50 ár og ofnakerfið í 20 ár, upplýsingar eru fengnar frá framleiðendum og CIBSE<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> John Armstrong, *Cibse Concise Handbook 2nd Edition*.



## 5.2 Ofnakerfi

Sama aðferð er notuð við ofna- og gólfhitakerfi þegar útreikningar eru gerðir á orkunotkun.

Orkuþörf hússins er reiknuð með eftirfarandi jöfnu,  $E = Q / 35 * GD * 24$

Q = 14,17 kW	Varmatap hússins
GD = 4.871 dagar	Gráðudagar
24	er svo margfaldað við sem er í jöfnu, til fá klukkutíma en ekki daga

Gráðudagar er allir dagarnir á árinu margfaldaðir hverju sinni við mismunahitann milli innihitans og útihitans. Þar sem útihitinn er fenginn frá vedur.is og innihitinn er ákvarðaður 17 °C en ekki 20 °C eins og reiknað er alltaf með en það er gert vegna framleiðslu á varma sem verður inní húsinu eins og frá mannfólki, rafmagnstækjum og sólarorkunni sem kemur inn um gluggana.

$E = 47.320 \text{ kWh/ári}$  Orkuþörf yfir ákveðinn tíma

Fundið er hversu mikil orka er í einum rúmmetra af vatni, það er gert með að umbreyta rúmmetra yfir í kílóvatt stund. Er það gert með eftirfarandi jöfnu:  $Q = q \rho c_p (t_1 - t_2)$

$q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$	Streymi vatns
$\rho = 1.000 \text{ kg} / \text{m}^3$	Eðlisþyngd vatns
$c_p = 4,19 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$	Varmarýmnd vatns
$t_1 = 80,0 \text{ } ^\circ\text{C}$	Framrásarhitastig
$t_2 = 40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$	Bakrásarhitastig

Fæst þá að  $Q = 167.600 \text{ kJ} / \text{s} / \text{m}^3$

Er þá  $Q = 46,5 \text{ kWh} / \text{m}^3$

Orkuþörf hússins =  $E / Q = 47.320 / 46,5$

Orkuþörf hússins =  $1.017 \text{ m}^3$  á ári sem þarf til að hita upp húsið.

Sem er margfaldað við  $105 \text{ kr} / \text{m}^3$  sem er verð frá Norðurorku með vsk.

Orkukostnaður fyrir Akureyri er  $106.700.- \text{ kr}$  á ári eða  $8.888.-$  á mánuði.

Til samanburðar voru sömu útreikningar einnig gerðir fyrir Reykjavík.

Orkukostnaður fyrir Reykjavík er  $110.170.- \text{ kr}$  á ári eða  $9.180.-$  á mánuði.

### 4.3 Gólfhitakerfi

Orkuþörf hússins eykst þegar reiknað er miðað við gólfhita þar sem meira varmatap verður niður um botnplötuna.

$$E = Q / 35 * GD * 24$$

$$Q = 14,58 \text{ kW}$$

$$E = 48.700 \text{ kWh}$$

Orkukostnaður er reiknaður alveg eins og við ofnakerfi nema það verður meiri kæling á vatninu, meiri orka fæst út úr hverju rúmmetra þar sem bakrásarhitastigið er lægra.

$$t_1 = 80,0 \text{ °C}$$

Framrásarhitastig

$$t_2 = 33,0 \text{ °C}$$

Bakrásarhitastig

$$\text{Fæst þá að } Q = 196.930 \frac{\text{kJ}}{\text{s}/\text{m}^3}$$

$$\text{Er þá } Q = 54,7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

Orkuþörf hússins = 890 m<sup>3</sup> á ári sem þarf til að hita upp húsið.

Orkukostnaður fyrir Akureyri er 93.325.- kr á ári eða 7.777.- á mánuði.

Orkukostnaður fyrir Reykjavík er 93.760.- kr á ári eða 7.815.- á mánuði.

#### 4.4 Loftræsikerfi

Notast var við forritið UnitPro frá Swegon við að reikna út orkunotkun en forritið er byggt á eftirfarandi formúlu.

$$E = C_{pl} * \rho * q_v * \sum_{\tau=0}^n (t_i - t_u) * \Delta t [kWh]$$

E = Orkuþörf yfir ákveðinn tíma [kWh/ári]

$C_{pl}$  = Eðlisvarmi lofts [kJ/kg °C]

$\rho$  = Rúmþyngd lofts [kg/m<sup>3</sup>]

$q_v$  = Loftstreymi [m<sup>3</sup>/s]

$t_i$  = Hitastig lofts eftir upphitun [°C]

$t_u$  = Útihitastig

$\Delta t$  = Hitastigsmunur á inni- og útiloftinu [°C]

n = Fjöldi tímabrepa yfir skilgreint tímabil

Gerðar voru tvær athuganir á orkunotkun skv. ProUnit. Fyrri athugunin sýnir orkunotkun miðað við að viftur séu úr rýmum sem hafa mengun, eins og hefur komið fram úr bílskúr, baðherbergi og eldhúsi. Síðari athugunin sýnir þegar allt inniloft fer aftur í gegnum samstæðu og engu lofti kastað út vegna mengunar.

<i>Electric energy</i>	
Fan motors	11.1 MWh/year
Fan motors, comparison without heat exch.	7.5 MWh/year
<i>Reheating energy</i>	
With heat exch.	110.8 MWh/year
Without heat exch.	185.3 MWh/year

Mynd 17. Upplýsingar úr ProUnit

<i>Electric energy</i>	
Fan motors	16.4 MWh/year
Fan motors, comparison without heat exch.	11.0 MWh/year
<i>Reheating energy</i>	
With heat exch.	63.2 MWh/year
Without heat exch.	185.3 MWh/year

Mynd 18. Upplýsingar úr ProUnit, seinni athugun.

Í fyrri athugun þá er nýtni varmanýtahjóls 48,5 % þar sem svo mikið loft er sogað út úr húsinu sem fer þá ekki í gegnum samstæðuna. Á meðan nýtni varmanýtahjólsins er 79,5 % í seinni athuguninni.

Upplýsingar um raforkuverð var fengið hjá Norðurorku, kostar kílóvattstundinn 10,60 kr með virðisaukaskatti og orkuskatti.

Rekstrarkostnaður var reiknaður með ProUnit forritinu og hér sést valmynd úr því þar sem orkuverð eru skilgreind og er það ein af breytunum í forritinu.

**Energy price**

Currency

Current price of energy

	Electricity	Heating	Cooling	
	<input type="text" value="10,60"/>	<input type="text" value="105"/>	<input type="text" value="0.000"/>	ISK/kWh

Mynd 19. Innsetning á orkuverðum í ProUnit

Hér koma niðurstöður úr ProUnit forritinu á rekstrarkostnaðnaði.

<b>Costs</b>		
Electric energy, fans	100794	ISK/year
Reheating costs	250347	ISK/year
<i>Energy costs, total</i>	351142	ISK/year

<b>Cost comparison without heat exch.</b>		
Electric energy, fans	67581	ISK/year
Reheating costs	418728	ISK/year
<i>Total energy costs, without heat exch.</i>	486309	ISK/year

Mynd 20. Rekstrarkostnaður á loftræsikerfi

<b>Costs</b>		
Electric energy, fans	148414	ISK/year
Reheating costs	142734	ISK/year
<i>Energy costs, total</i>	291148	ISK/year

<b>Cost comparison without heat exch.</b>		
Electric energy, fans	99705	ISK/year
Reheating costs	418728	ISK/year
<i>Total energy costs, without heat exch.</i>	518433	ISK/year

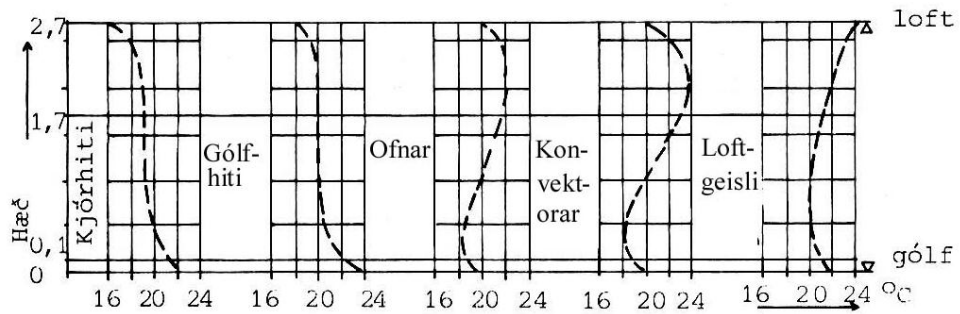
Mynd 21. Rekstrarkostnaður miðað við seinni athugun

Rekstrarkostnaður er þá 351.142 kr. á ári miðað við hönnun.

Við viðhald á loftræsisamstæðunni þarf að skipta um síur. Uppgefið er frá birgja að skipta skuli tvisvar sinnum á ári um síur, þar sem orkunotkun blásara eykst þegar síur verða óhreinar. Ein sía kostar 20.000 kr. og í samstæðunni eru tvær síur og er því kostnaðurinn 80.000 kr. á ári við síuskipti.

## 5. Samanburður á hitakerfum

Til samanburðar á upphitunargjöfum er áhugavert að skoða mynd hér að neðar. Um er að ræða rannsókn sem var gerð á hitastigsdreifingu frá gólfi og upp í loft hjá fjórum upphitunargjöfum<sup>3</sup>. Í réttri röð eru það eftirfarandi upphitunargjafar; gólfhiti, ofnakerfi, loftræsikerfi og loftgeislakerfi.



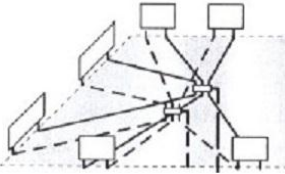
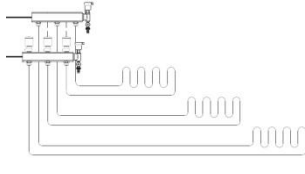
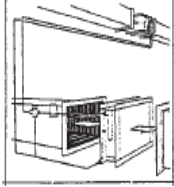
Mynd 22. Hitaferlar fyrir upphitunargjafa

Eins og sést á myndinni er gólfhiti að komast næst því að líkjast kjörhitadreifingunni.

---

<sup>3</sup> Guðmundur Halldórsson, *Hitun Húsa*.

Tafla 5 sýnir samanburð miðað við meginlegt mat á upphitunarkerfunum og matspætti. Matsskali er 1 – 5 þar sem 5 er hæsta einkunn.

Matspættir	Ofnakerfi	Gólfhitakerfi	Lofthitakerfi
			
Plássþörf	2	5	3
Viðhaldskostnaður	5	3	1
Ending	2	5	2
Fagurleiki	2	5	5
Hitaþægindi	4	5	4
Viðbragðstími	4	2	5
Samtals einkunn	19	25	20

Tafla 5. Samanburðartafla

## 5.1 Ofnakerfi

Kostir	Gallar
Hraður viðbragðstími	Hætta á að húsgögn og gardínur byrgi ofna og minnki hitaleiðni til rýmis
	Ekki er alltaf nægilegt að opna glugga til að uppfylla þær kröfur sem gerðar eru til fullnægjandi loftræsingar.
	Stutt ending ofna, uppgefið 20 ár.

Tafla 5. Gæðasamanburður fyrir ofnakerfi.

## 5.2 Gólfhiti

Kostir	Gallar
Betri nýting á rýminu, þarf ekki að hugsa um að ekki megi vera húsgögn fyrir ofnum eðaristum.	Mikla aðgát þarf þegar borað er í gólf til að skemma ekki rörin.
Faldar lagnir, þ.e.a.s varmagjafar eru innbyggðir í húsið og ekki sjónmengun af ofnum eðar loftræsiristum. Engin ytri tæring.	Hitakerfið er „tregt“, það er ekki eins viðbragðsfljótt og ofnakerfi, þar sem hita þarf gólfplötuna alla áður en hitinn nær að komast í gegn.
Minna ryk miðað við þegar ofnakerfi er.	
Jafnari hitadreifing í rými.	
Góð nýting á vatni m.v. ofnakerfi.	

Tafla 6. Gæðasamanburður fyrir gólfhitakerfi.

## 5.3 Loftræsting

Kostir	Gallar
Varmanýtahjól sem endurvinnur varmann.	Dýrt í rekstri.
Minni líkur á myglu þar sem loft er stöðugt á hreyfingu.	Stofnkostnaður og rekstrarkostnaður er mikill og ending stutt, 20 ár.
Þarf ekki að opna glugga til að hafa loftskipti sem er mjög hentugt hér á landi þar sem veðurfar er oft óstöðugt. Því er hægt að hafa jafnt loftmagn óháð veðri.	

Tafla 7. Gæðasamanburður fyrir loftræsikerfi

## 5.4 Samantekt á samanburði

Til skilgreiningar á samanburðartöflunni þá verður farið yfir einkunnargjöfina sem þar er.

**Plássþörf;** þar fær gólfhiti bestu mögulegu einkunnina þar sem enginn verður var við gólfhitann ekki eins og í ofnakerfinu þar sem passa verður að byrgja ekki af ofna og í loftræsikerfinu þar sem passa verður að ekkert sé ofan á loftristum.

**Viðhaldskostnaður;** reiknað var með svipuðum viðhaldskostnaði bæði í ofna- og gólfhitakerfi þar sem dætur geta bilað eins og ofnlokar. Vitað er að viðhaldskostnaður loftræsikerfa á ári er 80.000 kr. vegna síuskipta, en ekki er reiknað með öðrum bilunum.

**Ending;** eins og fram hefur komið er ending ofna og loftræsikerfis 20 ár á meðan gólfhiti endist í 50 ár.

**Fagurleiki;** ofnar geta oft verið flottir og þægilegir eins og handklæðaofnar en yfirleitt eru þeir lítið skraut. Loftristar sem fylgja loftræsikerfinu eru mjög nettar en þurfa alltaf að vera fyrir framan glugga og auðsjáanlegar á meðan gólfhitakerfið hefur ísteyptar lagnir sem enginn sér.

**Hitapægindi;** gólfhitakerfið er með bestu hitadreifinguna sbr. mynd 17.

**Viðbragðstími;** gólfhitakerfi eru tregust en með lausninni þar sem lagnir eru hafðar í ílögn þá styttest viðbragðstíminn en verður samt aldrei jafn góður eins og hjá ofna- og loftræsikerfinu.

Höfundur fannst loftræsikerfi vera mjög spennandi valkostur þar sem mikil gæði hljóttast af því að vera með vélræna loftræsingu. ProUnit gaf upp að í þessari samtæðu miðað við þetta hús þá gæti hún endurunnið allt að 18,5 % af rakanum. Loftræsikerfi geta endurunnið orkuna sem er í útkastloftinu og nýtt hana í inntakslóftið og gaf ProUnit upp að nýtnin væri 48,5 %.

Gólfhitakerfi er mjög álitlegur kostur sérstaklega í samanburði við ofnakerfi. Þegar gólfhitakerfi er lagt ofan á einangrunarmottur styttest viðbragðstíminn en stofnkostnaðurinn verður meiri eins og fram kemur hér á eftir.

## 6 Kostnaðaráætlun

Við samanburð á upphitunargjöfunum var gerð kostnaðaráætlun þar sem fengin voru tilboð frá hinum ýmsu fyrirtækjum til að gera nokkuð nákvæma kostnaðaráætlun sem byggir á magntölum mældum af teikningum. Einnig voru notaðir verðbankar, bæði frá Hannarri og einnig frá verkfræðifyrirtækjum til að ákvarða kostnaðinn við hvern verklið. Allir verðbankarnir voru frá árinu 2011 og voru þeir uppfærðir skv. byggingarvísitölunni. Reiknaður var heildarkostnaður við uppsetningu hvers upphitunargjafa. Kallast það framkvæmdakostnaður sem er kostnaður verktaka, það er að segja, opinbergjöld eru ekki innifalin í kostnaðaráætlun heldur einungis útlagður kostnaður við efni og vinnu verktaka. Reiknað var með ófyrirséðum kostnaði<sup>4</sup> 20% þar sem miðað er við forhönnun og 10% verktakaálagi. Í verktakaálagi er verið að tala um rekstur á vinnusvæði og stjórnun á undirverktökum.

---

<sup>4</sup> "Cost Estimate - Wikipedia, the Free Encyclopedia."



## 6.1 Ofnakerfi

Nr.	Verkpáttur	Eining	Magn	Verð/magn [kr]	Heildarverð [kr.]
1	Ofnar og stýribúnaður	Heild	1	761.653 kr	761.653 kr.
2	Vinna við frágang á ofnum	Heild	1	81.965 kr	81.965 kr.
3	Efni í lögnum	Mettrar	450	382 kr	171.900 kr.
4	Vinna við lögn á lögnum	Mettrar	450	345 kr	155.380 kr.
5	Vinna við stillingar og prófanir	Heild	1	48.855 kr	48.855 kr.
				Samtals	<u>1.219.755 kr.</u>
	Annar kostnaður			+ 20% ófyrirséð	243.950 kr.
				+ 10% verktakaálag	121.975 kr.
				Heildarkostnaður	<u>1.585.680 kr.</u>

### Sundurliðun á verkpáttum

1. Hannaðir voru ofnar í húsnaði samkvæmt varmatapi og gaf Byko tilboð í þá ofna og þann stýribúnað sem þeim fylgja. Tilboð er án afslátta og á því að taka vertakaálagið.
2. Vinna við uppsetningu á ofnum var fundið í verðbankanum Hannarri.
3. Tilboð var fengið í PEX lagnir og var það Húsasmiðjan sem veitti besta tilboðið í lagnaefni, taka skal fram að ekki var bætt við verktakaálagi.
4. Hannarr var notaður við ákvörðun á kostnaði iðnaðarmanna við lagningu á rörum.
5. Hannarr var notaður við ákvörðun á kostnaði við stillingu og prófanir.

## 6.2 Gólfhitakerfi, lagnir steyptar í plötu

Nr.	Verkþáttur	Eining	Magn	Verð/magn [kr]	Heildarverð [kr.]
1	Efni í gólfhitagrind	Heild	1	436.138 kr	436.138 kr.
2	Vinna við gólfhitagrind	Heild	1	49.829 kr	49.829 kr.
3	Efni í lögnum	Metrar	1.800	205 kr	369.000 kr.
4	Vinna við lögna á lögnum	Metrar	1.800	345 kr	621.000 kr.
5	Vinna við prófanir á lögnum	Heild	1	17.595 kr	17.595 kr.
				Samtals	<u>1.493.562 kr.</u>
				+ 20% ófyrirséð	298.712 kr.
				+ 10% verktakaálag	149.356 kr.
				Heildarkostnaður	<u><u>1.941.631 kr.</u></u>

### Sundurliðun á verkþáttum

1. Hannað var gólfhitakerfi í húsnæði samkvæmt varmatapi og gaf Danfoss hagkvæmasta tilboðið í það efni sem þurfi í gólfhitagrindina.
2. Vinna við gólfgrindina var ákvörðuð samkvæmt verðbankanum Hannarri.
3. Tilboð var fengið í PEX lagnir og var það Vatnsvirkinn sem veitti besta tilboðið í lagnaefni.
4. Verðbanki var notaður við ákvörðun á kostnaði iðnaðarmanna við lagningu á rörum.
5. Hannarr var notaður við ákvörðun á kostnaði við stillingu og prófanir.

### 6.3 Gólfhitakerfi, lagnir lagðar í ílögn ofan á steypa plötu

Nr.	Verkpáttur	Eining	Magn	Verð/magn [kr]	Heildarverð [kr.]
1	Efni í gólfhitagrind	Heild	1	515.497 kr	515.497 kr.
2	Vinna við gólfhitagrind	Heild	1	49.829 kr	49.829 kr.
3	Efni í aukaeinangrun	Heild	1	535.940 kr	535.940 kr.
4	Vinna við lagningu á einangrun	Fermetrar	230	345 kr	79.350 kr.
5	Efni í lögnum	Metrar	1.600	190 kr	304.000 kr.
6	Vinna við lögn á lögnum	Metrar	1.600	346 kr	553.600 kr.
7	Anhydrit ílögn	Rúmmetrar	11,5	58.000 kr	667.000 kr.
8	Vinna við anhydrit ílögn	Fermetrar	230	1.290 kr	115.000 kr.
9	Vinna við prófanir á lögnum	Heild	1	17.595 kr	17.595 kr.
				Samtals	<u>3.019.511 kr.</u>
				+ 20% ófyrirséð	603.902 kr.
				+ 10% verktakaálag	301.951 kr.
				Heildarkostnaður	<u>3.925.364 kr.</u>

#### Sundurliðun á verkpáttum

1. Vatnsvirkinn gaf hagkvæmasta tilboðið í gólfhitagrindina.
2. Vinna við gólfgrindina var ákvörðuð samkvæmt verðbankanum Hannarri.
3. Vatnsvirkinn gaf upplýsingar og verð í einangrunina.
4. Tilboð var fengið í PEX lagnir og var það Vatnsvirkinn sem veitti besta tilboðið í lagnaefni.
5. Hannarr var notaður við ákvörðun á kostnaði iðnaðarmanna við lagningu á rörum.
6. Hannarr var notaður við ákvörðun á kostnaði við stillingu og prófanir.

## 6.4 Loftræsikerfi

Nr.	Verkpáttur	Eining	Magn	Verð/magn [kr]	Heildarverð [kr.]
1	Stofnkostnaður	Heild	1	3.400.000 kr	3.400.000 kr.
2	Uppsetningarkostnaður	Heild	1	646.000 kr	646.000 kr.
				Samtals	4.046.000 kr.
				+ 20% ófyrirséð	809.200 kr.
				+ 10% verktakaálag	404.600 kr.
				Heildarkostnaður	5.259.800 kr.

### Sundurliðun á verkþáttum

1. Hannað var loftræsikerfi í húsnæði samkvæmt varmatapi og gaf Varmi tilboð í RX - 08 samstæðu, verð er án vertakaálags.
2. Hannarr var notaður við ákvörðun á uppsetningarkostnaði og kemur þar fram að reikna megi með að uppsetningarkostnaður sé 19 % af stofnkostnaði m.v. að loftræsisamstæðan afkasti minna en 5.000 m<sup>3</sup>/klst.

### 6.3.1 Hagkvæmi

Til að meta hagkvæmni tæknilegra kerfa eru til nokkrar aðferðir, þær eru notaðar til að reikna orkusparnað. Sem dæmi um aðferðir má nefna núvirðisaðferðina og einfalda endurgreiðslutímann.

Ákveðið var að nota endurgreiðslu aðferðina en með henni er fundinn stofnkostnaðurinn og hversu mikill sparnaður fæst með að nota viðkomandi kerfi. Þá er hægt að finna hversu langan tíma það tekur að borga upp kerfið með sparnaðinum sem hlýst af því að nota kerfið. Verður endurgreiðslutími að vera frekar stuttur þar sem margir óvissuþættir eru í þessum útreikningum. Sem dæmi um óvissuþætti má nefna hækkandi orkukostnað, endingu og viðhald kerfis.

Gróf hugmynd á endurgreiðslutíma fæst með eftirfarandi jöfnu :  $T = \frac{l_0}{b}$  [ár]

T = Endurgreiðslutíminn [ár]

$l_0$  = Stofnkostnaður [kr]

b = Orkusparnaður [kr/ári]

Ef gólfhitakerfi er notað þá sparast 13.375 kr. á ári en stofnkostnaður er 400.000 kr. meiri en í ofnakerfi m.v. að lagnir séu steyptar í plötu. Endurgreiðslutími gólfhitakerfis er þá u.þ.b. 30 ár.

Loftræsikerfi eru það dýr í rekstri að enginn ávinningur fæst með því að nota það kerfi sem upphitunargjafa.

## 6.4 Niðurstöður og umræða

### Niðurstöður og umræða

Sparnaður verður 13.375 kr. með því að vera með gólfhitakerfi miðað við ofnakerfi og nær gólfhitakerfið að greiða upp mismuninn sem er af stofnkostnaðinum á 30 árum, einnig má horfa á að endingartími ofnakerfa er 20 ár miðað við 50 ár hjá gólfhitakerfi. Því sést að það er mun hagkvæmara að velja gólfhita sem upphitunargjafa en ofnakerfi. Þetta dæmi miðast við þegar lagnir eru staðsteyptar með plötunni. Þegar gólfhiti er lagður ofan á einangrun í ílögn þá eykst endurgreiðslu tíminn upp í 180 ár. Höfundur finnst samt sem áður borga sig að vera með gólfhita þó að stofnkostnaður sé svo mikill. Til samanburðar var deilt endingartíma beggja kerfana upp í stofnkostnaðinn og fékkst þá að ofnakerfið væri að kosta u.þ.b. 77.000 á ári á meðan gólfhitakerfi sem er ekki staðsteypt væri að kosta u.þ.b. 78.500 á ári og þá á eftir að taka með að kostnaður við að reka gólfhitakerfi sem er 13.375 kr. ódýrara á ári.

Loftræsikerfi hafa mesta stofnkostnað og eru einning með mesta rekstrarkostnaðinn eins og fram hefur komið, þrátt fyrir að þau endurvinni varman úr útkastloftinu.

## 7 Burðarþol húss skoðað

### 7.1 Járnamagn í veggjum

Við ákvörðun á járn magni í veggjum var notast við skjalið Steinsteypuvirki Deilihönnun<sup>5</sup> sem er staðfært miðað við Eurocode 2.

Nota skal C 25 steypu og B500B kambstál.

Flotspenna steypu  $f_{ctk} = 1,6$  MPa og flotspenna kambstáls  $f_{yk} = 500$  MPa

Við ákvörðun járn magni í láréttri bendingu er notuð jafnan  $A_s = \frac{c * A_c * f_{ctk}}{f_{yk}}$

Eins og kemur fram í skjalinu er c ákvarðað fyrir innveggi 0,4 – 0,8 og fyrir venjulega útveggi 0,8 – 1,2

Lóðrétta bendingin er svo 1/3 af láréttri bendingu.

Efnisgæði

$f_{ctk} =$	1,6 MPa
$f_{yk} =$	500 MPa

Til að ákveða járn magn er notuð jafnan:  $A_s = \frac{c * A_c * f_{ctk}}{f_{yk}}$

---

<sup>5</sup> Guðbrandur Steinþórsson, "Steinsteypuvirki Deilihönnun."

Lóðréttabendingin er 1/3 af láréttri bending. Reikningar eru samkvæmt ritinu Deilihönnun eftir Guðbrand Steinþórsson, útreikningar eru á bls. 16 í ritinu.

Innveggir	
c =	0,6
L =	1000 mm
b <sub>w</sub> =	150 mm
A <sub>s</sub> =	288 mm <sup>2</sup> /m
A <sub>s</sub> valið =	316 mm <sup>2</sup> /m

A<sub>s</sub> valið er með nógu mikið járnaflatarmál til að uppfylla A<sub>s</sub> nauðsynlegt, og eru 316 mm<sup>2</sup>/m = 4K10 og þau deilast svo á einn metra, möskvastærð er þá = c/c 250 mm. Bæði lóðrétt og lárétt bending er K10 c/c 250

Útveggir	
c =	1,0
L =	1000 mm
b <sub>w</sub> =	150 mm
A <sub>s</sub> =	480 mm <sup>2</sup> /m
A <sub>s</sub> valið =	491 mm <sup>2</sup> /m

A<sub>s</sub> valið er með nógu mikið járnaflatarmál til að uppfylla A<sub>s</sub> nauðsynlegt, og eru 491 mm<sup>2</sup>/m = 4,3K12 og þau deilast svo á einn metra, möskvastærð er þá = c/c 230 mm. Lárétt bending er K12 c/c 230 og lóðrétt bending er K10 c/c 250.

Sökkulveggir	
c =	1,2
L =	1000 mm
b <sub>w</sub> =	200 mm
A <sub>s</sub> =	512 mm <sup>2</sup> /m
A <sub>s</sub> valið =	565 mm <sup>2</sup> /m

A<sub>s</sub> valið er með nógu mikið járnaflatarmál til að uppfylla A<sub>s</sub> nauðsynlegt, og eru 565 mm<sup>2</sup>/m = 5K12 og þau deilast svo á einn metra, möskvastærð er þá = c/c 200 mm. Lárétt bending er K12 c/c 200 og lóðrétt bending er K10 c/c 250



## 8 Helstu álög

### 8.1 Inngangur

Hér verður farið yfir þau álög sem verka á húsið og í byrjun voru skoðaðar þær álagsfléttur sem yrðu líklegast ráðandi.

Í byrjun á úrlausn verkefnisins var einbýlishúsið hannað á tveimur hæðum og voru því botnplata og milliplata hannaðar. Við úrlausn á verkefninu breyttust forsendur og var þá einblínt á hentugan upphitunargjafa en ekki burðarþol hússins. Gafst þá ekki tími til að finna eiginþyngd þakvirkis.

### 8.2 Álagsfléttur

Álagsfléttur eru notaðar til að setja saman mismunandi álög sem geta verkað á burðarvirkið á sama tíma.

#### Brotmarkarástand

Þolreikningar eru reiknaðir í brotmarkarástandi en það er þegar burðargeta virkisins er á mörkunum að vera fullnýtt. Í brotmarkarástandi er reiknað með öryggisstuðlumum 1,35 á eiginþyngd og 1,5 á hreyfanlegt álag skv. staðli.

Fléttur sem koma til greina eru eftirfarandi:

- 1 1,35 G + 1,5 S
- 2 1,0 G + 1,5 V<sub>1</sub>
- 3 1,0 G + 1,5 V<sub>2</sub>

#### Notmarkaástand

Notmarkaástand er til að ákvaða hvort byggingin standist formbreytinga kröfur sem eru í byggingarreglugerð og stöðlum.

Fléttur sem koma til greina eru eftirfarandi:

- 1 1,0 G + 1,0 S
- 2 1,0 G + 1,0 V<sub>1</sub>
- 3 1,0 G + 1,0 V<sub>2</sub>

### 8.3 Snjóálag

Við útreikning á snjóálagi var notast við stuðulinn EN 1991-1-3 og þjóðarviðauka sem honum fylgja. Í þjóðarviðaukunum er mynd af Íslandi þar sem landinu er skipt upp í snjóálagssvæði þar sem Akureyri er sýnt á svæði 3 og hefur því snjóálag 3,9 – 6,1 kN/m<sup>2</sup>. Nánari útskýring er í þjóðarviðaukanum þar sem gefið er að á Akureyri eigi að reikna með 5 kN/m<sup>2</sup>.

Snjóálag reiknast með eftirfarandi jöfnu  $S = \mu_i C_e C_t S_k$

Eftirfarandi jafna er nr. 5.1 í snjóstaðlinum

$\mu_i$  er formstuðullinn á snjólögunum, hann fer eftir halla þess þaks sem snjórinn er á. Tafla 5.2 í staðlinum skilgreinir gildi á  $\mu_i$  eftir halla þakgerðum.

Einbýlishúsið hefur tvíhalla þak þar sem bæði þök halla 15° þá fæst að  $\mu_1 = 0,8$  og  $\mu_2 = 1,2$ .

Álagið er þá reiknað á báðum þökunum eftir því hvernig vindurinn blæs á þakið, áveðursmegin er reiknað með  $\mu_1 = 0,8$  og hlé megin er það  $\mu_2 = 1,2$  þar sem hlé megin er líklegra að það safnist meiri snjór.

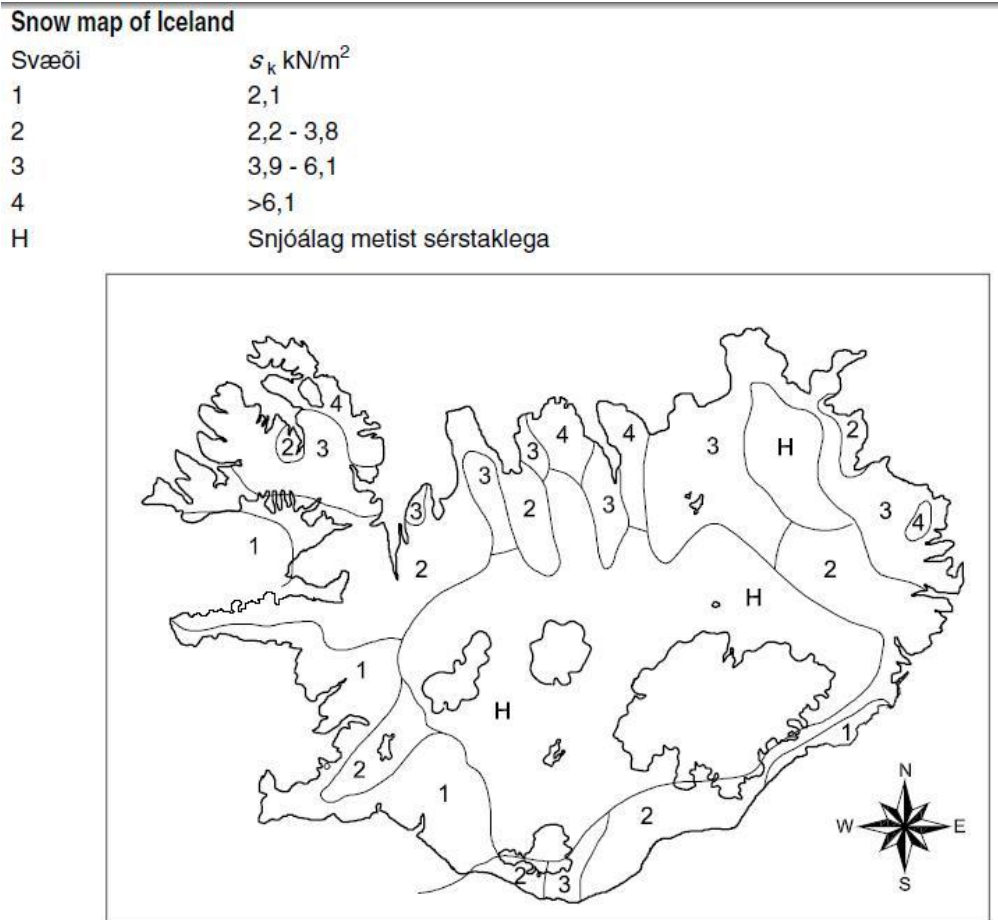
$C_e$  er affoksstuðull, skv. íslenska þjóðarviðaukanum er hann 0,6. Staðsetning hússins er flokkuð sem mjög vindasöm en flestir staðir á Íslandi falla undir þann flokk skv. þjóðarviðaukanum.

$C_t$  er bráðnunarstuðull, skv. íslenska þjóðarviðaukanum er hann 1,0

$S_k$  er kennigildi snjóálagsins en það ræðst eftir álagssvæði viðkomandi svæðis skv. íslenska þjóðarviðaukanum, á Akureyri er það 5,0 kN/m<sup>2</sup>

Snjóálagið á þakið er þá  $S = 2,4$  kN/m<sup>2</sup>

Hér sést kort af Íslandi þar sem snjóálag er skilgreint, kort þetta er fengið úr íslensku þjóðarviðaukunum við evrópska þolhönnunarstaðlinum EN 1991-1-3



Mynd 4. Snjókort af Íslandi

Akureyri er á svæði 3 og hefur því snjóálag  $3,9 - 6,1$  kN/m<sup>2</sup>.

Einbýlishúsið er staðsett rétt við Akureyri og ef kortið er rýnt vel þá sést að það fellur einnig á snjóálagssvæði 3.

Snjóálag reiknast með eftirfarandi jöfnu  $S = \mu_i C_e C_t S_k$  jafna 5.1 úr staðli

$\mu_i$  er formstuðullinn á snjólögunum, fer eftir halla þess þaks sem snjórinn er á þar sem einbýlishúsið hefur tvíhalla þak þarf að reikna út snjómagnið sem getur sest á þakið miðað við hallan á þakinu.

Snjóálag, Melafell		
Formstuðull flats þaks	$\mu_1 =$	0,8
Affoks-stuðull	$C_e =$	1,0
Bráðnunar-stuðull	$C_t =$	1,0
Snjóálagssvæði 3	$S_k =$	5,0 kN/m <sup>2</sup>
$S = \mu_1 * C_e * C_t * S_k$		
Snjóálag á þök	$S =$	4,00 kN/m <sup>2</sup>

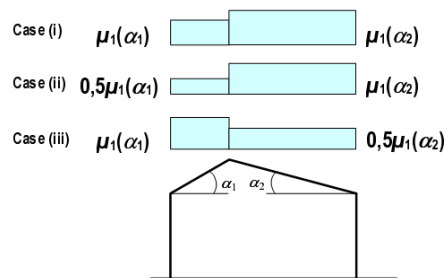
Tafla 6. Snjóálag reiknað

Við útreikning á snjóálaginu er notuð tafla 5.2 í snjóstaðlinum

Angle of pitch of roof $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

Bæði þökin eru með 15° halla og er því  $\alpha_1 = 15^\circ$  og  $\alpha_2 = 15^\circ$   
 $\mu_1 = 0,8$  og  $\mu_2 = 0,8 + 0,8 * 15/30 = 1,2$

Tvíhalla þak		
Formstuðull	Vinstra megin	Hægra megin
$\mu_1$	0,8	0,8
$\mu_2$	1,2	1,2



Mynd 23. Snjósöfnun

Snjósöfnun á þakið		
Tilvik	Vinstra þakið	Hægra þakið
i	$\mu_1(\alpha_1) * S$	$\mu_1(\alpha_2) * S$
	3,2 kN/m <sup>2</sup>	3,2 kN/m <sup>2</sup>
ii	$0,5 \mu_1(\alpha_1) * S$	$\mu_1(\alpha_2) * S$
	1,6 kN/m <sup>2</sup>	3,2 kN/m <sup>2</sup>
iii	$\mu_1(\alpha_1) * S$	$0,5 \mu_1(\alpha_2) * S$
	3,2 kN/m <sup>2</sup>	1,6 kN/m <sup>2</sup>

## Snjósöfnun í kverkum

Við útreikning á snjósöfnun í kverkum kom í ljós að ekki þarf að hugsa sérstaklega til hennar þar sem minna álag verkar á þakið frá sköflunum sem munu myndast en frá snjóálaginu sjálfu. Útreikningar eru í viðauka.

### Útreikningar á snjósöfnun í kverkum

Snjósöfnun í kverkum		
Hæð á snjósöfnun	$h =$	1,8 m
Rúmpyngd snjós	$\gamma =$	2 kN/m <sup>3</sup>
Snjóálagssvæði 3	$S_k =$	5,0 kN/m <sup>2</sup>
$\mu_2 = \gamma * h/S_k$ jafna 6.1	$\mu_2 =$	0,7
$l_s = 2 * h$ jafna 6.3	$l_s =$	3,5 m
$L_{\text{Lámark}}$ gildir, 3, 5 < 5	$l_s =$	5,0 m
$S = \mu_2 * C_e * C_t * S_k$	$S_{\text{kverk}} =$	3,5 kN/m <sup>2</sup>

Þar sem  $l_s$  er ekki á milli 5 - 15 m þá þarf ekki að þæla sérstaklega í snjósöfnun því snjóálag á þak er með nægilegt álag. Hér sést að snjósöfnunin í kverkum gefur minna álag en snjóálagssvæðið sjálft.

## 8.4 Vindálag

Við útreikning á vindálagi var notast við stuðulinn EN 1991-1-4 og þjóðarviðauka sem honum fylgja. Ákvað höfundur að fara ekki í miklar vindpælingar þar sem fljótlega kom í ljós að vindálag yrði ekki ráðandi í útreikningum á álagsfléttum. Skoðaðar voru gróflega nokkrar þakgerðir til að sjá hvort einhver þakgerðin yrði með ráðandi álag þar sem þakgerð hússins er ekki í staðlinum.

Skoðað var vindálag á eftirfarandi þök, einhalla þök (e. Monopitch roofs), tvíhalla þök (e. Duopitch roofs) og venjuleg ris þök.

Þegar vindálag er fundið á ákveðinn flöt er alltaf litið á hámarks vindálag sem getur verkað hverju sinni það er að segja þegar vindurinn blæs hornrétt á flötinn og þegar hann blæs samsíða fletinum þá geta myndast miklir sogkraftar. Skoðað er vindálagið þegar vindurinn blæs á allar hliðar hússins. Húsinu er þá skipt upp í nokkur álagssvæði.

Samkvæmt þjóðarviðauka er grunnildi vindhraða:  $v_b = 36 \text{ m/s}$

Jafna fyrir grunnildi hraðaprýstings  $q_b = \frac{v_b^2}{1600}$

Til ákvörðunar á hryfi var það sett í flokk 2, flokkur 2 flokkast undir dæmigerðar íslenskar aðstæður í þeim flokki er skilgreint að

$$Z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$Z_{\min} = 2 \text{ m.}$$

$Z_{\max}$  er svo skilgreint í EN staðli þar sem

$$Z_{\max} = 200 \text{ m}$$

Gunnildi vindprýstingsins er þá skilgreint í hæðinni Z

Hæsta hæð á húsinu er  $Z = 6,66 \text{ m}$  sem uppfyllir þá skilyrðið  $Z_{\min} \leq Z \leq Z_{\max}$

Jafna fyrir landslagsstuðull  $k_r = 0,19 * \left(\frac{Z_0}{Z_{0,II}}\right)^{0,07}$

Jafna fyrir hrýfisstuðull  $C_r(Z) = k_r * \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$

Tillit er tekið til hviðuáhrifa þar sem  $Z_{\min} \leq Z \leq Z_{\max}$

Jafna fyrir hviðuáhrif  $I_v(Z) = \frac{k_r}{c_0(Z) * \ln(Z/Z_0)}$

Stuðullinn (e. exposure factor) fæst með jöfnunni:  $c_e(Z) = \frac{[1+7I_v(Z)]}{(C_r(Z) * C_0(Z))^2}$

Þar sem landslag er án teljandi mishæða þá er  $c_0 = 1,0$

Hraðaprýstingurinn í hæðinni Z er þá fundinn  $q_p(Z) = C_e(Z) * q_b$

$q_p(Z)$  er hámarks vindprýstingur hverju sinni

Vindprýstingur á flatareiningu reiknast með eftirfarandi jöfnum

Ytri vindprýstingur  $w_e(Z) = C_{pe} q_p(Z_e)$

Innri vindprýstingur  $w_i(Z) = C_{pi} q_p(Z_i)$

Nettó vindprýstingur á vegg eða þök reiknast eftirfarandi jöfnu

Nettó vindprýstingur  $w_{\text{net}} = w_e - w_i$

## 9 Lokaorð

Þegar höfundur lagði af stað með verkefnið grunaði hann að stofnkostnaður ofnakerfis yrði minnstur þessa þriggja hitagjafa en gerði sér ekki grein fyrir stofnkostnaði hinna. Í ljós kom, eins og kemur fram í ritgerðinni í kafla 6, að stofnkostnaður ofnakerfis og gólfhita var mjög álíka en loftræsikerfi reiknaðist mun hærra. Taka þarf fram að stofnkostnaður gólfhitakerfis þar sem lagnir eru lagðar í ílögn reiknaðist mitt á milli.

Rekstrarkostnaður gólfhitakerfisins reiknaðist hagstæðastur miðað við staðsetningu viðmiðunarhúss á meðan loftræsikerfið reiknaðist óhagstæðast.

Gerður var samanburður, sjá töflu 5, þar sem borin eru saman öll upphitunarkerfin. Að mati höfundar er gólfhitakerfið hagstæðast, en þar vegur plássþörf og fagurleiki þungt. Eina sem kom ílla út í samanburðinum við hin hitakerfin var viðbragðstíminn, en hann er lengstur í gólfhitakerfinu.

Höfundur myndi sjálfur velja gólfhitakerfi, þó svo að loftræsikerfi sé alltaf mjög álitlegur kostur. Gólfhitakerfi þar sem lagnir væru steyptar í plötuna yrði fyrir valinu þar sem mikill munur er á stofnkostnaði gólfhitakerfanna, þegar plata yrði steypt myndi höfundur hafa þykkt plötunnar eins litla eins og unt væri, með því verður gólfhitakerfið fljótvirkara þar sem kerfið þarf þá að hita upp minni massa.

Sérstakar þakkir fær Páll hjá Varma ehf. fyrir hjálp við úrlausn á loftræsikerfinu .

Þar sem gluggar eru gólfsíðir þá er mun hagstæðara að vera með önnur hitakerfi en ofnakerfi, þegar ofnakerfi er upphitunargjafi og gluggar eru gólfsíðir þá flyst meiri varmi út um þá.

Það hefur verið mjög góður lærdómur að hanna þetta hús m.t.t. varmataps og burðarþols.

## 10 Heimildaskrá

- [1] "The Improvement of Thermal Conductivity of the Underlay Foam for the Laminate Flooring to Saving Heating Energy." Accessed November 30, 2012.  
<http://www.sustainablehealthybuildings.org/PDF/7TH/SUMINKIM.pdf>.
- [2] Guðmundur Halldórsson, Jón Sigurjónsson. Hitun Húsa. Reykjavík: Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, 1990
- [3] John Armstrong. *Cibse Concise Handbook 2nd Edition*. Great Britain: CIBSE, 2003.
- [4] "Cost Estimate - Wikipedia, the Free Encyclopedia." Accessed september 20, 2012.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Cost\\_estimate#Cost\\_Estimate\\_Types](http://en.wikipedia.org/wiki/Cost_estimate#Cost_Estimate_Types).
- [5] Guðbrandur Steinþórsson. "Steinsteypuvirki Deilihönnun". Háskólinn í Reykjavík, 2006



## Viðauki A

### U – gildi byggingarluta

U-gildi sem voru notuð			
Steinullar einangrun	$\lambda$ [W/mK]	Annað	$\lambda$ [W/mK]
Múrplata	0,035	Járnbent steypa	1,95
Sökuþlata	0,036	Sperrur	0,13
Pakull og þéttull	0,037	Múrhúð	0,16

Tafla 7. U-gildi byggingarefna skilgreind

### Botnplata

Enginn munur er á kólnunartölu hvort sem það er reiknað með gólfhita eða ekki, eini munurinn á útreikningum er þykkt steypunnar og hún hefur það lágt einangrunargildi að ekki skiptir hvort þykkt hennar sé 0,12 m eða 0,06 í báðum tilfellum fæst að U – gildið sé 0,18 W/m<sup>2</sup>K

Gólfplata með gólfhita	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Steypt gólfplata	0,060	1,95	0,03
Einangrun	0,150	0,035	4,29
Jarðvegur			1,5
Alls ( $\Sigma R$ )			5,82
			[W/m <sup>2</sup> K]
U'			0,17
$\Delta U$ (einangrað í einu lagi)			0,01
Kólnunartala U			0,18
Krafa byggingarreglugerðar			0,20

## Þak

Þak	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Þakklæðning + loftræstbil			0,30
Sperrur + Einangrun	0,250	0,041	6,10
Lagnagrind + Einangrun	0,025		0,08
Loftaklæðning	0,012	0,14	0,09
Innra yfirborð			0,10
Alls ( $\Sigma R$ )			6,67
			[W/m <sup>2</sup> K]
U'			0,15
$\Delta U$ (einangrað í tveimur lögum)			-
Kólnunartala U			0,15
Krafa byggingarreglugerðar			0,15

Til útskýringar á  $\lambda$  gildi fyrir Sperrur + einangrun, notuð eru gildi sem eru í töflu 3.

Notuð er eftirfarandi formúla við að finna vegið meðaltal  $\lambda = \frac{d_1\lambda_1 + d_2\lambda_2}{d_1 + d_2}$

Efni sem er verið að reikna með er þakull og timburgrind þar sem loft eru niðurtekin, gildi eru eftirfarandi  $\lambda_1 = 0,037$  W/m K,  $d_1 = 560$  mm og  $\lambda_2 = 0,13$  W/m K,  $d_2 = 25$  mm.

Í ÍST EN ISO6946:1996 eru eftirfarandi staðalgildi fyrir yfirborðsmótstöður.

Yfirborðsmótstaða	Stefna varmaflutnings		
	Upp	Lárrétt	Niður
Innri, R <sub>si</sub>	0,1	0,13	0,17
Ytri, R <sub>se</sub>	0,04	0,04	0,04



## Útveggur

Útveggur ein. að utan	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Ytra yfirborð			0,13
Marmarasalli	0,001	3	0,00
Múrhúð	0,020	1,4	0,01
Steyptur veggur	0,180	1,95	0,09
Einangrun	0,150	0,035	4,29
Múrhúð	0,025	1,2	0,02
Innra yfirborð			0,13
Alls ( $\Sigma R$ )			4,67
			[W/m <sup>2</sup> K]
U'			0,21
$\Delta U$ (einangrað í einu lagi)			0,01
Kólnunartala U			0,22
Krafa byggingarreglugerðar			0,25

## Hurðir og Gluggar

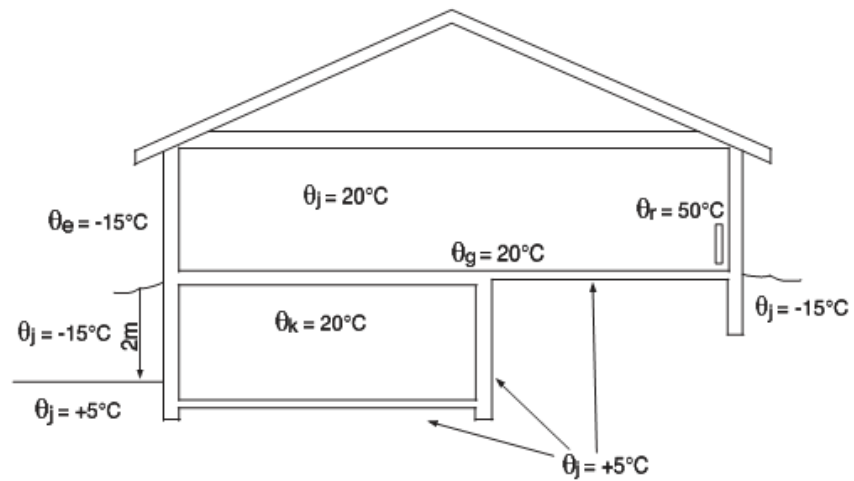
Tilboð voru fengin í glugga og hurðir frá Húsasmiðjunni, í töflum kemur fram einangrunargildi þeirra glugga og hurða sem tilboð var fengið í.

Gluggar staðsetning	Nr.	Breidd m	Hæð m	Flatarmál m <sup>2</sup>	U - gildi W/m <sup>2</sup> k
Hjónaherbergi	1	1,1	1,1	1,21	1,32
	3	1,8	1,5	2,70	1,32
	7	3	2,4	7,20	1,27
Sjónvarpsherbergi	3	1,8	1,5	2,70	1,32
Herbergi	3	1,8	1,5	2,70	1,32
Baðherbergi	7	3	2,4	7,20	1,27
Eldhús / borðstofa	6	4	2,4	9,60	1,27
Stofa	5	2,55	2,4	6,12	1,27
	8	3	1,5	4,50	1,3
Tæknirými	2	1,5	0,75	1,13	1,33
Bílskúr	4	1,8	1,3	2,34	1,32
	4	1,8	1,3	2,34	1,32
	4	1,8	1,3	2,34	1,32

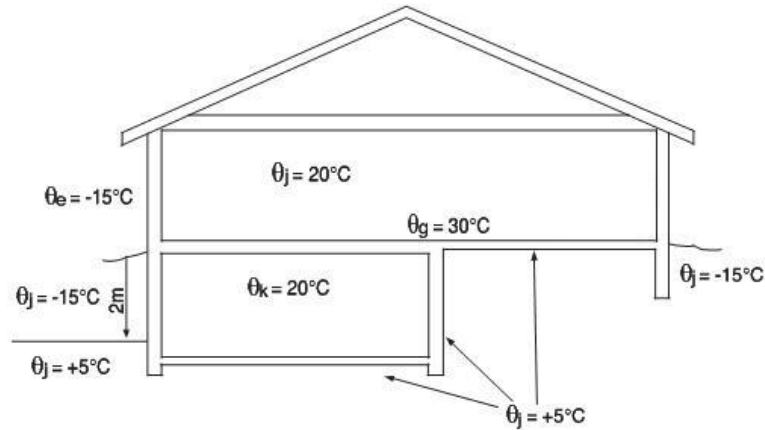
Hurðir staðsetning	Nr.	Breidd m.	Hæð m.	Flatarmál m <sup>2</sup>	U - gildi W/m <sup>2</sup> k
Anddyri	1	1	2,4	2,40	1,56
Baðherbergi	2	1	2,4	2,40	1,56
Bílskúr	3	1	2,4	2,40	1,56
	4	1	2,4	2,40	1,56
	5	3,5	2,5	8,75	1

## Varmatap

Myndir sýna hitastig sem reiknast í varmatapi



Mynd 24. Mynd úr ÍST 66, fyrir viðmiðunargildi fyrir hitastig þegar upphitunargjafi eru ofnar.



Mynd 25. Mynd úr ÍST 66, fyrir viðmiðunargildi fyrir hitastig þegar upphitunargjafi er gólfhiti.

## Heildarvarmatap

Heildarvarmatap skv. Byggingarreglugerð		
Útveggur	1.957 W	24%
Gluggar	3.095 W	38%
Hurðir	1.092 W	14%
Botnplata	686 W	8%
Þak	1.212 W	15%
Samtals	8.042 W	100%

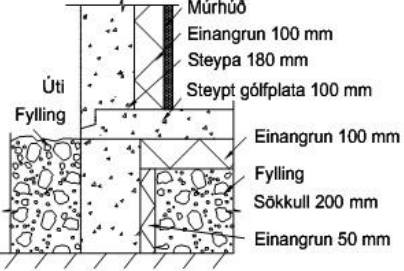
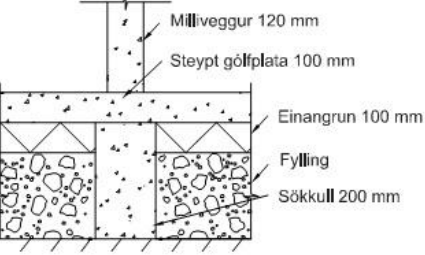
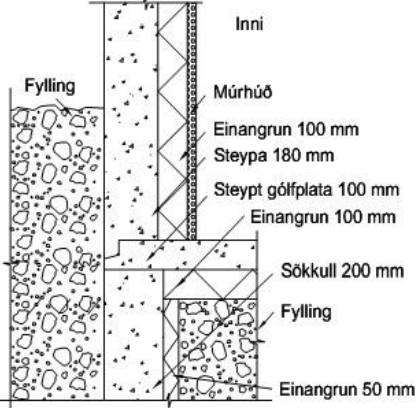
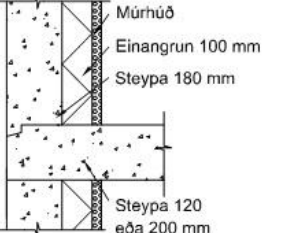
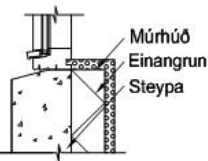
Raunverulegt varmatap		
Útveggur	1.753 W	23%
Gluggar	2.347 W	31%
Hurðir	830 W	11%
Botnplata	621 W	8%
Þak	1.212 W	16%
Kuldabryr	800 W	11%
Samtals	7.563 W	100%

Raunverulegt varmatap mv. Gólfhita		
Útveggur	1.753 W	22%
Gluggar	2.347 W	29%
Hurðir	830 W	10%
Botnplata	1.035 W	13%
Þak	1.212 W	15%
Kuldabryr	800 W	11%
Samtals	7.977 W	100%

## Kuldabryr

Hér eru nokkrar gerðir af kuldabrunum, þær eru teknar úr staðlinum ÍST 66

Tafla 1 – Algengar línukuldabryr í íslenskum byggingarlutum, c (W/mK)

	<p>1. Útveggjasökkull-útveggur-gólfplata</p> <p><math>\Psi_1 = 0,48</math></p> <p>Þetta kuldabruargildi er háð útilofthita. Sýnt gildi er fyrir útilofthita á bilinu 0 til -4 °C en má einnig nota í áætlun heildarvarmataps á ársgrundvelli.</p>
	<p>2. Innveggjasökkull-gólfplata</p> <p><math>\Psi_2 = 0,46</math></p> <p>Kuldabruargildið breytist lítið þó svo einangrunarþykkt sé aukin.</p>
	<p>3. Kjallaraveggur-sökkull gólfplata</p> <p><math>\Psi_3 = 0,36</math></p>
	<p>4. Útveggur-milligólf (eða innveggur)</p> <p><math>\Psi_4 = 0,54</math> (þykkt kuldabruar 120 mm)  <math>\Psi_4 = 0,83</math> (þykkt kuldabruar 200 mm)</p>
	<p>5. Gluggakarmur-veggur</p> <p>Heildaráhrif karms, jaðaráhrifa glers og ísetningar í vegg;  <math>\Psi_{5\_heild} = 0,26</math></p> <p>Karmur og jaðaráhrif glers eingöngu;  <math>\Psi_{5\_karmur} = 0,22</math></p>



Rými		Stíllitölur ofnoka	Ofnoki Tegund	Valinn ofn Afköst [W]	Samtals Afköst [W]
				1.3	
1	Hjónaherbergi	1	RA-U 10-15	783	1.793
		1	RA-U 10-15	1.010	
2	Sjónvarpsherbergi	1	RA-U 10-15	1.010	1.233
3	Herbergi	1	RA-U 10-15	1.010	
4	Bað 1	1	RA-U 10-15	783	
		1	RA-U 10-15	450	
5	Tæknirými	1	RA-U 10-15	505	2.207
6	Eldhús/borðstofa	2	RA-U 10-15	2.466	
7	Stofa	1	RA-U 10-15	1.558	
		1	RA-U 10-15	649	
8	Gangur	1	RA-U 10-15	972	
9	Anddyri	1	RA-U 10-15	442	
10	Þvottahús	1	RA-U 10-15	316	
11	Bílskúr	2	RA-U 10-15	1.440	4.320
		2	RA-U 10-15	1.440	
		2	RA-U 10-15	1.440	

## Gólfhiti

Útreikningar á kælingu vatns, rennsli og millibil á milli slangna skilgreint.

Rými	Flatarmál		$\Delta v_H$	$\sigma$ kæling vatns	Framrás	Bakrás	
					$V_{v,des} = t_f$	$V_R = V_{v,des} - \sigma$	
1	Hjónaherbergi	25,8 m <sup>2</sup>	68,0 w/m <sup>2</sup>	24,0 K	5,00 °	46,5 °	41,5 °
2	Sjónvarpsherbergi	13,9 m <sup>2</sup>	50,4 w/m <sup>2</sup>	19,0 K	15,00 °	46,5 °	31,5 °
3	Herbergi	14,5 m <sup>2</sup>	49,8 w/m <sup>2</sup>	18,0 K	17,00 °	46,5 °	29,5 °
4	Bað 1	14,9 m <sup>2</sup>	78,1 w/m <sup>2</sup>	18,0 K	17,00 °	46,5 °	29,5 °
5	Tæknirými	8,2 m <sup>2</sup>	56,6 w/m <sup>2</sup>				
6	Eldhús/borðstofa	32,2 m <sup>2</sup>	63,3 w/m <sup>2</sup>	21,0 K	11,00 °	46,5 °	35,5 °
7	Stofa	30,7 m <sup>2</sup>	70,9 w/m <sup>2</sup>	24,0 K	5,00 °	46,5 °	41,5 °
8	Gangur	21,0 m <sup>2</sup>	44,2 w/m <sup>2</sup>	15,5 K	22,00 °	46,5 °	24,5 °
9	Anddyri	5,8 m <sup>2</sup>	72,7 w/m <sup>2</sup>	19,5 K	14,00 °	46,5 °	32,5 °
10	Þvottahús	7,6 m <sup>2</sup>	38,9 w/m <sup>2</sup>	12,0 K	29,00 °	46,5 °	17,5 °
11	Bílskúr	54,2 m <sup>2</sup>	72,3 w/m <sup>2</sup>	22,2 K	12,60 °	46,5 °	33,9 °



Rými	Rennsli	Millibil á milli slangna	Yfirborðsmótstaða	Gólfefni	
	G				
1	Hjónaherbergi	0,08 l/s	150 mm	0,15 m <sup>2</sup> K/W	parket
2	Sjónvarpsherbergi	0,01 l/s	200 mm	0,15 m <sup>2</sup> K/W	parket
3	Herbergi	0,01 l/s	200 mm	0,15 m <sup>2</sup> K/W	parket
4	Bað 1	0,02 l/s	100 mm	0,10 m <sup>2</sup> K/W	Flísar
5	Tæknirými				Flísar
6	Eldhús/borðstofa	0,04 l/s	150 mm	0,15 m <sup>2</sup> K/W	parket
7	Stofa	0,10 l/s	150 mm	0,15 m <sup>2</sup> K/W	parket
8	Gangur	0,01 l/s	200 mm	0,15 m <sup>2</sup> K/W	parket
9	Anddyri	0,01 l/s	150 mm	0,10 m <sup>2</sup> K/W	Flísar
10	Þvottahús	0,00 l/s	200 mm	0,10 m <sup>2</sup> K/W	Flísar
11	Bílskúr	0,07 l/s	150 mm	0,10 m <sup>2</sup> K/W	Flísar
	samtals rennsli	0,36 l/s			

Nomogramið hér framfar er notað til að finna þrýstifallið í hverri slaufu, það er gert með að nota rennslið í þeirri slaufu sem verið er að finna það leitt lóðrétt upp eins og sýnt er á nomograminu upp í þá slöngustærð sem hefur verið ákveðin og fæst þá þrýstifallið í slöngunni.

Rými	Flatarmál	Raunveruleg			Þrýstifall	Mesta Þrýstifall	
		Nr á slaufu	lengd	c/c	Δp	á slaufu	
1	Hjónaherbergi	25,8 m <sup>2</sup>	1	79 m	75 mm	0,14 kPa/m	11 kPa
			2	110 m	150 mm	0,14 kPa/m	15 kPa
2	Sjónvarpsherbergi	13,9 m <sup>2</sup>	3	85 m	200 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
			4	70 m	200 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
4	Bað 1	14,9 m <sup>2</sup>	5	62 m	75 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
			6	117 m	150 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
5	Tæknirými	8,2 m <sup>2</sup>					
6	Eldhús/borðstofa	32,2 m <sup>2</sup>	7	120 m	150 mm	0,04 kPa/m	4 kPa
			8	120 m	75 mm	0,04 kPa/m	4 kPa
7	Stofa	30,7 m <sup>2</sup>	9	109 m	150 mm	0,18 kPa/m	20 kPa
			10	81 m	75 mm	0,18 kPa/m	15 kPa
8	Gangur	21,0 m <sup>2</sup>	11	83 m	200 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
9	Anddyri	5,8 m <sup>2</sup>	12	20 m	150 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
10	Þvottahús	7,6 m <sup>2</sup>	13	28 m	200 mm	0,01 kPa/m	1 kPa
11	Bílskúr	54,2 m <sup>2</sup>	14	109 m	100 mm	0,09 kPa/m	10 kPa
			15	106 m	200 mm	0,09 kPa/m	10 kPa
			16	98 m	200 mm	0,09 kPa/m	9 kPa
			17	38 m	200 mm	0,09 kPa/m	3 kPa

Þá er tekin sú slanga sem hefur mesta heildar þrýstifallið, í þessu tilfelli er það slaufan í stofunni og hefur hún rennslið 0,10 l/s fæst þá 0,20 kPa/m og það margfaldað það með lengstu slöngunni í stofunni sem er 109 m og fæst þá að heildarþrýstifallið er 20 kPa. Bætist þá við þrýstifallið sem er yfir mótorklökann sem er 10 kPa.

R	L	R x L	Mótorklök	$\Delta p$
0,18 kPa/m	109 m	20 kPa	10 kPa	
		Heildar afl dælu þarf að vera =	30 kPa	0,30 bör

Ekki er reiknað fyrir tæknirýmið þar sem það kom í ljós þegar gólfhiti var teiknaður að nægilegur hiti kæmi af lögnum sem fara frá gólfhitakistunni í önnur rými að ekki þarf að leggja lagnir í það rými.

Heildar þrýstitapið er margfaldað með faktor 1,05 þar sem inntaks hitinn á heita vatninu er 80 °C þar sem húsið er en ekki 70 °C eins og í hönnunar gögnunum.

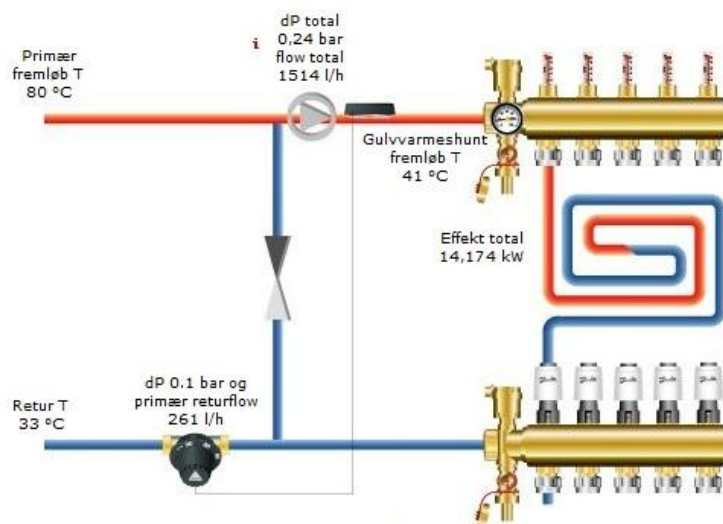
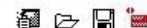
Til samræmingar á gólfhitareikningum var notast við forrit sem hægt er að nálgast á Danfoss heimasíðunni, forritið reiknar út þrýstifall, hitastig vatns, röralengd og hversu mikið vatn fer um kerfið.



# Gulvvarme - kvik dimensionering



1 Dimensionering 2 Produktvalg 3 Rapporter



### Standardværdier ved nyt rum

Gulvtype: 1 Træ 20 mm

Rumtemperatur: 20 °C

Varmetab pr. kvm: 49,8 W/m<sup>2</sup>

CC-afstand: 200 mm

### Systemindstillinger

Primær Fremløbstemp.: 80 °C

ΔT design: 5 °C

Rørdiameter: 20 x 2 mm

Rørttype: PEX

Flowmeter:

Nyt rum Slet rum Beregn

Navn	Nr	Areal m <sup>2</sup>	Varmetab i W/m <sup>2</sup>	Rum T °C	Gulvtype	Maks. gulv T °C	CC- afstand mm	Tilledning m	Længde m	Flow l/t	Trim i
Hjónaherbergi	1	25,8	63,8	20	1 Træ 14 mm	29	150	14	100	118	5
	2						150	14	100	118	5
Sjónvarpshef.	3	13,9	45,8	20	1 Træ 14 mm	29	200	10,5	80	58	2
Herbergi	4	14,5	45,3	20	1 Træ 14 mm	29	200	7	80	60	2
Baðherbergi	5	14,9	73,6	20	1 Klinker 10 r	29	100	15	90	49	1,5
	6						100	15	90	49	1,5
Tæknirými	7	8,2	45	20	1 Klinker 10 r	29	200	0	41	33	1
Eldhús/borðstof	8	32,2	58,7	20	1 Træ 14 mm	29	150	0	107	97	4,5
	9						150	0	107	97	4,5
Stofa	10	30,7	66,4	20	1 Træ 14 mm	29	150	4	106	184	N
	11						150	4	106	184	N
Gangur	12	21	39,6	20	1 Træ 14 mm	29	200	6	111	76	3
Anddyri	13	5,8	68,2	20	1 Klinker 10 r	29	150	2	41	35	1
Þvottahús	14	7,6	34,4	20	1 Klinker 10 r	29	200	2	40	24	1
Bílskúr	15	54,2	67,7	20	1 Klinker 10 r	29	150	8	98	82	3
	16						150	8	98	82	3
	17						150	8	98	82	3
	18						150	8	98	82	3

## Skýrsla

## Kerfisuppbygging

Heildar þrýstítap: 0.24 bör  
Heildar flæði: 1.514 l/h  
Heildarleiðnitap: 14.650 W  
Framrásarhitastig: 41.4 °C  
Bakrásarhitastig: 33.0 °C  
Rörastærð: 20 x 2 mm  
Heildar röralengd: 1.600 m

Herbergi	Nr.	Forstilling 1 - 7	Þrýstifall bar	Flæði l/h	Herbergis hiti °C	Hámarks gólfhiti °C	Varmatap W/m <sup>2</sup>	Millibil á milli röra mm	Röralengd m	Uppbygging gólfs
Hjónaherbergi	1	5	0.05	118	20	29	63.8	150	100	Parket 14 mm
Hjónaherbergi	2	5	0.05	118	20	29	63.8	150	100	Parket 14 mm
Sjónvarpshef.	3	2	0.01	58	20	29	45.8	200	80	Parket 14 mm
Herbergi	4	2	0.01	60	20	29	45.3	200	79.5	Parket 14 mm
Baðherbergi	5	1.5	0.01	49	20	29	73.6	100	89.5	Flísar 10 mm
Baðherbergi	6	1.5	0.01	49	20	29	73.6	100	89.5	Flísar 10 mm
Tæknirými	7	1	0	33	20	29	45	200	41	Parket 14 mm
Eldhús/borðstof	8	4.5	0.04	97	20	29	58.7	150	107.33	Parket 14 mm
Eldhús/borðstof	9	4.5	0.04	97	20	29	58.7	150	107.33	Parket 14 mm
Stofa	10	N	0.13	184	20	29	66.4	150	106.33	Parket 14 mm
Stofa	11	N	0.13	184	20	29	66.4	150	106.33	Parket 14 mm
Gangur	12	3	0.02	76	20	29	39.6	200	111	Parket 14 mm
Anddyri	13	1	0	35	20	29	68.2	150	40.67	Flísar 10 mm
Þvottahús	14	1	0	24	20	29	34.4	200	40	Flísar 10 mm
Bílskúr	15	3	0.03	82	20	29	67.7	150	98.33	Flísar 10 mm
Bílskúr	16	3	0.03	82	20	29	67.7	150	98.33	Flísar 10 mm
Bílskúr	17	3	0.03	82	20	29	67.7	150	98.33	Flísar 10 mm
Bílskúr	18	3	0.03	82	20	29	67.7	150	98.33	Flísar 10 mm

Forritið reiknar sjálft varmatap niður um botnplötu og er því er varmatap án  
Mjög góð nálgun fékkst með að bera saman niðurstöður úr forriti miðað við áður reiknað.

Niðurstöður á samanburði eru mjög svipaðar, Danfoss reiknar með minna þrýstifalli í gegnum kerfið.

Hægt er að nálgast forritið á heimasíðu Danfoss, eða inná

<http://quickplanner.danfoss.com/start.aspx?lang=da-DK&MenuUID=51021ea0-f3cb-4aab-bf5a-1ced0a63f107>

## Orkukostnaður reiknaður fyrir ofnakerfi

### Akureyri

Mán	Dagar	Útihiti	Innihiti	Gráðudagar	Kynding	Kostnaður
jan	31	-1,57	17	575,6	12%	12.660
feb	28	-1,32	17	512,9	11%	11.280
mar	31	-0,66	17	547,6	11%	12.043
apr	30	1,84	17	454,9	9%	10.004
maí	31	5,74	17	349,0	7%	7.677
jun	30	9,14	17	235,9	5%	5.189
jul	31	10,82	17	191,7	4%	4.215
aug	31	10,24	17	209,5	4%	4.607
sep	30	7,13	17	296,0	6%	6.510
okt	31	3,19	17	428,2	9%	9.419
nov	30	0,32	17	500,3	10%	11.003
des	31	-1,38	17	569,8	12%	12.532
Samtals	365	3,62		4871,4	100%	107.141

Varmaþörf húss miðað við -15°C útihita $\Phi$	14,23	kW
Orkuþörf húss $\Phi/35*GD*24$	47534	kWh
Orkuþörf húss á hitaveitusvæði	1022	m <sup>3</sup> af heitu vatni
Meðalkæling hitaveituvatns frá húsi	40	°C
Orka í hverju m <sup>3</sup> af hitaveitu	47	kWh/m <sup>3</sup>
Stærð húss í m <sup>2</sup>	229	m <sup>2</sup>
Stærð húss í m <sup>3</sup>	700	m <sup>3</sup>
Notkun hitaveitu á rúmmetra húss	1,46	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Orkukostnaður kr/m <sup>3</sup> þéttbýli NO	105	kr/m <sup>3</sup> m. vsk
Orkukostnaður á ári kr hitaveita	107.141	kr á ári

Vatns kostnaður frá veitu =	98,00
vsk. =	7,0%
Verð á rúmmetra m. vsk. =	<u>105</u>

Upplýsingar um hitastig eru fengin hjá Veðurstofu Íslands af heimasíðu þeirra, vedur.is.

## Viðauki B

### Útreikningar á vatnsnotkun

Töppunarstaður	Kalt vant l/s	Heitt vatn l/s
Baðkar	0,3	0,3
Skolskál	0,1	0,1
Sturta	0,15	0,15
Þvotta- og uppþvottavél	0,2	
Handlaug	0,1	0,1
Eldhúsvaskur	0,2	0,2
Ræstivaskur	0,2	0,2
Klósett	0,1	

Tafla 8. Málrennsli algengra töppunarstaða

<b>Bílskúr</b>	kalt vatn	heitt vatn
Ræstivaskur	0,2	0,2
<b>Baðh</b>		
Klósett	0,1	
Handlaug	0,1	0,1
<b>Þvottah</b>		
Ræstivaskur	0,2	0,2
Þvottav	0,2	
<b>Tæknirými</b>		
Ræstivaskur	0,2	0,2
<b>Baðherb</b>		
Klósett	0,1	
Handlaug	0,1	0,1
Handlaug	0,1	0,1
Sturta	0,15	0,15
Baðkar	0,3	0,3
<b>Eldhús</b>		
Eldhúsvaskur	0,2	0,2

kalt vatn	heitt vatn
2,0 l/s	1,6 l/s
$\Sigma q_f$	3,5 l/s

Málrennsli fyrir deililögn er reiknað  $\Sigma q_f = 3,5$  l/s fyrir kalt vatn að varmaskipti. Þetta vatnsmagn er ekki í notkun á sama tíma og því er það reiknað niður með eftirfarandi jöfnu,

$$q_d = 0,2 + 0,015(\Sigma q_f - 0,2) + 0,12\sqrt{\Sigma q_f - 0,2} = 0,47 \text{ l/s}$$

### Útreikningar á varmaskipti

Við útreikning á hversu öflugur varmaskiptir þarf að vera er notast við formúluna:

$$P_{\text{eff}} = 4,2 * q_v * (T_v - T_k) \text{ [kW]}$$

þar sem  $q_v$  er rennsli á sek, fyrir Ísland á að reikna saman rennsli eldhúsvask og baðkers.

$$T_v = \text{framrásarhiti} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_k = \text{bakrásarhiti} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

#### Varmaskiptir - afköst

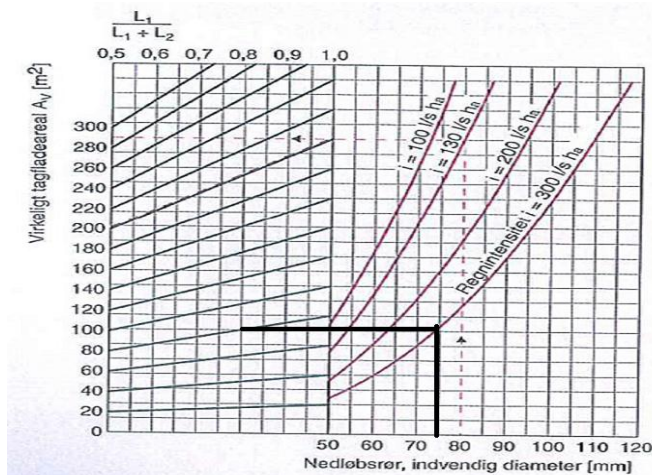
	$q_v$ [l/s]	$P_{\text{eff}}$ [kW]
Eldhúsvaskur	0,2	50,4
Baðkar	0,3	75,6
	$\Sigma P_{\text{eff}}$	126 kw

Varmaskiptir þarf að geta afkastað 126 kW.

### Útreikningar á þakniðurföllum

Þakniðurföll stærðuð og staðsett.

Við ákvörðun á þakniðurföllum er notað graf sem er á mynd hér fyrir neðan, svarta dökka línan sýnir að 75 mm niðurfallsrör annar 80 m<sup>2</sup> þakflöt, m.v. 300 l/s ha úrkömmu, nánari útskýring.



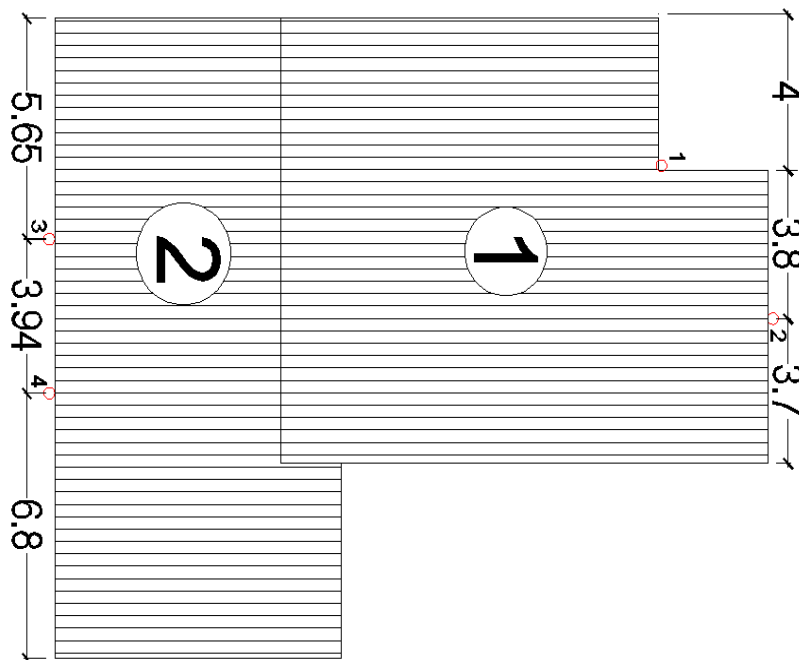
Mynd 27. Afkastageta þakniðurfalla

Skoðað er versta tilfelli eða þegar úrkomma á svæðinu er 300 l/s á hektara, dregin er lína frá 75 mm röri á lárrétta ásnum upp að rigningarúrkommuni 300 l/s, þaðan er dregin lóðrétt lína til að ákvarða hvað niðurfalls rörið getur tekið við mikilli úrkomu. Þá fæst að 75 mm niðurfallsrör getur annað 80 m<sup>2</sup> þakfleti.

Næst er að athuga með formúlu  $\frac{L_1}{L_1+L_2}$  það er hvernig úrkomman á þakflötinn skilar sér í niðurfallsrörið hvort það sé ekki örugglega rétt staðsett, hlutfallið þarf að vera minna en 0,80 þar sem það sést á útskýringar mynd um afkastagetu niðurfalla. Lína er tekin lóðrétt upp þar sem svarta dökka línann sker 80 m<sup>2</sup> línuna þá eru sett þau skilyrði að hlutfallið þarf að vera minna en 0,80.

Reiknað var úr öllum tilfellum og er hér sýnt erfiðasta tilfellið sem er á þakfleti 1, niðurfall 1 er staðsett 4 metra frá útbrún og er 3,8 m á milli niðurfallsrörana, deilist sú lengd í tvennt þar sem það er þá álagsflöturinn sem skilar úrkommuni í niðurfallsrörið.

gildi eru sett inn í formu,  $\frac{4}{4+1,9} = 0,67$  sést þá að skilyrði eru uppfyllt.



Mynd 28. Ofan á þakflöt, niðurfallsrör staðsett



## Viðauki C

### Teikningaskrá

Nr 1 – Grunnmynd

Nr 2 – Útlitsteikningar af norður og suður hlið

Nr 3 – Útlitsteikningar af austur og vestur hlið

Nr 4 – Gluggar og hurðir

Nr 5 – Gólfhitakerfi

Nr 6 – Ofnakerfi

Nr 7 – Neysluvatnslagnir