



**ÚTTEKT OG ENDURREISN
HITA- OG LOFTRÆSIKERFIS LANGHOLTSKIRKJU**

Guðmundur Bragason

Lokaverkefni í vél- og orkutæknifræði BSc

2016

Höfundur/höfundar: Guðmundur Bragason

Kennitala: 1202794409

Leiðbeinandi: Sveinn Áki Sverrisson

Tækni- og verkfræðideild

School of Science and Engineering

Efnisyfirlit

Formáli	4
1. Inngangur	5
2. Byggingarsaga Langholtskirkju	6
3. Loftræsikerfi	7
4. Ofnakerfi.....	15
5. Viðmiðunarvarmatap.....	21
6. Mælingar og útreikningar	26
7. Snjóbræðsla	36
8. Rekstrarkostnaður	36
9. Niðurstöður	37
10. Úrbætur	38
Heimildir	41
Viðauki A (töflur)	42
Viðauki B (Forhönnunarskýrsla)	46
Viðauki C.....	49
Viðauki D	51
Viðauki E.....	58
Viðauki F	60
Viðauki G	66

Formáli

Hugmyndin að lokaverkefni þessu kom til eftir samtali við sóknarprest Langholtskirkju, Guðbjörgu Jóhannesdóttur og kirkjuvörðinn Aðalstein Guðmundsson. Þau komu að máli við mig eftir útför Jóns Stefánssonar organista þar sem um fimmtán hundruð manns voru saman komin til að votta honum virðingu sína. Loftgæði þóttu mjög slæm, bæði varð hitinn mikill og súrefni af skornum skammti. Einnig kom upp í samtalinu að hitareikningur kirkjunnar væri í hærra lagi miðað við fermetrafjölda. Mér fannst tilvalið að skoða þetta mál nánar enda nýbyrjaður að vinna á VSB Verkfræðistofu ehf. þar sem lagnahönnun er viðfangsefni mitt. Eftir stutt samtali við leiðbeinanda minn Svein Áka Sverrisson véltæknifræðing hjá VSB var ákvað ég að hefjast handa.

Ég vil þakka konu og börnum fyrir óendanlega þolinmæði í minni garð við úrlausn þessa verkefnis, ásamt leiðbeinanda mínum honum Sveini Áka fyrir góða leiðsögn í gegnum þetta ferðalag.

1. Inngangur

Upp kom sú staða í Langholtskirkju fyrir um fimm árum að starfsmannabreytingar urðu nokkrar, nýr sóknarprestur tók til starfa ásamt nýjum kirkjuverði og mikil endurnýjun átti sér stað innan sóknarnefndar. Ýmsir sjálfboðaliðar voru einnig komnir á aldur að aðrir yngri tóku við keflinu í almennum viðgerðum og viðhaldi. Þegar Jón Stefánsson, organisti kirkjunnar til fimmtíu ára, tók svo upp á að fara yfir móðuna miklu fór seinasta vitneskja starfsfólks Langholtskirkju úr húsinu um öll lagna- og hitakerfi. Kvartanir yfir kulda jukust milli ára og allir sammála um að það tæki of langan tíma að kynda húsið. Ekki var raunverulega vitað hvernig best væri að laga kerfin í kirkjunni, en þau samanstanda af ofnakerfi í safnaðarheimili, gólfhita í anddyri, ofnum og loftræsingum í kirkjurýmiinu. Sennilega nær loftræsting í önnur rými en ekki var það vitað með vissu. Því var markmið með þessu verkefni að taka út kerfi kirkjunnar og lýsa raunástandi kerfanna. Til að taka út og skilja svona kerfi þarf að skoða fræðin og bera saman við þá þekkingu og lausnir sem við höfum í nútímanum. Einnig þarf að reikna út hvað kerfin eru að afkasta og komast að ástandi þeirra. Virki þau ekki líkt og þau eiga að gera eða sé einhverju ábótavant, þá var mitt að koma með tillögur að lagfæringum. Ef augljóst væri við nánari skoðun að kerfin væru með öllu ónýtt yrði verkefni mitt að hanna nýtt kerfi í samráði við sóknarnefnd Langholtskirkju. Í þessu verkefni er megináhersla á kirkjurýmið sjálft og samkomusal safnaðarheimilis þar umgangur er mestur og þörfin stærst fyrir kerfi sem virkar vel.

2. Byggingarsaga Langholtskirkju

Safnaðarheimili Langholtskirkju var byggt árið 1954 eftir að ný lög tóku gildi sem kváðu á um að söfnuðir í Reykjavík skyldu hlutaðir niður í smærri einingar. Langholtssókn varð því mynduð er hluti Lauganessafnaðar klauf sig frá sókninni. Strax var ákveðið að byggja kirkjuhús í hinu nýja Vogahverfi er var í byggingu á þessum tíma og var hafist handa við fjármögnun. Ákveðið var eftir umræður að byggja í tveimur áföngum. Fyrsta skóflustungan var tekin 2. September árið 1956 við Sólheima á Hálogalandshæðinni. Húsið var tekið í notkun í áföngum og messuhald hófst snemma þótt enn væri moldargólf í húsinu. Stóri salurinn var



Mynd 1 Frá byggingu Langholtskirkju

vígður og messað í honum á aðfangadag árið 1961 en hann var notaður sem kirkja þar til kirkjuhúsið sjálft reis árið 1984. Bygging safnaðarheimilisins markaði tímamót í byggingarfræði hjá Þjóðkirkju Íslands þar sem þetta var fyrsta safnaðarheimilið sem reist var af Þjóðkirkjunni.

Kirkjan var vígð árið 1984 að viðstöddum forseta Íslands Frú Vigdísí Finnbogadóttur og borgarstjóra Reykjavíkur Davíð Oddssyni. Borgarstjórinn hafði persónulega farið fyrir styrkveitingu til kirkjunnar í formi malbikunar á bílaplani auk þess sem Reykjavíkurborg hafði styrkt söfnuðinn með peningagjöfum til að standa straum af kostnaði við byggingu hennar allt frá árinu 1953.

Kirkja og safnaðarheimili var byggt í tveimur áföngum, safnaðarheimilið var reist árið 1953 og þjónaði sem kirkja fram til ársins 1984 þegar kirkjubyggingin sjálf var tekin í notkun. Litlar heimildir eru til virkni loftræsi- og ofnakerfis en lítillega er minnst á þau í fundargerðum sóknarnefndar. Ekki eru til upplýsingar um hver hannaði ofnakerfi í fyrri áfanganum. Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns gerði lagnateikningar árið 1970 og Steindór Haage á Verkfræðistofunni Vægi hf sá um lagnahönnun í seinni áfanga. Ekki er vitað hver hannaði eða setti upp loftræsinguna og eru ekki til neinar teikningar af henni. Í fundargerðum

sóknarnefndar kemur fram að 11.september árið 1963 átti eftir að fullgera loftræsinguna.[1] Byggingin er ~1300 m² að grunnfleti og skiptist í safnaðarheimili og kirkju. Á efri hæð safnaðarheimilis er svo baðstofa (salur) og skrifstofur.

Í dag er upprunaleg lagnagrind í kjallara kirkjunnar ásamt því að í kompu við hlið inngangs í kirkju frá safnaðarheimili er lagnagrind fyrir gólfhitalagnir sem eru undir öllu kirkjugólfinu. Ekki var gert ráð fyrir loftræstisamstæðu við byggingu kirkjunnar svo henni var komið fyrir við hlið tækjarýmis í kjallara. Þó svo að minnst sé á kerfin í fundargerðum safnaðarins er hvergi tekið fram hver hannaði eða setti upp loftræsinguna.

3. Loftræsikerfi

Hér verður farið í að lýsa loftræsikerfi Langholtskirkju. Fyrst verður talað um tvær tegundir loftræsinga og hvernig loftræsing Langholtskirkju er flokkuð. Loftræsingin er svokölluð „Face and Bypass“ kerfi og verður því gert skil hér. Hvernig það er hugsað og hvernig það virkar. Einnig verða coanda áhrifin útskýrð í stuttu máli og hvernig loftdreifarar eru í kirkjunni og hlutverk þeirra. Talað verður um hvernig útsog er í einstaka rýmum eða öllu heldur skortur á útsogi. Til að geta skilgreint loftræsikerfi þarf að skoða fræðin og verður það gert í þessum kafla.

Niðurstaða þessa kafla er því hvernig loftræsing er í Langholtskirkju, hvernig hún er flokkuð og hvaða vélbúnaður er í henni.

Blöndunarloftræsing

Blöndunarloftræsing er tegund loftræsingar sem blæs lofti inn í rými af miklum hraða (1.5-3.0 m/s) frá rist í lofti, vegg eða gólfi. Við þetta blandast ferskt loft við það loft sem fyrir er í rýminu svo að loftgæði og lofthiti verða jöfn um allt rýmið. Streymið verður iðustreymið og blöndun nánast fullkominn.

Einkenni þessarar loftræsingu er :

- Virk loftræsing, loftið verður hreint og gott.
- Aðferðin nýtist vel við bæði hitun og kælingu.
- Góð hita- og loftdreifing um allt rýmið.

Lagskipt loftræsing

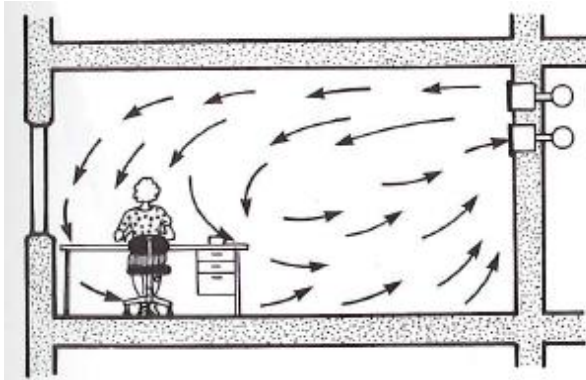
Með lagskiptri loftræsingu er lofti blásið inn á litlum hraða (~ 0,2-0,5 m/s) niðri við gólf. Þessi tegund loftræsingar nýtir sér uppstreymi frá heitari hlutum og fyrirstöðum og ýtir óhreinu

lofti og varmamyndun upp fyrir íverusvæðið. Ofarlega í rýminu er staðsett útsog sem blæs óhreinu lofti út.

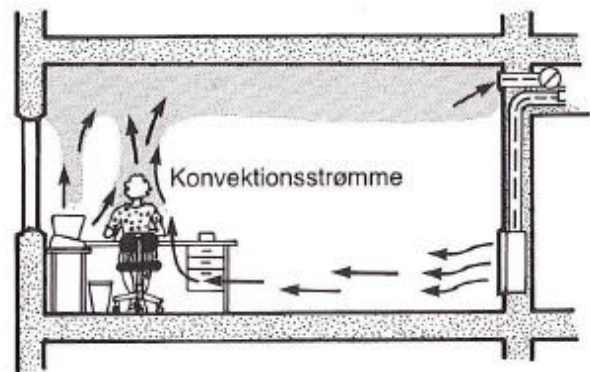
Einkenni slíkra loftræsingar er:

- Hiti og óhreinindi fara fljótt úr rými.
- Fyrirstöður í lofti, svo sem lampar og fleira hafa ekki áhrif á gæði loftsins.
- Hentar vel til kælingar en ekki til upphitunar.

Forsendur þess að slík loftræsing virki er að innblástursloftið sé jafnheitt (isothermal) eða kaldara en lofthiti í rýminu því heitt loft er léttara en kalt. Með því að hafa loftristar í gólfi þar sem hlutfall fólks á fermetra er mikið er hægt að nýta hitamyndun ásamt því að ýta óhreinindum upp fyrir íverusvæðið og blanda því þar.[8][12]



Mynd 2 Lagskipt loftræsing[6]



Mynd 3 Blöndunarloftræsing [6]

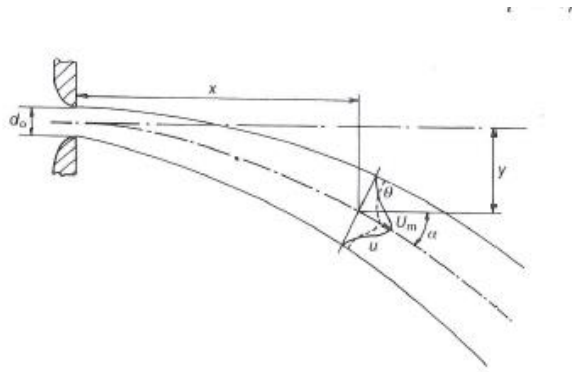
Skammhlaup í loftræstingu

Þegar lofti er blásið inn í rými og það svo dregið beint út áður en nokkur blöndun á sér stað kallast skammhlaup. Til að minnka líkur á skammhlaupi er hægt að stilla útsog á 80% af innblæstri. Þannig myndast yfirþrýstingur í rýminu og betri blöndun á sér stað. Staðsetning á ristum og dreifurum skipta einnig höfuðmáli ef koma á í veg fyrir þetta fyrirbrigði.[8]

The Coanda Effect

Við hönnun loftræsingar er mikilvægt að reyna að hafa strókurinn úr dreifurum sem lengstan til ná loftinu sem víðast um rýmið. Ef loftstraumi er blásið < 300 mm frá lofti eða vegg myndast lágþrýstisvæði í vasa milli stróks og lofts/veggjar. Við þetta „límist“ strókurinn við loftið og

ferðast lengra þar til hann kemur að hindrun eða vegg þar sem hann leitar þá niður eða frá vegg og blandast loftinu. Hafa þarf í huga við hönnun á slíku kerfi að kalt loft er þyngra en heitt og að hornið (e. angle of attack) má ekki vera meira en 30° því þá er hætt á að strókurinn falli niður.



Mynd 4 leið kalds loft í láréttri stefnu.[8]

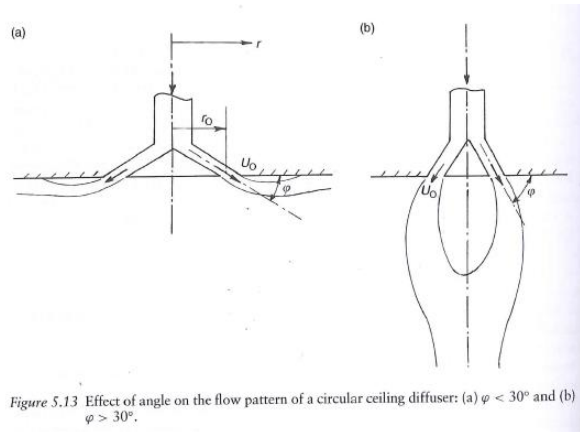


Figure 5.13 Effect of angle on the flow pattern of a circular ceiling diffuser: (a) $\varphi < 30^\circ$ and (b) $\varphi > 30^\circ$.

Mynd 5 áhrif horns fyrir Coanda áhrifin.[8]

Face and bypass

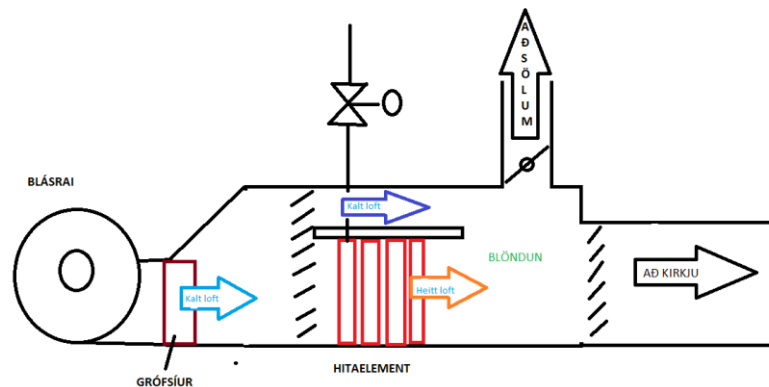
Þegar kalt útiloft er dregið beint að utan þarf að koma í veg fyrir að loft undir frostmarki komist inn í kerfið. Við það myndast hætt á klakamyndun, sem gerist þegar vatn sem daggar á elementum frýs á einstaka íhlutum, með þeim afleiðingum að loftstraumur hindrast. Til að koma í veg fyrir þetta var á sínum tíma farið að nota svokallað „face and



Mynd 6 face and bypass lokum stýrt handvirkt.

Bypass“ kerfi í loftræsingar. Þetta var og er mjög vinsælt í skólabyggingum og þar sem þörf er á stærri kerfum í byggingum í Bandaríkjunum. Telja má víst að fyrirmyndin sé fengin þaðan við uppsetningu á kerfi Langholtskirkju. Í raun er þetta einfalt kerfi en það notar tvær samtengdar lokur til að stjórna loftstraumnum. Framlokan (Face-damper) snýr að elementum og framhjálökan (Bypass-damper) hleypir loftstraumi framhjá. Til að tryggja rétta virkni í kerfinu þarf að hanna framhjálökuna þannig að sama þrýstifall verði þegar framhjálökan er fullopin og þegar fram- og framhjálökurnar eru opnar samtímis á fullu loftstreymi. Þegar útiloft er yfir frostmarki ($\sim 1.7^\circ\text{C}$) þá er framhjálökan fullopin og hitastigi stýrt með mótorkloka á vatnsgrein sem fæðir hitaelementin. Til að tryggja það enn fremur að

ekki frjósi í elementum þarf að koma í veg fyrir að straumhraði fari ekki undir 0.9 m/s í gegn[13]. Yfirleitt eru svona kerfi höfð sjálfvirk en kerfi Langholtskirkju er að hluta til handvirkt. Þannig er stjórnun á fram- og framhjálokum handvirk eins og sjá má á mynd 4. Segja má að þetta kerfi sé að hluta náttúruleg loftræsing og að hluta vélræn þar sem það blæs lofti í sama ástandi inn í rýmin og það tekur það að utan. Vélræni hlutinn er í raun bara færsla á loftinu ef forhitun er ekki tekin með í reikninginn.



Mynd 7 Snið að loftræskerfi

Eins og sést á mynd 5 að þá er loftið dregið inn um stóran miðflóttaraflsblásara sem knúin er áfram af mótör. Síðan fer loftið gegnum síu og því næst kemur það að lokunum sem stjórna hvort loftið fari inn óhitað, hitað eða blandað inn í rýmin.

Loftdreifarar

Loftdreifarar sjá rýmum fyrir lofti. Til eru margar útfærslur á dreifurum sem henta við mismunandi aðstæður. Dreifarar stýra hvernig loftið fer inn í rýmið og hvernig dreifing á loftinu verður. Mismunandi útfærslur á dreifurum eiga við mismunandi kerfi, þannig að lághraðakerfi hefur aðra dreifara en háhraðakerfi, svo sem blöndunarloftræsing.

Loftdreifarar skiptast í þrjú flokka en það eru dreifarar, ristar og nosslur. Dreifarar eru algengastir á skrifstofum og í íbúðahúsnæðum. Nosslur eru notaðar þar sem loftræsa þarf stór rými og er þá miklu magni lofts kastað hratt inn í rýmið. Ristar eru þriðji möguleikinn. Ristar hafa yfirleitt ekki mikla möguleika á stillingum á loftstraumum en virka yfirleitt bæði sem innblásturs- og útsogsristar. Þegar valdar eru ristar og dreifarar, þarf að hafa í huga þrýstifall, magn lofts og hávaða frá þeim.

Í Langholtskirkju eru þrjár gerðir af dreifurum í notkun.



Mynd 8 Gólfrist/dreifjar í kirkju

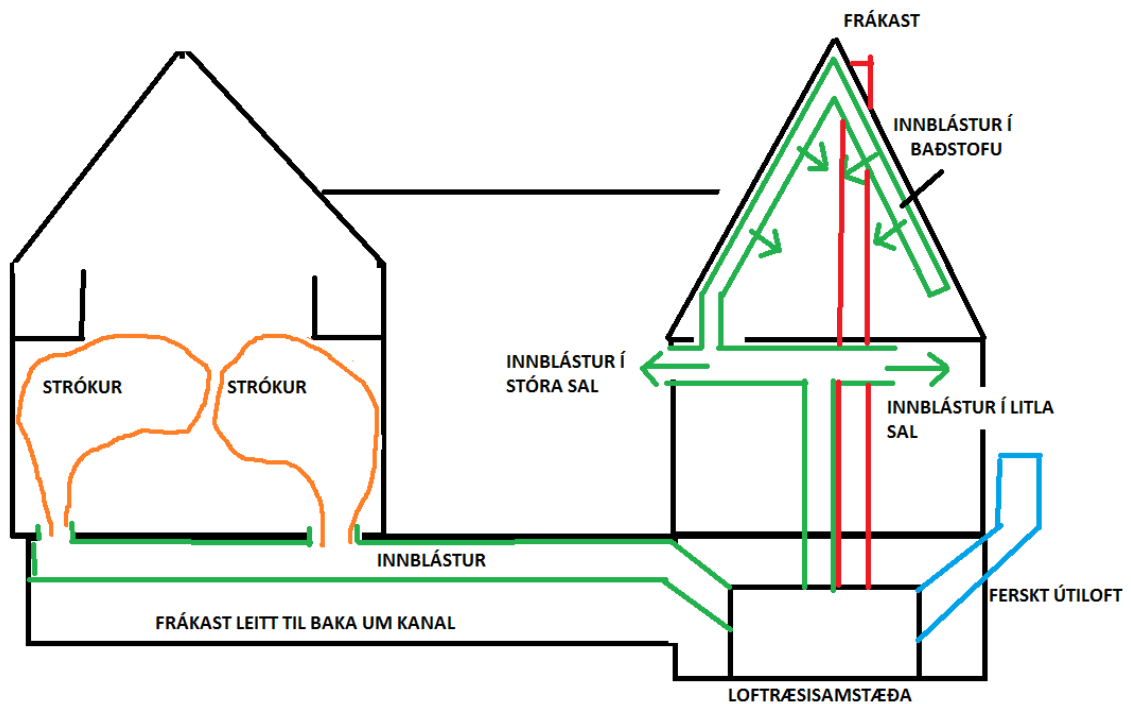
Mynd 9 Rist í baðstofu

Mynd 4 Dreifari í lita salnum



Mynd 10 Innblástur í stóra salinn (nozzla)

Loftræsing Langholtskirkju



Mynd 11 Kerfismynd af loftræsingu

Stjórnun lofthita frá loftræsisamstæðu

Stór miðflóttarafsblásari (Nordisk ventilator co.) sem er staðsettur í kjallara safnaðarheimilis dregur loft úr inntakskassa. Sá kassi er fyrir utan baðherbergi á suðurhlíð húss í kjallara. Blásari blæs útilofti í gegnum grófsíu að tæki líkt og mynd 12 sýnir. Þetta er upphitunartæki vinnur þannig að tveimur samtengdum spjaldlokum (e. Face damper and Bypass damper) er komið fyrir svo að önnur lokar lokar fyrir hitaelement en hin lokar fyrir framhjá leiðina. Hægt er að fá þessar tegund loftræsingingar með ýmist



Mynd 13 tenging við hitun



Mynd 12 grófsíur sía loftið

tveggja röra eða fjögurra röra tengingum[14]. Ef tengd eru fjögur rör þá er mögulegt að kæla og hita loftið.

Loftræsingin sem hér um ræðir hefur eingöngu tvö rör og getur því eingöngu hitað loftið. Útihitastig lofts á Íslandi fer sjaldan yfir 16°C svo ekki er þörf á að kæla loftið, en til að koma í veg fyrir að blásið sé lofti undir frostmarki þá er hluta loftsins eða öllu hleypt í gegnum hitaelementið. Einn galli á kerfi sem þessu er að það getur verið erfitt að stýra rakastiginu þar sem ekki er um neina forhitun eða eftir-kælingu að ræða. Loftið fer inn eftir eina umferð gegnum grófsíu og hitaelement og blandast við kalt loft. Hraða innsogsblásara er stýrt með spennir og er því hægt að stilla loftræsinguna á vítt svið, eða frá 0% upp í 100%.



Mynd 14 spennir

Lokunum er stýrt handvirkt og verður því húsvörður að vera vakandi fyrir breytingum á útihitastigi.

Innblástur

Úr blöndunarhólfi er hægt að beina straumnum annars vegar inn í kirkju eða hins vega upp í baðstofu og sali safnaðarheimilis. Við endurhönnun á skrifstofu sóknarprests hafa loftstokkar verið teknir í sundur þegar fölsku kerfislofti var komið fyrir þar inni. Í dag blæs loftræsingin upp í holrými ofan við skrifstofuna þar sem áður hafa verið tengingar milli loftstokka. Ef loftinu er beint þar upp myndast ekkert nema hávaði ofan við skrifstofuna og lítill eða enginn straumur skilar sér til rýmsins.

Innblástursblásari

Miðflóttarafsblásari frá NORDIC VENTILATOR CO. sér loftræsisamstæðunni fyrir lofti. Hann er keyrður af 5,5 KW jafnstraumsmótor með tvöföldu reimadrifi. Gírhlutfallið milli drifhjóna er 3.55 en mótorinn snýst 1440 sn/mín svo blásarinn snýst á 394 sn/mín. Radíus blásara tromlunnar reyndist vera 1250 mm og 560 mm á breidd. 800 mm inntaks- loftstokkur liggur að blásaranum.



Mynd 15 Nordic Ventilator

Innblástur í kirkju

Tveggja átta(e. Two way) 580x80 mm gólfristar eru í gólfi kirkjunnar sem blása lofti inn í rýmið. Eru þeir staðsettir um 300 mm frá vegg svo að „the coanda effect“ ætti að virka að einhverju leyti. Á veggjum fyrir ofan gólfristarnar koma svo svalir út, en þær beina loftstraumnum aftur inn að miðju og þar blöndun á lofti á sér stað.



Mynd 16 Tengimöguleikar hitaelementa.

Útsogsblásari fyrir kirkju

Við altari kirkjunnar er 1500 x 600 mm gólfrist sem liggur beint í kanal og aftur í loftræsiherbergi. Við enda ganganna er 2,5 KW FISBACH GmbH miðflóttaraflsblásari sem þjónustar útsogið. Hann er öllu minni en innblástursblásarinn og getur dregið allt að 10.350 m³/klst. Til að útsogið virki þarf að vera lokað inn í klefann þar sem allt herbergið er notað sem „tunna“ fyrir blásarann. Höfundur fann greinilega á meðan mælingum stóð hvernig útsog hvarf þegar hurðir voru opnaðar að útsogsherbergi. Útsogsblásari er hafður minni en innblástursblásari þar sem gott er að hafa hann ekki nema um 80% af innblæstri til að koma í veg fyrir skammhlaup í loftræsingunni.[8]



Mynd 17 útsogsblásari

Innblástur í sali

Í stóra sal er ekki eiginlegur dreifari heldur endar stokkurinn þar og blæs beint inn í rýmið. Helst er að flokka þetta sem nosslu þar sem þær þurfa ekki endilega að vera annað en opin endi.[8] Ef strókurinn er nægilega kröftugur getur þetta myndað hringrás í herberginu og náð að loftræsa allan salinn en þar sem loftstokkur er í sundur er þetta ólíklegt til árangurs. Í litla salnum er dreifari á vegg í horninu. Blæs hann lofti meðfram veggjum og inn í rýmið. Á baðstofu á efri hæð safnaðarheimilis eru loftstokkar teknir meðfram sperrum þar sem lofti er blásið niður á safnaðargesti um rist.

Útsog frá söllum

Ekki er gert ráð fyrir útsogi frá söllum.

Útsog frá snyrtingum

Útsog kirkjunnar er ábótavant en að staðaldri er slökkt á þeim blásurum sem þjónusta baðherbergin. Sennilega hefur þetta verið gert þar sem legur eru farnar í öllum mótorum og löngu orðið tímabært að skipta þeim út. Við anddyri kirkjunnar er staðsettur blásari sem þjónustar baðherbergi í suðaustur hluta kirkjunnar en hann er aldrei í gangi. Í hliðarrými þar sem kórar hafa aðstöðu eru þrjú klósett. Stokkur sem tengdur er um þau þrjú, ásamt skrifstofu organista, sér um útblástur þar, en eins og með aðra útsogsblásara er slökkt á honum. Fara verður inn í læsta nótnakompu til að kveikja á honum. Hvímleit hljóð er frá blásaranu en gott sog þegar hann er í gangi

4. Ofnakerfi

Í þessum kafla verður farið í hvernig ofnakerfið er í kirkjunni uppsett. Ofnakerfið er byggt upp með pottofnum og sléttum stálplötuofnum og verður farið í hvernig við reiknum varmagjöf frá þeim ásamt því að skoða hvernig ofnlokar eru á þeim. Talað verður um gólfhitakerfi kirkjunnar og hvernig það er hannað.

Ofnakerfi

Ofnakerfi í safnaðarheimili er frá 1961 að mestu, búið er að skipta út ofnum á skrifstofum sóknarprests og kirkjuvarðar. Ofnar í stóra salnum eru pottofnar en í litla salnum og í baðstofu eru sléttir stálplötuofnar. Ofnar á göngum eru pottofnar. Nýlega var skipt um ofnloka á þeim öllum. Undir gólfi í anddyri safnaðarheimili er gólfhiti sem var endurnýjaður 2006 eftir að sá eldri tók að leka. Í gólfi kirkjuskipsins er gólfhiti með Ø25mm meltaway snjóbræðslu lögnum.

Ofnar

Varmastreymi frá miðstöðvarofnum eru háð mörgum þáttum . Hægt er að flokka það niður í þrjá megin flokka.

- Gerð og lögun, þ.e. hvernig ofninn er í lögun, úr hvaða efni hann er gerður og hvernig áferð er á yfirborði hans.
- Eiginleikar þeirra efna sem streyma um hann, þ.e. efnistegund, hitastig, straumhraði o.s.frv.
- Hvernig herbergi sem ofninn á að hita er lagað, svo sem einangrun, þéttleiki og samspil ytra og innra loftslags.

Margir aðrir þættir koma til greina og ekki er mögulegt að taka tillit til þeirra allra en engu að síður er hægt að gera góða nálgun á varmaþörf frá þeim og með því að staðsetja þá á vitrænan hátt. Ekki er ráðlegt að taka útreikningum á varmaþörf of hátíðlega en vera frekar á varðbergi gagnvart einhverju sem stendur utan þess venjubundna[9].

Hönnunarforsendur ofnakerfa á Íslandi er 75-80°C framrásarhitastig og 20°C innihitastig, miðað er við að kæling í ofni sé 40°C. Þannig er meðalhitamunur ofns og herbergis ΔT er reiknað:

$$\Delta T = \frac{t_f + t_b}{2} - t_h$$

Þar sem

t_f = framrásarhitastig

t_b = bakrásarhitastig

t_h = herbergishitastig

Varmaflutningur frá ofni er svo reiknað með eftirfarandi líkingu:

$$Q = (K * A) * \Delta T$$

Þar sem

Q = varmastreymið [W]

K = varmaflutningsstuðull [w/m²°C]

A = hitaflötur [m²]

ΔT = meðalhitamunur ofns og herbergis [°C]

Margfeldið (K*A) inniheldur áhrif geislunar og varmastreymis yfirleitt er þessi tala gefin upp af framleiðanda. Þessu má lýsa þannig

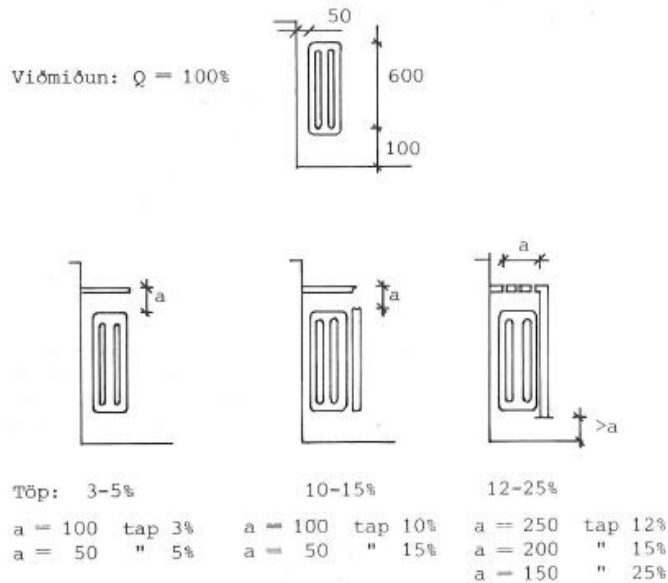
$$(K * A) = \alpha_{streymi} * A_{ofn} + \alpha_{geislun} * A_{geislun}$$

A_{ofn} er allt flatarmálið sem er í snertingu við loft en $A_{geislun}$ er aðeins sá hluti ofns sem snýr út. Fyrir pottofna er A_{ofn} miklu stærra en $A_{geislun}$ en fyrir slétta ofna er $A_{ofn} \approx A_{geislun}$. Hlutfall varmageislunar og varmaflutnings með varmastreymi má sjá í töflu.

Gerð ofna	Varmastreymi	Geislun
Sléttir ofnar (Panel, runtall o.s.frv.)	40-50%	60-50%
Rifjaofnar (pottofnar o.s.frv.)	70-80 %	30-20 %

Tafla 1 skipting varmagjafar frá sléttum ofnum og rifjaofnum[9]

Þetta segir okkur að geislun frá ofnum er um helmingur varmamyndunar frá þeim og því ætti aldrei að byggja slétta ofna með ofnahlífum eða gardínum. Ofnar langholtskirkju eru að mestu byggðir með ofnahlífum að undanskyldum ofnum í litla salnum. Ofn á gangi anddyris SH er ekki byggður sem og stakir ofnar víðsvegar um húsið. Ofnar í stórasalnum eru byggðir með timbur plötum en þar eru rifjaofnar. Í baðstofu eru riflaðir stálplötuofnar birgðir með panel. Áhrif þess að byggja ofna hafa verið rannsökuð til hlýtar skv. Hitun húsa eftir þá Guðmund Halldórsson og Jón Sigurjónsson verkfræðinga [9]og hafa þær niðurstöður verið teknar saman á mynd 18.



Mynd 18. Minnkun varmagjafar frá ofnum sem eru byrgðir að hluta.[9]

Vatnstýrðir ofnlokar (retúrnlokar)

Til að stýra ofnakerfum er notast við sjálfvirka ofnloka. Vatnstýrðir ofnlokar hafa verið algengastir á Íslandi. Ein helsta ástæða þess að þeir hafa verið vinsælir hér á landi er að þeir stýrast af bakrásarhitastigi og geta þolað snöggar sveiflur í framrásarhitastigi. Þeir eru mjög þægilegir bæði fyrir hönnuði og pípulagningarmenn þar sem notandinn sjálfur stillir þá eftir þörfum.[10]

Lofstýrðir ofnlokar

Lofthitastýrðir ofnlokar stjórna af lofthita ýmist með hitanema í lokanum sjálfum eða með fjarhitanema. Hann virkar þannig sem sjálfvirk stýring á hita herbergis. Helsti kostur slíkra ofnloka er að þeir geta staðið að mestu óhreyfðir árum saman eftir að búið er að stilla þá. Einn ókostur slíkra ofnloka er ef þeir standa undir glugga þá geta þeir opnað að óþörfu í góðviðri þegar kaldur gustur frá glugga leikur um þá. Einnig geta þeir tekið upp á því að loka alveg fyrir ef þeir eru byrgðir. Með því að hafa loftstýrðan ofnloka má nýta ókeypis varma frá ljósum, sól, og mannfólki sem sá vatnstýrði ræður ekki við. Ofnlokinn stýrir rennslinu í

samræmi við hitastig herbergis og verður því hagstæðara í rekstri að hafa loftstýrðan ofnloka en vatnstýrðan.

Nýlega var skipt um alla ofnloka í safnaðarheimili og voru það vatnstýrðir ofnlokar sem urðu fyrir valinu.

Þrýstijafnarar



Þrýstijafnari heldur mismunaprýsting stöðugum yfir hitakerfi . Talað er um tvennskonar þrýstijafnara en það er slaufuloki og þrýstijafnari. Slaufuloki er í raun það sama og þrýstijafnari nema hann er tengdur öfugt við þrýstijafnarann og er hans hlutverk að halda vatni inn á kerfinu. Áður fyrr var þetta gert með að leggja lögn nokkuð ofar en efstu lögn í húsinu. Þannig myndaðist nægilegur mótþýstingur til að halda við þrýsting vatnsins frá ofna og hitakerfi húsa. Eftir að slaufulokinn kom á markað þurfti ekki að gera þetta heldur var slaufuloka komið fyrir neðst á lagnagrindina þar sem hann heldur

Mynd 19 Tengigrind gólfhita mótþrýsting á kerfinu.

Gólfhiti

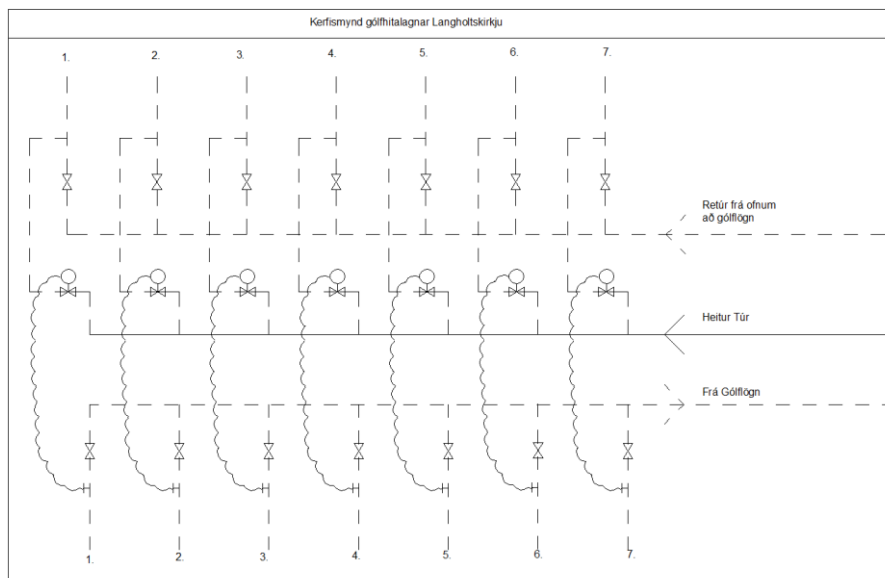
Gólfhitun byggir á geislahitun en það er þegar meira en 50% af hitanum er frá geislun, algengt er að um 60-70% af varmanum komi frá geislun. Algengt er að varmagjöf frá gólfhitakerfi sé um 80 W/m^2 , ef gólfhiti gefur meira frá sér er hættu á að fólk finni fyrir óþægindum og getur jafnvel bjúgmyndun orðið hjá fólki.

Gólfhiti í kirkju

Verkræðistofan Vægi Sf hannaði gólfhita í skip kirkjunnar og er samkvæmt teikningum 25Ømm meltaway plastlagnir eða sambærilegt. Meltaway lagnir eru í raun snjóbræðslulagnir. Eftir sjónskoðun kom í ljós að gólfhitinn hefur verið lagður með Ø25 mm stálrörum úr heildregnu svartstáli. Gólfhitinn er keyrður af bakrás ofna safnaðarheimilis. Ø50mm bakrásarlögn liggur að slaufum gólfhita, Ø25 mm framrásarlögn frá mæli og frá slaufunum er Ø50mm bakrás tengd beint inn á bakrás hitaveitu. Ekki er hringrás á kerfinu og hefur þetta kerfi ekki virkað vel undanfarin ár. Til að stýra flæði gólfhita, hefur verið komið fyrir bakrásarlokum á öllum slaufum tengdum við hitanema á bakrás frá gólfhita. En þeir stýra innspýtingu frá framrás yfir í kerfið. Í raun er þetta kerfi hugsað eins og snjóbræðsla og hentar ekki vel sem gólfhiti. Ofarlega á grind er mótrolki sem ekki er tengdur gólfhitanum heldur sér hann ofnum á svölum ofan við orgel fyrir vatni. Á mynd 21 má sjá hvernig tengigrind gólfhitans var teiknuð.



Mynd 20 hluti af tengigrind gólfhita. Mótrolki sést á mynd.



Mynd 21 Tengigrind gólfhita (Steindór Haage1984)

Gólfhiti í anddyri safnaðarheimilis

Gólfhiti í anddyri safnaðarheimilis var endurnýjaður árið 2006 eftir að eldra gólfhitakerfi fór að leka. *Verkfræðistofan Hnit ehf* hannaði gólfhitakerfið og má sjá teikningar í viðauka F.

5. Viðmiðunarvarmatap

Grunnviðmið þess að hanna nýtt hitakerfi er að reikna varmatap hússins. Til að reikna út viðmiðunarvarmatap byggingarinnar var notast við staðalinn ÍST 66. Íslenska byggingarreglugerðin tekur mið af henni en hún kemur úr dönskum staðli DS 418. Varmaflutningur stafar af varmaleiðni í gegnum fleti frá heitari hlið flatarins til þess kaldari[6]. Taka verður tillit til loftskiptavarmataps en það er helst í hendur við loftskipti. Við aukin loftskipti þarf aukna varmagjöf frá ofnum eða loftræsingu. Algengt er að loftskipti í óloftræstu húsnæði sé á bilinu 0.2-0.3. loftskipti á klukkustund en í loftræstu húsnæði um 0.8 loftskipti á klukkustund. Fer það eftir þéttleika hússins, opnun glugga og hurða ásamt stærð húsnæðis. Reiknað verður hvað eru nauðsynleg loftskipti miðað við húsfylli í bæði kirkju og samkomusal. Einnig mun hermun sýna fram á hvað eru eðlileg loftskipti miðað við enga loftræsingu við eðlilega starfsemi.

Hönnunarskilyrði

Við hönnun er miðast eftirfarandi hitastig :

- Innihitastig

Hitastig innandyra fer eftir því hver starfsemi rýmisins er. Í almennum rýmum er gert ráð fyrir 20°C. Ef um til dæmis vélaverkstæði er að ræða væri hönnunarhitastig 16°C og svo hærra ef um barnaheimili er að ræða. Hér er gert ráð fyrir 20°C.

- Útihitastig

Almennt skal miða við -15°C.

- Hitastig jarðar

Almennt er miðað við 5°C.

Hugtök

- **Kólnunartala U-gildi:**

Kólnunartala byggingarluta ($U; W/m^2K$) er hlutfall stöðugs varmaflutnings á tímaeiningu og margfeldis flatarmáls byggingarlutans og hitamunur yfir hana.

- **Leiðnitap**

Leiðnitap ($\Phi; W$) er það varmamagn, sem á tímaeiningu flyst gegnum hjúpflati rýmisins eða byggingarinnar vegna hitamunar (margfeldi kólnunartölu og flatarmálsbyggingarluta).

- **Varmaleiðnitala**

Einkennandi stuðull fyrir byggingarefni sem lýsir varmaflutningi þvert í gegnum efnið vegna hitamunar (λ -gildi; W/mK).

- **Varmaflutningsþéttleiki, varmaflæði**

Varmaflutningsþéttleiki ($q; W/m^2$) er hlutfall varmaflutnings og flatarmáls.

- **Heildarleiðnitap**

Heildarleiðnitap í þessum staðli eru hönnunarforsendur fyrir leiðnitap sem hægt er að reikna út frá kröfum um varmaleiðnitölur sem settar eru í byggingarreglugerð.[2]

Útreikningar

Í byggingarreglugerð má finna töflu, 13.02 *viðhald/endurbygging- leyfilegt hámark U-gilda einstakra byggingarluta*. [5]

Byggingarhluti	Leyft hámark U-gildis (W/m ² K)	
	T _i ≥ 18°C	18°C > T _i ≥ 10°C
Þak	0,2	0,3
Útveggur	0,4	0,4
Léttur útveggur	0,3	0,4
Gluggar(Karmar, gler vegið meðaltal, k-gler)	2	3
Hurðir	3	engin krafa
Ofanljós	2	3
Gólf á fyllingu	0,3	0,4
Gólf á óupphituðu rými	0,3	0,4
Gólf að útiloft	0,2	0,4
Útveggir, vegið meðaltal(veggfletir, gluggar og hurðir)	engin krafa	engin krafa

Tafla 1 Viðhald/endurbyggin - Leyfilegt hámarks U-gildi

Þær jöfnur sem notaðar eru við útreikninga á leiðnitapi/varmatapi um útveggi, þök, glugga og útihurðir eru sem hér segir :

Leiðnitap um útfleti byggingar:

$$Q_l = U * F * (t_i - t_u) \quad [W] \quad (1)$$

Þar sem:

$$Q = \text{Varmatap} \quad [W]$$

$$U = \text{Leiðnitala} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

$$F = \text{Flatarmál} \quad [m^2]$$

$$t_i = \text{Hönnunar innihitastig} \quad [^\circ C]$$

$$t_u = \text{Hönnunar útihitastig} \quad [^\circ C]$$

Flatarmál útflata, F, reiknast miðað við innri lárétta lengd að innanverðu, brúttó lofthæð útveggja og álíka byggingarhluta, steypumál glugga og hurða.

Leiðnitap um botnplötur á jarðfyllingu, kjallaragólf og kjallaraveggi

Leiðnitap um kjallaraveggi að jarðfyllingu, allt að tveggja metra dýpi, reiknast:

$$Q_l = U * F * (t_i - t_u) \quad [W] \quad (2)$$

Leiðnitap um botnplötur að jarðfyllingu og kjallaragólf ásamt útveggjum kjallara í meira en tveggja metra dýpi og um kjallaraveggi að jörð inni undir byggingu, reiknast:

$$Q_l = U * F * (t_i - t_j) \quad [W] \quad (3)$$

Þar sem :

$$T_j = \text{hönnunarhiti jarðar} \quad [^\circ\text{C}]$$

Leiðnitap um skilveggi, hæðarskil og plötur yfir kjallara

Varmaleiðni um skilveggi, hæðarskil og plötur yfir kjallara milli rýma með mismunandi hitastigi reiknast:

$$Q_l = U * F * \Delta t \quad [W] \quad (4)$$

Þar sem :

$$\Delta t = \text{mismunur á hitastigi milli rýma} \quad [^\circ\text{C}]$$

Varmatap á sér stað í heitara rýminu og verður varmagjöf í því kaldara.

Leiðnitap um samsetningar umhverfis glugga og hurðir

Leiðnitap um kuldabryr í samsetningum umhverfis glugga og hurðir reiknast:

$$Q_l = \Psi_s l_s * (t_i - t_u) \quad [W] \quad (5)$$

Þar sem :

$$\Psi_s = \text{línutap í samsetningu} \quad [W/(m \cdot K)]$$

$$l_s = \text{lengd samsetningar} \quad [m]$$

Leiðnitap í gegnum útveggja undirstöður

Leiðnitap í gegnum útveggja undirstöður umhverfis gólfplötur á jarðfyllingu og undirstöður kjallara útveggja á tveggja metra dýpi reiknast:

$$Q_l = \Psi_u * l_u * (t_i - t_u) \quad [W] \quad (6)$$

Par sem :

$$\Psi_u = \text{Línutap fyrir undirstöðuna} \quad [W/(m \cdot K)]$$

$$l_u = \text{Lengd undirstöðu} \quad [m]$$

Fyrir undirstöður útveggja í kjallara á meira en tveggja metra dýpi og inn undir byggingu er notast við hönnunarhitastig jarðar í staðinn fyrir útihita.

Niðurstaða viðmiðunarvarmatapsútreikninga :

<i>XX hæð</i>	Flatarm. brúttó m ²	Flatarm. nettó m ²	Lengd kaldra v.	meðal hæð	Samtals	Samtals	Samtals
<i>U-gildi [W/m²·K]</i>					W	W/m ²	W/m ³
Kapella	48,5	46,1	14,7	3,0	2119	<i>44</i>	<i>15</i>
Andyri	29,9	28,4	4,6	3,0	1129	<i>38</i>	<i>13</i>
Salerni	48,5	46,1	14,7	4,0	2482	<i>51</i>	<i>13</i>
Kirkja	553,0	525,4	89,2	12,0	71439	<i>129</i>	<i>11</i>
Söngur	40,7	38,7	4,2	3,0	1315	<i>32</i>	<i>11</i>
Kór	39,8	37,8	39,8	3,0	3010	<i>76</i>	<i>27</i>
	0,0	0,0	0,0	0,0	0	<i>#DIV/0!</i>	<i>#DIV/0!</i>
Samkomusalur	183,0	173,9	53,3	4,0	10784	<i>59</i>	<i>16</i>
skáli	65,2	61,9	10,4	5,0	4386	<i>67</i>	<i>14</i>
salur	79,0	75,1	26,3	4,0	5073	<i>64</i>	<i>17</i>
Eldhús	25,9	24,6	12,6	3,0	1275	<i>49</i>	<i>17</i>
Prestur	19,6	18,6	1,0	2,8	345	<i>18</i>	<i>7</i>
Karlar	14,8	14,1	3,0	2,8	408	<i>28</i>	<i>10</i>
Konur	14,4	13,7	3,0	2,8	403	<i>28</i>	<i>11</i>
	0,0	0,0	0,0	0,0	0	<i>#DIV/0!</i>	<i>#DIV/0!</i>
Baðstofa	58,8	55,8	5,0	4,0	3382	<i>58</i>	<i>15</i>
Jón Stefáns	8,3	7,8	3,0	3,0	353	<i>43</i>	<i>15</i>
Æskulýðsprestur	7,0	6,7	3,0	3,0	336	<i>48</i>	<i>17</i>
					108240	<i>87,6</i>	<i>12,4</i>

Tafla 2 Viðmiðunarvarmatap

6. Mælingar og útreikningar

Í þessum kafla verða settar fram mælingar sem gerðar og útreikningar sem eiga við eru sýndir á skilmerkilegan hátt. Kaflinn skiptist í tvennt og er annars vegar rætt um loftræsikerfið og hinsvegar ofnakerfið. Notast var við hermunarforritið *DesignBuilder* til að reikna varmapörf og heildar orkupörf hússins. Einnig er fjöldi loftskipta reiknuð með því.

Loftgæði

Mælingar voru gerðar á loftgæðum kirkjunnar við ýmsar athafnir. Sú vinna reynist höfundi ekki auðveld þar sem athöfnum og kirkjugestum fækkar yfir sumarmánuðina og kirkjan lokuð nema við ef beiðni barst um athöfn eða tónleika. Þar sem allar mælingar voru gerðar að sumri var alltaf galopið út svo þær teljast eingöngu vera viðmið. Hefðu mælingar verið gerðar að vetri til þegar starfsemi í húsinu er sem mest hefðu þær vafalítið verið sýnt hærri tölur, eða það er í það minnsta getgátur höfundar.

Mælingar voru gerðar á tvennum tónleikum og einni útför :

Loftgæðimælingar				
Atburður	n	RH%	°C	CO2 [ppm]
Útför	100	53,7	23,9	1082
Tónl. 1	35	50	23,5	750
Tónl.2	450	67,9	24,1	1495

Tafla 3 mælingar á loftgæðum

Mælingar sýndu að loftgæði í kirkjunni er ekki með besta móti. Tafla 4 sýnir að koltvísirungur fór hæst í 1450 ppm, en almennt viðmið úr byggingarreglugerð er 800 ppm og mega loftgæðin ekki fara nema til skamms tíma lítillega yfir 1000 ppm[5]. Þetta á við þegar um 450 manns er í kirkjunni ásamt hljómsveit og tvöföld hurð opin út. Oft á tíðum er húsfylli og fjöldi kóra sem koma saman við athafnir svo hér er úrbóta þörf.

Mælingar á Loftræstikerfi

Til að mæla loftflæði og rúmmálsstreymi loftræsingar var notast við leiðbeiningar úr *Ventilation Stabi*. Til að mæla loftstokk þarf að bora gat á stökkinn í ákveðni fjarlægð frá beygju til að ná mælingu í lagstreymi. Ef farið er of nálægt beygju í aðra hvora áttina þá er hætta á iðustreymi sem gefur ekki lesanlega niðurstöðu (sjá mynd 9). Mikilvægt er að allar

mælingar séu samhliða (d. parallel) við strauminn, einnig þarf að passa upp á að straumhraði loftsins sé yfir 2 m/s svo mælingar séu marktækar[6]. Til að sem nákvæmest mæling náist af loftflæði er mælt með því að fylgja mæliplani sem er að finna í *Ventilation Stabi* (sjá viðauka).

Til að reikna svo út loftmagnið var notast við jöfnu 1 :

$$q_v = V_m * A * K \quad [m^3/s] \quad (7)$$

þar sem :

V_m = meðalhraði mældra hraða í stökk [m/s]

A = þvernsiðsflatarmál stokks [m²]

K = Leiðréttingarstuðull, 0,98 fyrir liggjandi stökk og 0,96 fyrir standandi.

Mæld gildi voru tekin saman í töflu og meðaltal tekið af þeim fyrir loftræstikerfi stillt á 50% afköst og 100% afköst. Alls voru mældir 72 punktar og meðaltal þeirra fyrir hvern dálk slegnir inn í töflu 1. Stokkurinn reyndist vera 800x800 að flatarmál eða 0,64 m² og leiðréttingarstuðull 0,98 fyrir liggjandi stökk notaður.

Mælingar á rúmmálsflæði			
	mm	50%	100%
a	50	2,45	2,8
b	190	3	3,5
c	345	3,45	3,8
d	455	3,6	4,2
e	610	3,4	3,7
f	750	2,63	3,1
Loftstreymi m ³ /s		3,1	3,5
Bókstafir vísa til staðsetningar mælipunkta Gildi eru meðaltal mældra gilda			

Tafla 4 Rúmmálsflæði

Niðustöður mælinga á loftmagni loftræsikerfis þegar kerfið var stillt með spennir á 50% og 100% eru í töflu 5:

	50% l/s	100% L/s
Kirkja	1944	2195
Salur	-	-

Tafla 5 Loftflæði L/s

Ekki reyndist hægt að framkvæma mælingar á þeim loftstokkum er leiða upp í sali safnaðarheimilis þar sem loftstokkar eru í sundur eins og kom fram hér á undan.

Ferskloftspörf

Til að átta sig á getu loftræsikerfis var ferskloftspörf kirkjunnar reiknuð með tvennum hætti. Fersklofts- og kælipörfin var reiknuð „í höndum“ og svo með hjálp hermunarforrits *DesignBuilder* sem tekur mið af veðurfari í Reykjavík síðan 1995. Reiknað var annars vegar fyrir kirkjuna og hinsvegar fyrir stóra sal safnaðarheimilis ásamt því sem þessi svæði voru hermd. Tekið var mið af núverandi byggingarreglugerð og staðli EN 15251. Gert er ráð fyrir

húsfylli eða um 550 manns eins oft vill verða við stóra athafnir. Flatarmál kirkjunnar er 413 m² á neðri hæð og flatarmál á svölum er 140 m². Eftirfarandi jöfnur voru notaðar við útreikninga á fersksloftspörf :

$$q = f * q_b + A * q_a \text{ [l/s]} \quad (8)$$

Jafna eitt gefur okkur fersksloftspörfin miðað við byggingarreglugerð þar sem :

q = Fersksloftspörf [l/s].

f = Fjöldi fólks inn í rýminu.

q_b = Nauðsynlegt loftmagn á persónu samkvæmt byggingarreglugerð.

q_a = Nauðsynlegt loftmagn á m² samkvæmt byggingarreglugerð.

A = Flatarmál rýmis.

Einnig var reiknað út hve mörg loftskipti á klukkutíma þarf til að tryggja viðeigandi loftgæði.

$$n = \frac{q}{V} \quad (9)$$

Þar sem :

n = Fjöldi loftskipta á klukkustund.

q = Fersksloftspörf.

V = Rúmmál rýmis.

Við útreikninga var miðað við 0,35 L/s á m² og 7 l/s á mann í samræmi við byggingarreglugerð[3]. Fyrir kirkjuna var fjöldi nauðsynlegra loftskipta er samkvæmt jöfnu 2 er því 0,9 loftskipti á klukkutíma. Útreiknuð þörf nauðsynlegra loftskipta í sal safnaðarheimilis er 2,1 loftskipti á klukkutíma. Sjá nánar töflu 6.

Loftgæði				
Byggingarhluti	m ²	m ³	q	n
Kirkja	553	6304	5694	0,9
Salur	183	695	1464	2,1

Tafla 6 Útreiknuð loftskipti á klukkustund

Kælipörf

Þar sem ekki eru kæliraftar í Langholtskirkju né annar kælibúnaður þarf ferskur innblástur að fullnægja kælipörf rýmisins. Til að reikna kælipörf bygginga þarf að miða við stöðu húss gagnvart sólu, ásamt fjölda fólks, klæðnaði sem og tækja og ljósa búnaði sem er í rýminu. Gert er ráð fyrir að manneskja gefi frá sér 102 W, sitjandi eða í kyrrstöðu í fínni fatnaði (stillesiddende, 1.5 clo). Ljósastarar 100 W og venjuleg ljósapera 50 W. Sólarálag var reiknað miðað við töflu (sjá viðauka A) en ekki var miðað við neina skermun. Því er skermunarstuðull fyrir tvöfalt gler 0.81 fyrir kirkjuna og svo var gert ráð fyrir taugardínum í safnaðarheimi með stuðulinn 0.67 (sjá töflu í viðauka). Samkvæmt töflum um kjörhita og varmagjöf frá kirkjugestum er kjörhitastig við slíkar aðstæður 20,7 °C. Til að reikna kælipörf er notast við jöfnu 3.

$$Q_{tot} = Q_{fólk} + Q_{sól} + Q_{ljós} + Q_{tæki} - Q_{varmatap} \quad (10)$$

Þar sem Q_{tot} er varmamyndun og kælipörf, $Q_{fólk}$ er varmamyndun frá fólki, $Q_{tæki}$ er varmamyndun frá hljóðkerfi kirkjunnar, $Q_{ljós}$ er varmamyndun frá ljósabúnaði. Þar sem það er um það bil sami fjöldi kastara og ljósapera var tekið meðaltal þeirra inn í útreikninga. $Q_{sól}$ er varmamyndun frá sólu og er það reiknað með **jöfnu 4.[2]** :

$$Q_R = [I_{max} * F_1 + (F - F_1) * I_{Diff max}] * k_1 * k_{2max} \quad [W] \quad (11)$$

Þar sem :

I_{max} = Mesta sólargeislun, samkvæmt töflu fyrir sólarálag í gegnum einfalt gler sem snýr í ákveðna átt. [W/m²].

$I_{diff max}$ = Mesta óbeina geislun (diffuse), samkvæmt töflu fyrir sólarlag í gegnum einfalt gler sem snýr í ákveðna átt [W/m²].

k_2 = Ísogsstuðull húsbyggingar, samkvæmt töflum fyrir k_2 , gerður er greinamunur á 24 klst. og 12 klst. rekstrartíma loftræsikerfis. Gengið er út frá því að herbergishiti sé stöðugur. Ísogstuðullinn er háður þyngd byggingar, hér 750kg/m² sem er fyrir þunga byggingu (steinsteypt bygging).

F = Heildarglerflötur.

F1 = Glerflötur sem sól skín á.

Niðurstöður má svo sjá í töflum 7 og 8 :

	n	W	m ² gler	k1	k2	lmax	ldiff max	W
Qfólk	550	102	-	-	-	-	-	56.100
QSól	-	-	126	0,81	0,71	715	725	51.811
Qtæki	23	50	-	-	-	-	-	1.150
Qljós	20	400	-	-	-	-	-	8.000
Qvarmatap								71.439
Qtot								57.622

Tafla 7 kæliþörf kirkju

	n	W	m ² gler	k1	k2	lmax	ldiff max	W
Qfólk	200	102	-	-	-	-	-	20.400
QSól	-	-	50	0,67	0,71	715	725	17.006
Qtæki	20	50	-	-	-	-	-	1.000
Qljós	20	75	-	-	-	-	-	1.500
Qvarmatap	-	-	-	-	-	-	-	10.784
Qtot								29.123

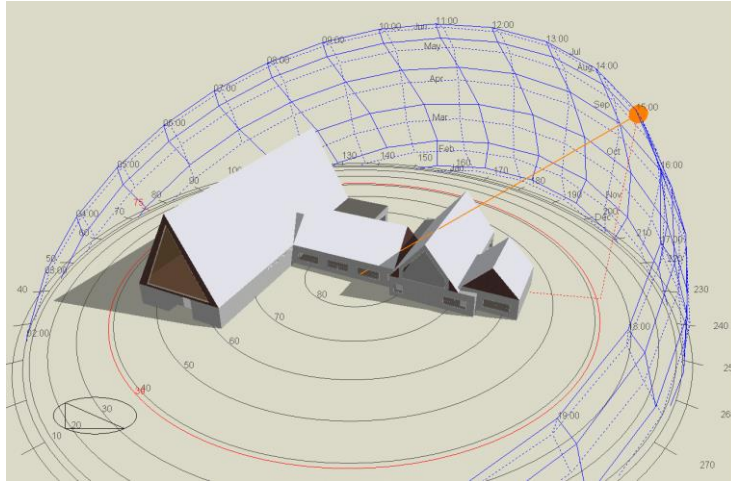
Tafla 8 kæliþörf stóra salsins

Eins og sést í töflum 7 og 8 þá er kæliþörfin í kirkjunni 57.6 KW og í sal safnaðarheimilils 29.1 KW.

Hermun með DesignBuilder

DesignBuilder er forrit sem ætlað er verkfræðingum og arkitektum til að forhanna hús og herma. Hermun á fyrri stigum hönnunar getur leitt ýmsa vankanta í ljós og er *DesignBuilder* kjörið verkfæri til að ná fram hagkvæmri lausn í hönnun húsa. Forritið býður upp á marga möguleika til að herma sólarálag, veðurfar, hitakerfi og margt annað. Til dæmis er hægt að gera ágætis CFD greiningu á húsnaði að innan sem að utan. Til að fá sem líklegustu niðurstöðuna þarf að setja það efni sem notað er í bygginguna inn í forritið. Þannig verður líkanið hvað líkast raunveruleikanum og niðurstaðan nákvæmari.

Við þetta verkefni var eingöngu verið að falast eftir orkunotkun, loftskiptum ásamt kæliþörf Langholtskirkju. Til að fá líkanið sem nákvæmast var kirkjan teiknuð upp í *AutoCad* og færð inn í hermunarforritið *DesignBuilder* þar sem húsið var teiknað upp. Reynt var að líka sem best eftir byggingarformi og efni hússins. Forritið hefur aðgang að veðurmælingum um allan heim og eru þó nokkrar veðurstöðvar á Íslandi tengdar við gagnagrunninn. Notast var við veðurstöð 1475 sem gerir veðurathuganir fyrir Faxaflóa.



Mynd 22 Langholtskirkja teiknuð í DesignBuilder

Helstu niðurstöður hermunar má sjá í töflu 9.

Varmatap	137,4	KW
Loftskipti	0,432	ac/h
m ³ vatns á ári	2400	m ³

Tafla 9 Niðurstaða hermunar

Hermun leiddi í ljós að loftskipti eru um 0.4 á klukkustund sem er eðlileg niðurstaða miðað við að hafa enga loftræsingu. Niðurstaða Hermunar staðfesti einnig þá varmataps útreikninga sem gerðir voru. Einnig kom í ljós að heildar vatnspörf Langholtskirkju til upphitunar er 2400 m³ á ári. Nánar má glöggva sig á niðurstöðum hermunar í viðauka D.

Útreikningar á ofnum

Til að reikna út gildi varmagjafar frá ofnum kirkjunnar var notast við töflur úr bókinni *Hitun húsa*. Samkvæmt þeim er reiknað W/rif í rifjaofni (pottofni) og ákveðið W/m í stálplötuofnum. Var tekið með í reikninginn ef ofnar voru byrgðir á einhvern hátt. Niðurstöður má sjá í töflu 10.

Varmagjöf frá pottofnum og stálplötu ofnum m.v. $\Delta T = 40^\circ\text{C}$									
rými	hæð	þykkt	fj. Rifja	fj. Ofna	lengd	W/rif	W/m	töp %	varmagjöf
Kirkja	260	1x	-	7	31		212,5	-	6587,5
Kirkja aðrir ofnar	450	2x		6	20,2		586	-	11837,2
Stóri salur	670	160	50	5	-	122	-	15	25925
Litli salur	600	2x	-	4	7	-	805	5	5353,25
Baðstofa	600	2x	-	8	16	-	791	25	9492
Anddyri SH	600	160	30	1	-	-	122	-	3660

Tafla 10 Varmagjöf frá ofnum

Þessu til viðbótar er gólfhiti í kirkju og anddyri safnaðarheimilis.

Gólfhiti í kirkju

Reiknað var hvað gólfhiti kirkjunnar er að gefa frá sér. Til þess var notast við hitamyndavél og yfirborðshiti mældur. Teknar voru mælingar á lofthita með hitamæli yfir þeim stöðum sem hitamyndirnar voru teknar.

Til að reikna W/m^2 var notast við eftirfarandi jöfnu :

$$q = K(t_y - t_i) \quad [W/m^2] \quad (12)$$

Þar sem :

$$q = W/m^2$$

$$K = \text{Varmflutningsfasti } 8,98$$

$$t_y = \text{Yfirborðshiti gólfs } [^\circ\text{C}]$$

$$t_i = \text{Herbergishitastig } [^\circ\text{C}]$$

Niðurstöður má sjá í töflu 11.

	t_y	t_i	q [W/m^2]
1	25	22	26,94
2	26	22	35,92
3	23	21	17,96
4	22	21	8,98
5	22	21	8,98
6	22	21	8,98
Meðaltal			18,0

Tafla 11 Gólfhiti kirkju

Gólfhitinn nær yfir 420 m² flöt og má því reikna með að hann skili um 7560 W í varma til kirkjunnar ef hann hefði í fulla virkni. Hitinn í gólfi kirkjunnar er virkur að hluta. Slaufur 7, 6,5,3 og 2 virka ekki. Á hitamyndum sést að vatn nær að slaufunum en ekki inn í þær (sjá lagnateikningu í viðauka E). Þetta má útskýra með því að slaufurnar fá ekki nægilegt vatn til að fæða gólfhitann. Til að reikna út flæðið sem gólfhitinn fær er notast við eftirfarandi jöfnu:

$$Q = \dot{m} * c_p * \Delta T \quad [\text{W}] \quad (13)$$

Þar sem :

$$Q = \text{Heildarvarmi ofnakerfis} \quad [\text{W}]$$

$$\dot{m} = \text{Flæði} \quad [\text{L/s}]$$

$$c_p = \text{Eðlisvarmi vatns} = 4187 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

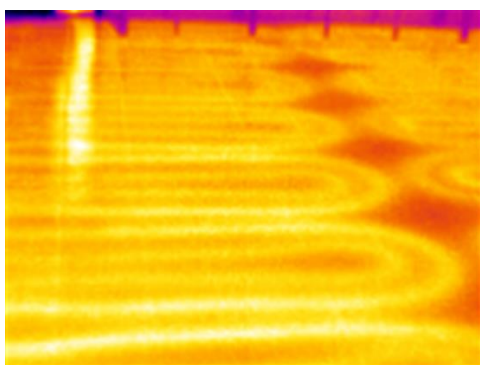
$$\Delta T = \text{Hitamunur bak- og framrásar} \quad [^\circ\text{C}]$$

Flæði	0,15	L/s
Nauðsynlegt flæði	0,19	L/s

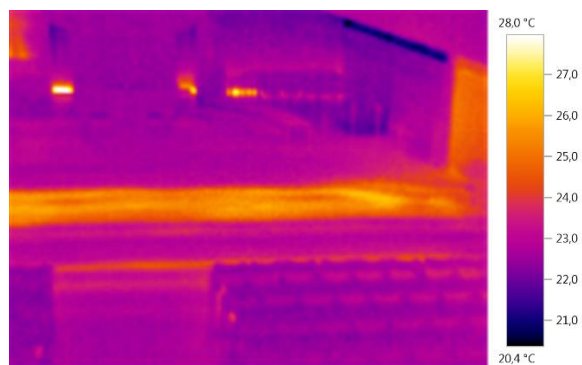
Tafla 12 flæði gólfhita

Ofnakerfið er því eingöngu að gefa frá sér 0.15 L/s en nauðsynlegt rennsli er 0.19 L/s í hverja slaufu. Bakrásarlokarnir ættu að hleypa framrásarvatni inn á kerfið en svo er ekki.

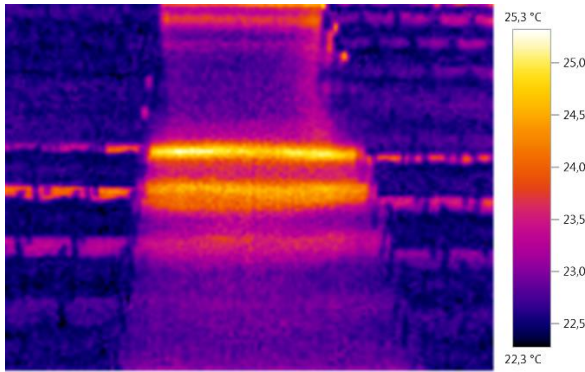
Gólfhitakerfið er samsett úr 7 slaufum, hver um sig 170 m þannig að vatnið fer bara í tvær slaufur og nær aldrei að fylla upp í tómið sem myndast í hinum slaufunum. Til að fæða kerfið þarf að setja dælu sem getur afkastað 3.5 l/s ásamt því að setja hringrás á kerfið.



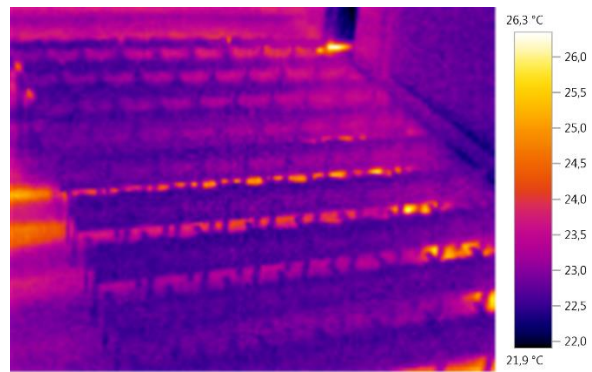
Mynd 23 Anddyri safnaðarheimilis



Mynd 24 Altari kirkjunnar 1 pallur



Mynd 25 gangur kirkjunnar



Mynd 26 hiti í kirkju gólfi

Gólfhiti í anddyri safnaðarheimilis

Í anddyri safnaðarheimilis er gólfhiti sem var endurnýjaður árið 2006. Samkvæmt teikningum þá gefur hann 48 W/m² eða 4,2 KW í heildina.

7. Snjóbræðsla

Hellulagt plan er upphitað frá anddyri kirkjunnar að anddyri safnaðarheimilis. Innspýting frá veitum er á kerfið eða um 0,2 l/s. Ekki eru til teikningar af planinu né hvernig snjóbræðsla er lögð.

8. Rekstrarkostnaður

Vatn

Samkvæmt reikningum kirkjunnar er kostnaður frá veitum um 81.200 kr. á mánuði, verð á rúmmetra vatns er 141.20 kr. sem gera þá um 7000 m³ af vatni á ári. Varmagjöf frá ofnum er 86.3 KW og ef miðað er við 40°C kælingu á vatni gegnum kerfi hússins þá gerir það um 46,5 KWh á hvern m³ vatns. Árlega notar húsið því um 2000 m³ af vatni til upphitunar. Þar munar því um 4000 m³ af vatni árlega og er það notað til snjóbræðslu. Það passar því ef snjóbræðsla er í notkun 8 mánuði á ári þá notar hún 4200 m³ á ári ef við miðum við 0.2 sekúndulíttra í innspýtingu.

Rafmagn

Húsið notar 112.000 KWh á ári í rafmagn eða 93 KWh/m². Samkvæmt hermun er rafmagnsnotkun húsnæðis af þessari stærð 127.300 KWh á ári. Ef loftræsing væri höfð í gangi allt árið myndi það auka kostnað umtalsvert eða 96.600 kr á ári. Með því að keyra loftræsinguna eingöngu við fjölmenna atburði ætti kostnaður að haldast í lágmarki.

9. Niðurstöður

Niðurstöður gefa til kynna að ekki er brýn þörf á að skipta út ofnum eða loftræsingunni í Langholtskirkju. Fjárhagur kirkjunnar hefur ekki breyst ýkja mikið síðan árið 1959 þegar Helgi Þorláksson, formaður sóknarnefndar lét hin fleygu orð falla „*mörg dökk ský grúfa yfir fjárhag okkar en vonandi birtir brátt aftur*“ . Á því verður varla breyting næstu árin. Því verða niðurstöður að teljast góðar fréttir fyrir söfnuðinn. Ef við skoðum útreiknað viðmiðunarvarmatap og berum saman við það sem ofnar kirkjunnar eru að skila kemur í ljós að aðeins þarf að skoða gólfhita kirkjunnar. Þó svo að fersksloftspörf kirkjunnar sé umtalsvert meiri en loftræsing er hún skárri valkostur en ekkert kerfi.

Undanfarin ár hefur verið slökkt á loftræsingunni og hefur vist í húsinu verið viðunandi. Hermun leiddi í ljós að 0,42 loftskipti á klukkustund nægja miðað við venjulega starfsemi. Þegar jaðartilvik eru við stærri athafnir og þess krafist að loftskipti séu tíðari er gott að geta gripið í ferskan innblástur frá loftræsingunni. Loftræsingin virkar vel og hefur verið yfirfarin reglulega gegnum árin, eingöngu þarf að halda því viðhaldi áfram svo hægt verði að grípa til hennar um ókominn ár.

Rými	Reiknað varmatap [W]	Reiknuð varmagjöf ofna [W]	Gólfhiti [W]	Mismunur [W]	Fersklofts þörf [l/s]	Afköst loftræsikerfis [l/s]	Kælipörf [W]
Kapella	2119	4530		2411			
Andyri	1129		x	-1129			
Salerni	2482	4880		2398			
Kirkja	71439	18424,7	7560	-45454,3	5694	2195	13967
Söngur	1315	3250		1935			
Kór	3010	4230		1220			
				0			
Samkomusalur	10784	25925		15141	1464	0	13437
skáli	4386	3660	4200	3474			
salur	5073	5353		280			
Eldhús	1275	1250		-25			
Prestur	345	750		405			
Karlar	408	1523		1115			
Konur	403	1523		1120			
				0			
Baðstofa	3382	9492		6110	-	0	-
Organisti	353	750		397			
Æskulýðsprestur	336	750		414			

Tafla 13 Niðurstöður

Til að ná upp fullnægjandi varmagjöf í kirkjuna þarf að laga gólfhitakerfi kirkjunnar. Tillaga að því er í næsta kafla.

10. Úrbætur

Loftræsing

Það er mat höfundar að ekki þurfi að fara í gagngerar endurbætur á loftræstikerfi þar sem virkni þess er góð. Hagkvæmt er að geta kveikt á kerfinu þegar fjölmennar athafnir fara fram í kirkjunni og auðvelt að halda hitastigi niðri með því að dæla inn köldu lofti að utan. Einnig verða loftgæði mun betri fyrir vikið. Koma þarf fyrir brunaloku á loftstokknum inn í kirkjunni til að koma í veg fyrir að sóti og reyk verði blási inn í kirkjuna ef eldsvoði kæmi upp í safnaðarheimili. Passa þarf að þrifa stokka með reglulegu millibili og að skipta út loftsíum þegar við á. Skoða þarf hvort hægt er að koma fyrir brunaloku milli safnaðarheimilis og

kirkju. Þó svo að kerfið sé í gangi getur myndast trekkur sem myndi þá drag sót og reyk inn í kirkjurýmið og öfugt við eldsvoða.

Höfundur leggur til að að sóknarnefnd hafi samband við *Rafstjórn* eða sambærilegan fagaðila til að þjónusta kerfið og halda því við. Þar sem ekki er ástæða til að keyra kerfið nema stöku sinnum ætti það að þjóna sínu hlutverki næstu tuttugu árin vandræðalaust sé því haldið við.

Skipta þarf út loftsíum og nota síugerð F7. Síur af þeirri tegund flokkast sem ryksíur og eru þær tilvaldar til að verja orgel og pípuverk þess fyrir ryki. Rétt val á síu getur því seinkað dýrum framkvæmdum við þrif á orgeli eins og nú er á fjárhagsáætlun kirkjunnar.

Bæta verður útsog á öllum baðherbergjum byggingarinnar. Samkvæmt BR þarf að blása 10 L/s fyrir hverja klósettskál ef salerni er ekki í íbúðarhúsnæði. Til að tryggja það að hávaðagildi fari ekki yfir 35 dB er mælt með að kjarnabora göt á útveggi salerna staðsett í safnaðarheimili og setja upp stokkblásara. Salerni kirkju og kórs hafa loftstokk og skipta þarf um blásara sem þjónusta þau rými. Gott aðgengi er að blásara kórsins en á salernum kirkjunnar þarf að taka niður panel ofan við anddyri kirkjunnar. Blásari í kór þarf að afkasta 60 L/s og í kirkju þarf blásari að afkasta 120 L/s. Í eldhúsi þarf að setja útsogsblásara sem afkastar 30 L/s. Tillögur að tækjum má sjá í tækjalista í viðauka C.

Ofnakerfi

Þar sem ofnakerfi er að mestu í lagi telur höfundur óþarft að skipta út ofnum. Pottofnar sem kynda upp safnaðarheimilið virðast allir vera við fína heilsu og nýverið búið að skipta út ofnlokum. Einnig er verið að vinna í því að skipta út glerjum í safnaðarheimili en rétt val á glerjum bætir einangrun húsa og kemur í veg fyrir að varmatap. Höfundur gerði við gólfhita í anddyri safnaðarheimilis, en þar var það stilliloki sem stóð á sér. Fyrrverandi kirkjuvörður hefur að öllum líkindum slökkt á gólfhita yfir sumartímann og gleymt að setja hann aftur af stað er haustaði.

Gólfhiti

Lagt er til að tengigrind gólfhita verði gerð upp. Þrýstiprófa þarf lagnir í gólfhitakerfi svo ekki verði vatnstjón þegar hleypt er á lagnirnar. Til að gólfhitinn virki þarf að gera nokkrar

breytingar á tengigrindinni. Tengja þarf bakrás gólfhitans þannig að hún myndi hringrás, setja upp dælu og stjórnbúnað ásamt þeim skynjurum og lokum sem við eiga. Dæla er sett til að ná fram jafnari hita og til að geta takmarkað framrásarhita vegna blöndunar við bakrásarvatnið. Núverandi kerfi býður upp á þann valmöguleika að skila fullum gólfhita með framrásarvatni frá veitu. Þannig getur gólfhitinn skilað um 80-100 W/m² eða um 32 – 40 KW inn í kirkjuna og bætt vist viðstaddra. Ráð er að þrýstiprófa slaufurnar þegar ráðist er í þessar framkvæmdir. Kostnaður við að ráðast í þessa framkvæmd er um 1 milljón króna. Ný tengimynd fyrir gólfhitann var gerð og má finna hana á aftast í Viðauka G.

Heimildir

- [1] Gunnlaugur V. Snævarr.(unknown). Saga Safnaðar [Rafrænt]. Af: <http://langholtskirkja.is/um-okkur/saga-safnadar/> . Sótt: 01.06.2016
- [2] ÍST 66 Varmatap húsa – Úreikningar, 66, Vantar ártal...
- [3] Byggingarreglugerð með áorðnum breytingum. 10.2.6.gr Loftræsing í skólum og sambærilegum byggingum.
- [4] Byggingarreglugerð með áorðnum breytingum. 13.3.3.gr Hámark U-gildis – viðhald og/eða endurbygging byggingarhluta.
- [5] Byggingarreglugerð með áorðnum breytingum. 10.2.8.gr[Rgl.nr. 1173/2012, 51. Gr]. Mesta leyfilegt magn CO₂ í innilofti.
- [6] VENTILATION STABI, 1.útgáfa.,Teknisk Forlag, Aarhus, 1994.
- [7] Loftræstitækni, Ragnar Ragnarsson, Ragnar Ragnarsson.
- [8] Hazim Awbi. 2003. VENTILATION OF BUILDINGS. Spoon Press. Kanada.
- [9] G.Halldórson,J. Sigurjónsson, Hitun Húsa, 2 útg.Keldnaholt Reykjavík:Rannsóknarstofa byggingariðnaðarins.1990
- [10] R.Gunnarsson,Hitamenning. Verkvangur Orkuþing 2001
- [11] staðall um gólfhitakerfi
- [12] S.Á.Sverrisson, Gerðir loftræsikerfa. iÐAN fræðslusetur.2006
- [13] Heating, Ventilation, and Air-Conditioning APPLICATIONS,x útg., American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., N.E,Atlanta 2007
- [14]] Heating, Ventilation, and Air-Conditioning SYSTEMS AND EQUIPMENT,x útg., American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., N.E,Atlanta 2008
- [15] Byggingarlykill Hannarrs. 1 JAN. 2016. Hannarr rágjafabjónusta, Reykjavík. 2016

3.5.5 Sólargeislun í gegnum einfalt gler

Máned	Klokkeslett	Solinnstráling í W/m ² gjennom enkelt vindusglass mot:								
		N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	HOR
15. maí	4 og 20	63	112	94	17	6	6	6	6	10
	5 » 19	153	424	434	178	27	27	27	27	68
	6 » 18	81	509	634	383	46	43	43	43	157
	7 » 17	60	454	714	554	81	56	56	56	267
	8 » 16	67	306	697	670	238	67	67	67	374
	9 » 15	76	131	601	722	421	79	76	76	466
	10 » 14	83	87	439	706	563	114	83	83	534
	11 » 13	87	87	225	625	652	292	87	87	577
	12	88	88	96	486	682	486	96	88	591
15. júní	4 » 20	203	347	285	47	19	19	19	20	43
	5 » 19	207	525	523	200	36	36	36	36	115
	6 » 18	106	553	667	386	52	50	50	50	214
	7 » 17	67	479	722	541	76	62	62	62	324
	8 » 16	72	328	694	647	209	72	72	72	428
	9 » 15	81	149	594	692	385	83	81	81	516
	10 » 14	87	92	433	674	525	107	87	87	582
	11 » 13	91	91	224	594	611	266	91	91	623
	12	92	92	100	455	640	455	92	92	637
15. júlí	4 » 20	153	265	220	37	14	14	14	15	30
	5 » 19	185	484	486	191	32	32	32	32	95
	6 » 18	95	531	648	381	49	47	47	47	191
	7 » 17	64	466	712	540	76	59	59	59	301
	8 » 16	70	318	689	649	217	70	70	70	406
	9 » 15	79	141	592	697	395	81	79	79	495
	10 » 14	85	90	432	680	534	108	85	85	562
	11 » 13	89	89	223	601	621	273	89	89	603
	12	90	90	98	463	651	463	98	90	618
15. ágúst	5 » 19	70	216	227	99	12	12	12	12	25
	6 » 18	53	414	532	335	35	33	33	33	98
	7 » 17	51	403	662	530	85	48	48	48	198
	8 » 16	60	272	670	663	255	60	60	60	305
	9 » 15	69	110	585	725	440	73	69	69	399
	10 » 14	76	80	430	715	583	119	76	76	470
	11 » 13	81	81	220	638	673	309	81	81	514
	12 » 12	82	82	89	501	704	501	89	82	529
64°	↑	N	NV	V	SV	S	SØ	Ø	NØ	HOR

Sólargeislun í gegnum einfalt gler [W/m² glerflatar]. Sólargeislunin er samanlögð geislun, þ.e. bein, óbein og endurvörpuð geislun frá umhverfi.

3.5.6 Afskermunarstuðlar

Skjermingsfaktor k_i			
Skjermingsinnretning	Skjermingsfaktor k_i		
	1-glassvindu	2-glassvindu	3-glassvindu
Ingen	1,00	0,90	0,81
Gardiner: beige bomull hvit syntetfiber mørk bomull	0,49 0,73 0,79	0,44 0,67 0,74	0,40 0,63 0,68
Persienner, innvendige lyse middels mørke	0,55 0,64 0,74	0,53 0,60 0,67	0,48 0,55 0,63
Persienner, mellom glass lyse middels mørke		0,31 0,33 0,37	0,26 0,29 0,35
Persienner, utvendige lyse	0,16	0,15	0,13
Markiser, utvendige lyse mørke	0,20 0,25	0,18 0,22	0,16 0,20
Absorpsjonsglass enkeltglass dobbelglass med utv. absorpsjonsglass	0,70	0,60	
Refleksjonsglass enkeltglass med metalloksyd ytterst dobbelglass med belegg av metalloksyd dobbelglass med belegg av edelmetall (eks. gull)	0,60	0,50 0,40	

For kombinasjoner av skjermingsinnretninger kan en regne med at resulterende skjermingsfaktor er lik produktet av de enkelte faktorer.

3.5.7 Ísogsstuðlar

Flate mot	Vekt kg/m ² golv	Innvendig avskjerming															Utvendig eller ingen avskjerming														
		Sóldid																													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
Nord- öst	750	.59	.67	.62	.49	.33	.27	.25	.24	.22	.21	.20	.17	.34	.42	.47	.45	.42	.39	.36	.33	.30	.29	.26	.25						
	500	.39	.69	.64	.52	.35	.29	.24	.23	.20	.19	.17	.15	.35	.45	.50	.49	.43	.42	.34	.30	.27	.26	.23	.20						
	150	.62	.80	.75	.60	.37	.25	.19	.17	.15	.13	.12	.11	.40	.62	.69	.64	.48	.34	.27	.22	.18	.16	.14	.12						
Øst	750	.31	.66	.77	.67	.57	.40	.29	.26	.25	.23	.21	.19	.36	.44	.50	.53	.53	.50	.44	.39	.36	.34	.30	.28						
	500	.52	.67	.73	.70	.58	.40	.29	.26	.24	.21	.19	.16	.34	.44	.54	.58	.57	.51	.44	.39	.34	.31	.28	.24						
	150	.53	.74	.82	.81	.65	.43	.25	.19	.16	.14	.11	.09	.36	.56	.71	.76	.70	.54	.39	.28	.23	.18	.15	.12						
Søröst	750	.20	.42	.59	.70	.74	.71	.61	.48	.33	.30	.26	.24	.34	.37	.43	.50	.54	.58	.57	.55	.50	.45	.41	.37						
	500	.18	.40	.57	.70	.75	.82	.63	.49	.34	.28	.25	.21	.29	.33	.41	.51	.58	.67	.61	.56	.49	.44	.37	.33						
	150	.09	.35	.61	.78	.86	.82	.69	.50	.30	.20	.17	.13	.14	.27	.47	.64	.75	.79	.73	.61	.45	.32	.23	.18						
Sør	750	.28	.25	.40	.53	.64	.72	.77	.77	.73	.67	.49	.31	.47	.43	.42	.46	.51	.56	.61	.65	.66	.65	.61	.54						
	500	.26	.22	.38	.51	.64	.73	.79	.79	.77	.65	.51	.31	.44	.37	.39	.43	.50	.57	.64	.68	.70	.68	.63	.55						
	150	.21	.29	.48	.67	.79	.88	.89	.83	.56	.50	.24	.16	.28	.19	.25	.38	.54	.68	.78	.84	.82	.76	.61	.42						
Sørvest	750	.31	.27	.27	.26	.25	.27	.50	.63	.72	.74	.69	.54	.51	.44	.40	.37	.34	.36	.41	.47	.54	.57	.60	.58						
	500	.33	.28	.25	.23	.23	.35	.50	.64	.74	.77	.70	.55	.53	.44	.37	.35	.31	.33	.39	.46	.55	.62	.64	.60						
	150	.29	.21	.18	.15	.14	.27	.50	.69	.82	.87	.79	.60	.46	.32	.25	.20	.17	.19	.39	.56	.70	.80	.79	.69						
Vest	750	.63	.31	.28	.27	.25	.24	.22	.29	.46	.61	.71	.72	.56	.49	.44	.39	.36	.33	.31	.31	.35	.42	.49	.54						
	500	.67	.33	.28	.26	.24	.22	.20	.28	.44	.61	.72	.73	.60	.52	.44	.39	.34	.31	.29	.28	.33	.43	.51	.57						
	150	.77	.34	.25	.20	.17	.14	.13	.22	.44	.67	.82	.85	.77	.56	.38	.28	.22	.18	.16	.19	.33	.52	.69	.77						
Nord- vest	750	.68	.28	.27	.25	.23	.22	.20	.19	.24	.41	.56	.67	.49	.44	.39	.36	.35	.30	.28	.26	.26	.30	.37	.44						
	500	.71	.31	.27	.24	.22	.21	.19	.18	.23	.40	.56	.70	.54	.49	.41	.35	.31	.28	.25	.23	.24	.30	.39	.48						
	150	.82	.33	.25	.20	.18	.15	.14	.13	.19	.41	.64	.80	.75	.53	.36	.28	.24	.19	.17	.15	.17	.30	.50	.66						
Nord og skygge	750	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.96	.75	.75	.79	.83	.84	.86	.88	.88	.91	.92	.93	.93						
	500	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.98	.81	.84	.86	.89	.91	.93	.93	.94	.94	.95	.95	.95						
	150																														

Tabell 6.11. Akkumuleringfaktor k_2 ved 12 timers drift, konstant romtemperatur

Ísogsstuðull k_2 við 12 klukkustunda rekstur loftræsikerfis og stöðugt hitastig.

Flate mot	Vekt kg/m ² golv	Innvendig avskjerming																	Utvendig eller ingen avskjerming																
		Sóldid																																	
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18								
Nord- öst	750	.47	.58	.54	.42	.27	.21	.20	.19	.18	.17	.16	.14	.12	.17	.27	.33	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.22	.20	.19	.17								
	500	.48	.60	.57	.46	.30	.24	.20	.19	.17	.16	.15	.13	.11	.19	.31	.38	.39	.36	.34	.27	.24	.22	.21	.19	.17	.16								
	150	.53	.76	.73	.58	.36	.24	.19	.17	.15	.13	.12	.11	.07	.31	.56	.65	.61	.46	.33	.26	.21	.18	.16	.14	.12	.09								
Øst	750	.39	.56	.62	.59	.49	.33	.25	.21	.20	.18	.17	.15	.12	.16	.26	.34	.39	.40	.38	.34	.30	.28	.26	.23	.22	.20								
	500	.40	.58	.65	.63	.52	.35	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.12	.16	.19	.40	.46	.46	.42	.36	.31	.28	.25	.23	.20	.18								
	150	.46	.70	.80	.79	.64	.42	.25	.19	.16	.14	.11	.09	.07	.27	.50	.67	.73	.68	.53	.38	.27	.22	.18	.15	.12	.09								
Søröst	750	.04	.28	.47	.59	.64	.62	.53	.41	.27	.24	.21	.19	.16	.08	.14	.22	.31	.38	.43	.44	.43	.39	.35	.32	.29	.26								
	500	.03	.28	.47	.61	.67	.65	.57	.44	.29	.24	.21	.18	.15	.05	.12	.23	.35	.44	.49	.51	.47	.41	.36	.31	.27	.24								
	150	.0	.30	.57	.75	.84	.81	.69	.50	.30	.20	.17	.13	.09	.0	.18	.40	.59	.72	.77	.72	.60	.44	.32	.23	.18	.14								
Sør	750	.06	.06	.23	.38	.51	.60	.66	.67	.64	.59	.42	.24	.22	.10	.10	.13	.20	.28	.35	.42	.48	.51	.48	.42	.37									
	500	.04	.04	.22	.38	.52	.63	.70	.71	.69	.59	.45	.26	.22	.07	.06	.12	.20	.30	.39	.48	.54	.58	.57	.53	.43	.37								
	150	.01	.21	.43	.63	.77	.86	.88	.82	.56	.50	.24	.16	.11	.0	.0	.12	.29	.48	.64	.75	.82	.81	.75	.61	.42	.28								
Sørvest	750	.08	.08	.09	.10	.11	.24	.39	.53	.63	.66	.61	.47	.23	.11	.10	.10	.10	.14	.21	.29	.36	.43	.47	.46	.40									
	500	.07	.08	.08	.08	.10	.24	.40	.55	.66	.70	.64	.50	.26	.09	.09	.08	.09	.09	.14	.22	.31	.42	.50	.53	.44									
	150	.03	.04	.06	.07	.09	.23	.47	.67	.81	.86	.79	.60	.26	.02	.03	.05	.06	.08	.12	.34	.53	.68	.78	.78	.68	.46								
Vest	750	.08	.09	.09	.10	.10	.10	.18	.36	.52	.63	.65	.55	.12	.11	.11	.10	.10	.10	.10	.13	.19	.27	.36	.42	.44									
	500	.07	.08	.08	.09	.09	.09	.18	.36	.54	.66	.68	.60	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.10	.12	.19	.30	.40	.48	.51									
	150	.03	.04	.06	.07	.08	.08	.19	.42	.65	.81	.85	.74	.02	.03	.05	.06	.07	.07	.08	.14	.29	.49	.67	.76	.75									
Nord- vest	750	.08	.09	.10	.10	.10	.10	.16	.33	.49	.61	.60	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.12	.17	.25	.34	.39										
	500	.07	.08	.09	.09	.10	.10	.16	.34	.52	.65	.64	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.11	.19	.29	.40	.46										
	150	.03	.03	.07	.08	.09	.10	.17	.39	.63	.80	.79	.02	.04	.05	.07	.08	.09	.10	.10	.13	.27	.48	.65	.73										
Nord og skygge	750	.08	.37	.67	.71	.74	.76	.79	.81	.83	.84	.86	.87	.88	.16	.23	.33	.41	.47	.52	.57	.61	.66	.69	.72	.74	.59								
	500	.06	.31	.67	.72	.76	.79	.81	.83	.85	.87	.88	.90	.91	.11	.33	.44	.51	.57	.62	.66	.70	.74	.76	.79	.80	.60								
	150	.0	.25	.74	.83	.88	.91	.94	.96	.96	.98	.98	.99	.99	.0	.48	.66	.76	.82	.87	.91	.93	.95	.97	.98	.98	.52								

Tabell 6.10. Akkumuleringfaktor k_2 ved 24 timers drift, konstant romtemperatur

Ísogsstuðull k_2 við 24 klukkustunda rekstur loftræsikerfis og stöðugt hitastig.

Virðni	Klæðnaður	Hlutfallslegur lofthraði [m/s]	Kjörhiti (meðalgeislunarhiti = lofthiti) [°C]	Lækkun lofthita við 1°C aukningu á meðalgeislunarhita [°C]	Varmgjöf frá meðalmanneskju (meðalgeislunarhiti = lofthiti)				Alls [W]
					Flæði [W]	Geislun [W]	Uppgufun [g/klst] [W]		
Stíjandi, 1 kyrrstöðu (1 met)	Nekt	<0,1	28,8	1,00	36	38	40	27	102
		0,3	30,1	0,60	47	29			
		0,5	30,7	0,45	51	24			
		1,0	31,4	0,35	57	20			
	0,5 clo	<0,1	26,2	0,95	36	37	42	28	
		0,3	27,4	0,60	47	28			
		0,5	27,9	0,45	50	23			
		1,0	28,5	0,35	56	19			
	1,0 clo	<0,1	23,3	0,95	36	35	44	30	
		0,3	24,5	0,60	45	27			
		0,5	25,0	0,45	50	22			
		1,0	25,6	0,30	55	17			
1,5 clo	<0,1	20,7	0,90	36	34	46	31		
	0,3	21,8	0,55	45	26				
	0,5	22,3	0,40	50	21				
	1,0	22,8	0,30	55	16				
Meðalvirðni (2 met)	Nekt	<0,1	24,4	1,00	59	65	115	77	204
		0,3	26,2	0,65	76	51			
		0,5	27,1	0,50	83	44			
		1,0	28,2	0,35	93	35			
	0,5 clo	<0,1	19,9	0,95	60	63	120	80	
		0,3	21,6	0,60	76	48			
		0,5	22,4	0,50	83	41			
		1,0	23,3	0,35	92	33			
	1,0 clo	<0,1	15,3	0,90	60	59	123	83	
		0,3	16,9	0,55	76	45			
		0,5	17,7	0,45	83	38			
		1,0	18,6	0,30	91	30			
1,5 clo	<0,1	10,9	0,85	62	57	126	84		
	0,3	12,5	0,50	77	43				
	0,5	13,2	0,40	83	36				
	1,0	14,0	0,30	91	29				
Mikil virðni (3 met)	Nekt	0,3	22,1	0,60	107	67	192	129	306
		0,5	23,4	0,50	117	60			
		1,0	24,9	0,35	130	48			
	0,5 clo	0,3	15,7	0,60	108	64	198	133	
		0,5	16,8	0,45	119	55			
		1,0	18,2	0,35	130	44			
	1,0 clo	0,3	9,3	0,60	110	59	202	135	
		0,5	10,4	0,45	120	51			
		1,0	11,7	0,30	131	40			
	1,5 clo	0,3	3,2	0,45	113	56	205	137	
		0,5	4,2	0,65	122	47			
		1,0	5,4	0,25	131	37			

Kjörhiti og varmagjöf frá föiki (termisk komfort, skv. P. O. Fanger)

Inngangur

Um er að ræða hönnun og úttekt á lagna og loftræstikerfi Langholtskirkju og safnaðarheimilis. Safnaðarheimili er byggt 1956 og eru lagnir og ofnar upprunalegir að undanskildum ofnlokum sem skipt var um síðastliðið vor.

Lagnir og loftræsing

Forsendur og öflun gagna

Aflað hefur verið nauðsynlegra gagna þannig að tryggt sé að réttar upplýsingar og gögn varðandi lagnir og loftræsingu liggja fyrir áður en vinna við hönnun hefst. Um eftirfarandi gögn er að ræða:

Aðalhönnuðir

- Afstöðumynd - komin
- Grunnmyndir og snið - komin
- Hæðakótar - komnir
- Brunatæknilegar forsendur skv. aðaluppdráttum eða greinagerð á ekki við
- Kólnunartölur byggingarhluta - Ekki til
- Inntaksstaðir - komið

Tæknideild sveitarfélags

- Mæliblað - ekki til
- Hæðablað með upplýsingum um fráveitutengingar - á ekki við
- Legu-, hæðakóta og stærðir fráveitu- á ekki við
- Gerð fráveitu,tvöfalt kerfi
- Afrennsli hitaveitu- nýtt til snjóbræðslu

Reglugerðir, staðlar og leiðbeiningar

- Lægsti útihiti -15°C
- Mesti útiloftshiti + 18°C
- Innihiti 20-26°C
- Gólfhitakerfi er hönnuð skv. IST EN 1264-1,2,3,4:1997
- Ofnakerfi eru hönnuð skv. IST 66 DS 418:2002

- Neysluvatnskerfi er hönnuð skv. IST 67 DS 439:2000
- Byggingarreglugerð viðeigandi kaflar
- Handbækur o.þ.h Ventilation Stabi, Vand og aflob Stabi

Lýsing á gerð gæðum lagnakerfa

Kerfisnúmer

Öll lagnakerfi hússins fá númer.

Kerfisnúmer	Kerfisheiti	Hlutverk kerfis	Staðsetning aðalbúnaðar	Þjónustusvæði
320.001	Húsveitugrind	Umgjörð um stjórnbúnað hitakerfa	Í kjallara í lagnarými	Vatnskerfi hússins
310.001	Heitt neysluvatn	Sjá húsinu fyrir heitu neysluvatni	Í kjallara í lagnarými	Allt húsið
310.002	Kalt neysluvatn	Sjá húsinu fyrir köldu neysluvatni	Í kjallara í lagnarými	Allt húsið
320.010	Ofnakerfi - Hitablásari	Grunnhitun	Tengingar eru á húsveitugrind	Allt húsið
360.003	Útsog	Útsog af baðh. Og Eldh.		
320.040	Snjóbræðslukerfi	Bræða snjó af	Í lagnarými í kjallara	Gangstéttar við hús

		gangstéttum		
--	--	-------------	--	--

Snjóbræðslukerfi

Snjóbræðsla er á hellulögðu svæði framan við kirkju að anddyri safnaðarheimilis til bílastæðis.

Gólfhitakerfi

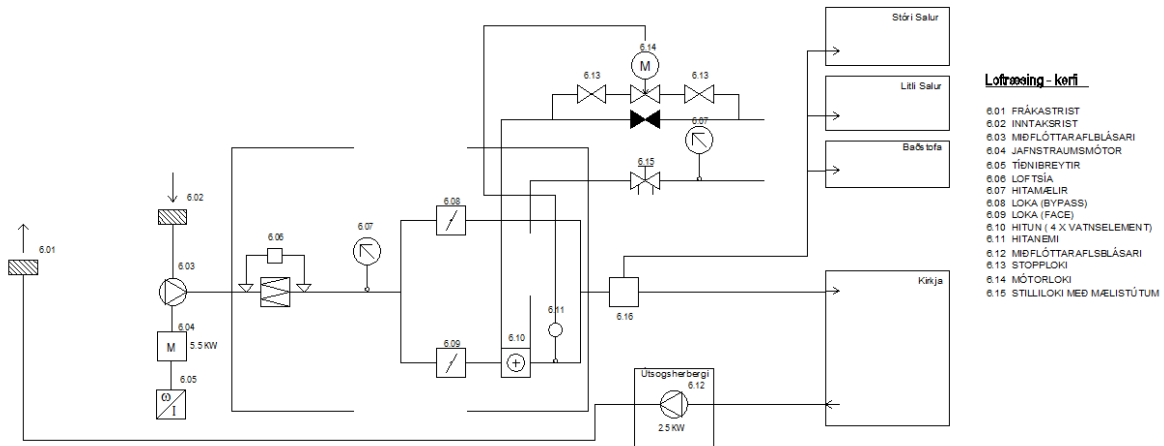
Gólfhitakerfi er í anddyri safnaðarheimilis og í kirkjugólfi. Deilikista fyrir anddyri er í loftræstirými bakvið loftræstistokk. Deilikista kirkjugólfs er í lagnarými á hægri hönd við inngang í kirkju frá sal SH. Þarf að þrýstiprófalagnir og setja móturloka og dælu til að kerfi virki.

Ofnakerfi

Ofnakerfi er hefðbundið með stállögnum. Í kirkju er gólfhitakerfi sem þarf að þrýstiprófa og koma fyrir dælu og móturloka á lagnagrind. Lagnaleið liggur í kanal meðfram safnaðarheimili.

Viðauki C

Setja hér kerfismynd af loftræsikerfi teikna í AutoCAD og útreikninga á dælustærð fyrir gólfhitakerfið ásamt kostnaðar áætlun fyrir endurgerð á gólfhita. Tækjalista fyrir gólfhita og loftræsikerfi. Þ.e brunaloku og svo fyrir útsog a baðherbergjum. Setja svo Lagnateikningu með öllum kerfum hér.



Mynd 27 Kerfismynd loftræsing

TÆKJALISTI- HRINGRÁSARDÆLUR													
KERFI	NÚMER TÆKIS	GERÐ	ÞJÓNUSTAR	STAÐSETNING	AFKÖST							VIÐMIÐUNARTÆKI GRUNDFOS	Ath.
					RENNSLI [l/s]	ÞRÝSTINGUR [kPa]	TENGINGAR [mm]	AFLOÐÖRF[kW]	VOLT/AMPER	FASAR	AFKASTA STÝRING		
360.01	-JP401	ÞURR MÓTOR	KÆLI Á LOFTRÆSIK.	Í GÓLFHITAKLEFA	3,5	40	DN40	0,227	440V/0,65A	3	ENGIN	MAGNA3 40-80 F	1
360.01	-JP402	VOTMÓTOR	HITAKERFI F. LOFTH.										
360.02	-JP401	VOTMÓTOR	FROSTL. HITARA										

Ath.
1 KALT VATN
2 VATN
3 FROSTLÖGUR 33%

Tafla 14 Tækjalisti hringrásardæla gólfhita

Hér að neðan er kostnaðargreining á því hvað að kostar að laga gólfhita kirkjunar.

NÚMER TÆKIS	GERÐ	VERÐ
501	STJÓRNSTÖÐ ECL 200	131.647 kr.
502	ÚTIHITASKYNJAR	35.273 kr.
504	MÓTORLOKI 25mm	97.569 kr.
505	EINSTEFNULOKEI 50 MM	10.385 kr.
506	EINSTEFNULOKEI 50 MM	10.385 kr.
507	EINSTEFNULOKEI 25 MM	4.391 kr.
508	DÆLA AFKÖST 210 L/mín	413.227 kr.

509	FRAMRÁSARHITASKY NJARI	31.897 kr.
510	BAKRÁSARHITASKY NJARI	31.897 kr.
511	INNIHITASKY NJARI	32.385 kr.
-	PRÓFANIR OG GANGSETNING	192.780 kr.
	SAMTALS	991.836 kr.

Tafla 15 KOSTNAÐUR SKV HANNARR [15]

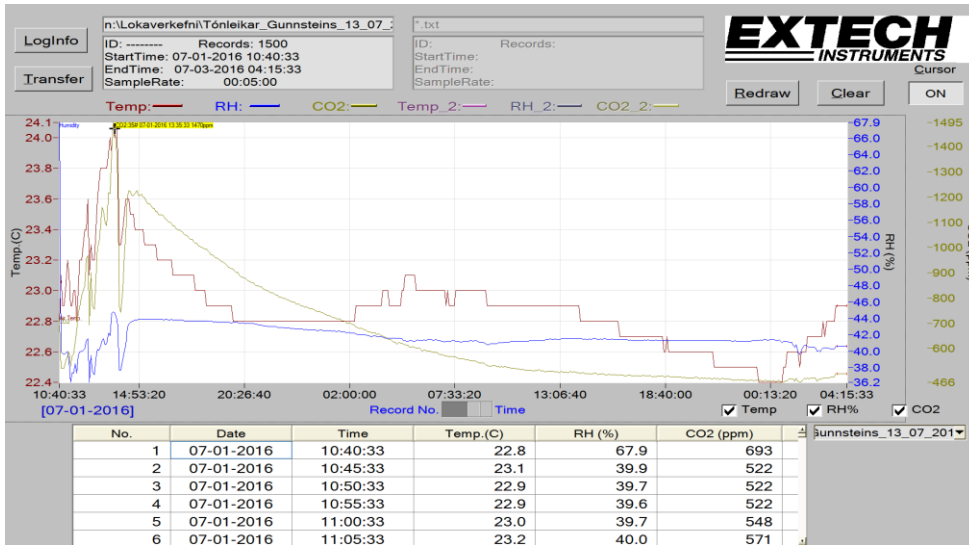
ÚTSOG TÆKJALISTI

TÆKALISTI- BLÁSARAR

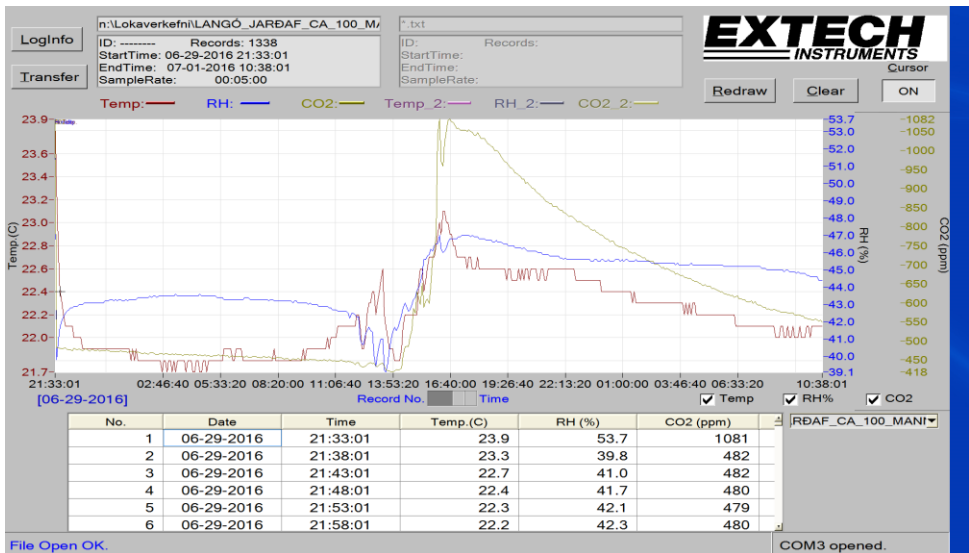
KERFI NÚMÉR TÆKIS	GERÐ	ÞÍÐNUSAR STADSETNING	AFKÖST				MÓTOR				HLÓÐAFL [l/wAg]	ÞVINGD [kg]	VIÐMÍÐUNARTÆNI ROSENBERG	Ath.		
			LOFTMAGN [l/s]	ÞRÝSTINGUR [Pa]	SNÚNINGSHRAÐI [r/m]	HELDARVÝTNI [%]	AFÞÖRF[KW]	VOLT/AMPER	FASAR	ARKASTA STÝRING						
360.01	-JV501	BLÁSARI	ÚTSOG	KÖR	60	40	888	27	0.21	230/0.9	1	TÍÐNIBRETTIR	35.2	-	Z200 E1	1,4
360.01	-JV502	BLÁSARI	ÚTSOG	SALENNI	30	80	1493	20	0.1	230/0.43	1	TÍÐNIBRETTIR	31	-	Z125 E1	1,4
360.01	-JV503	BLÁSARI	ÚTSOG	SALENNI	30	80	1493	20	0.1	230/0.44	1	TÍÐNIBRETTIR	32	-	Z125 E2	1,4
360.01	-JV504	BLÁSARI	ÚTSOG	EIÐHÚS	30	80	1493	20	0.1	230/0.45	1	TÍÐNIBRETTIR	33	-	Z125 E3	1,4
360.01	-JV505	BLÁSARI	ÚTSOG	SALENNI	120	40	1997	14	0.32	230/1.4	1	TÍÐNIBRETTIR	50	-	Z250 E2	1,4

ATH

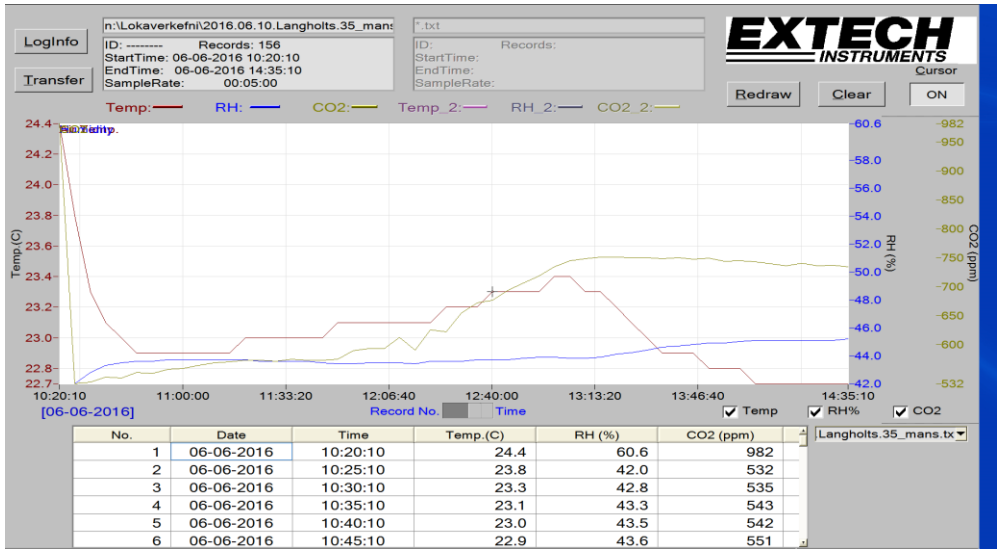
- 1 ECGHRAÐASTÝRING FLYGIR EÐA TÍÐNIBRETTIR ÞAR SEM ÞAÐ Á VÍÐ
- 2 SETJA SKAL BLÁSARA Í HLÓÐENAGRDAN KASSA
- 3 HLÓÐ ÁN KASSA
- 4 STIGLAUS HRAÐABRETTIR



Mynd 28 mælingar 13.07.16



Mynd 29 Mælingar 07.06.16



Mynd 30 Mælingar 10.06.16

Program Version: **EnergyPlus, Version 8.3.0-6d97d074ea, YMD=2016.08.19 22:27**

[Table of Contents](#)

Tabular Output Report in Format: **HTML**

Building: **Building**

Environment: **LANGHOLTSKIRKJA (01-01:31-12) ** REYKJAVIK - ISL IWEC Data WMO#=-040300**

Simulation Timestamp: **2016-08-19 22:28:02**

Report: **Annual Building Utility Performance Summary**

[Table of Contents](#)

For: **Entire Facility**

Timestamp: **2016-08-19 22:28:02**

Values gathered over **8760.00** hours

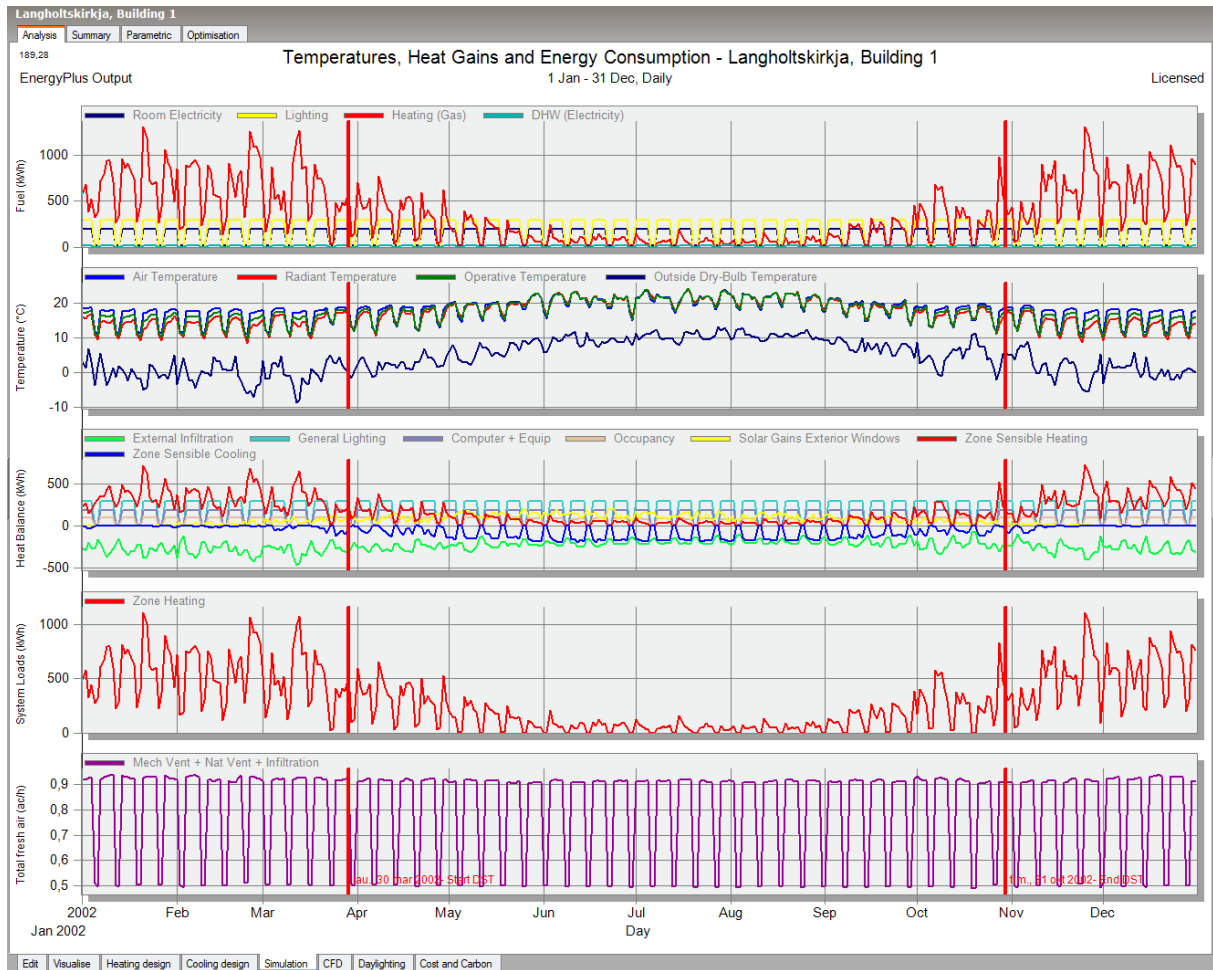
Site and Source Energy

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	242139.02	199.47	226.82
Net Site Energy	242139.02	199.47	226.82
Total Source Energy	818103.92	673.95	766.34
Net Source Energy	818103.92	673.95	766.34

Site to Source Energy Conversion Factors

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.250
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Mynd 31 Design Builder Orkunotkun

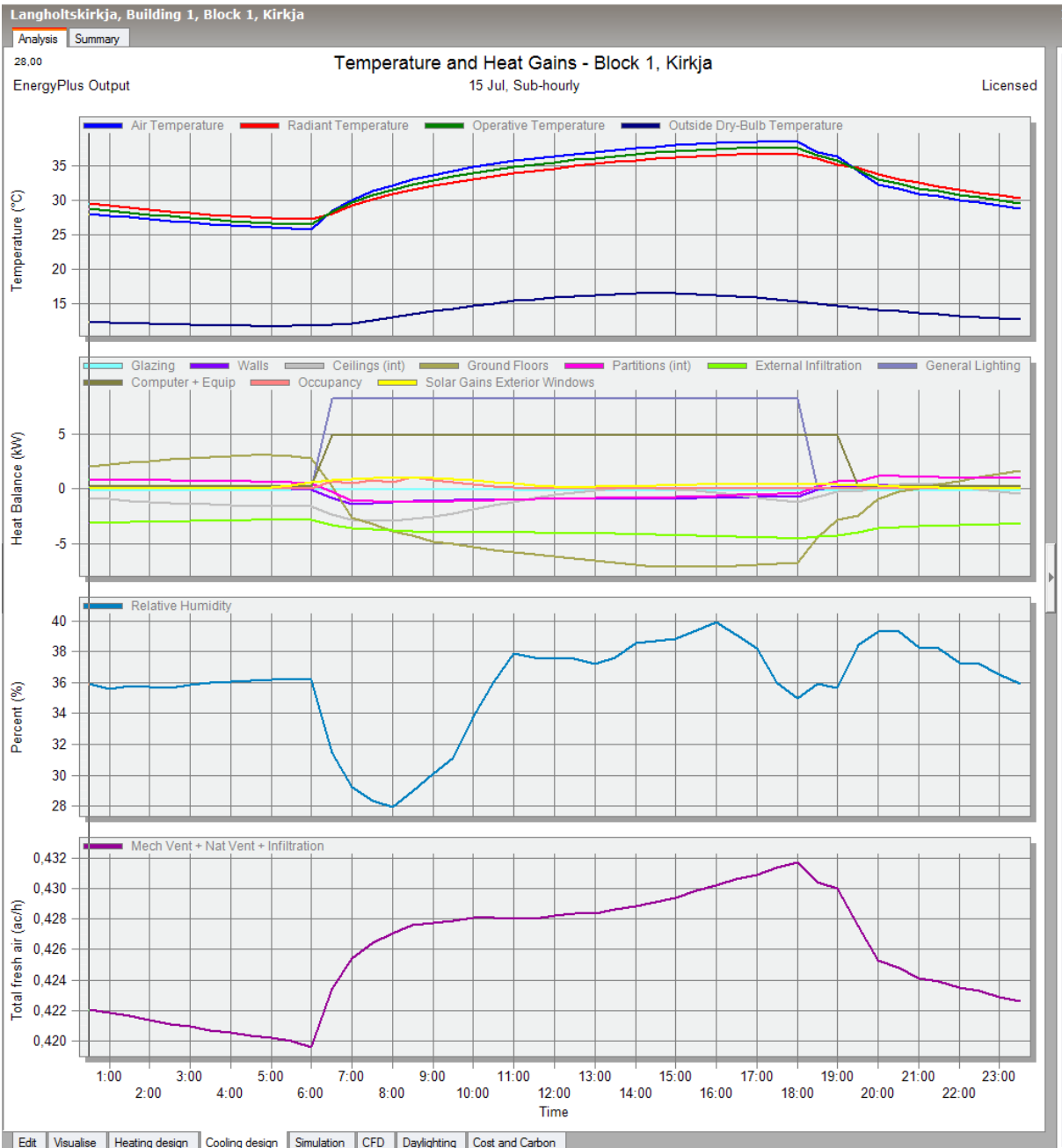


Mynd 32 Design Builder Hermunar niðurstöður fyrir 1 ár

Langholtskirkja, Building 1, Block 1, Kirkja

Steady-state		Summary		
Zone	Comfort Temperature (°C)	Steady-State Heat Loss (kW)	Design Capacity (kW)	Design Capacity (W/m2)
- Building 1 Total Design Heating Capacity = 137,420 (kW)				
- Block 1 Total Design Heating Capacity = 137,420 (kW)				
Kirkja	20,22	38,60	48,25	116,2575
Kór	20,91	3,69	4,61	115,0126
Stóri salur	20,12	17,85	22,31	122,7502
Eldhús	19,59	4,01	5,01	162,5341
andyni Safnaðarheimilis	19,71	12,71	15,88	149,6573
Sóknarprestur	20,11	2,32	2,90	150,6947
Litli Salur	19,90	8,21	10,27	134,3236
WC Karlar	19,94	1,92	2,39	171,6609
Zone 9	20,47	0,29	0,37	239,4915
Organisti	20,38	3,01	3,76	139,6434
WC konur	19,24	2,36	2,94	214,1534
Zone 16	21,38	0,25	0,31	117,6239
Zone 4	21,33	0,25	0,32	120,4656
WC	20,74	2,43	3,04	119,9818
Kapella	20,44	4,29	5,36	126,8273
Anddyri kirkju	20,29	5,02	6,28	134,3318
Kirkjuvörður	20,50	1,90	2,37	132,9514
Zone 8	19,60	0,69	0,86	282,8671
Zone 14	21,12	0,15	0,19	151,1989
- Roof 1 Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)				
Zone 1	-10,90	0,00	0,00	0,0000
- Roof 2 Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)				
Zone 4	1,12	0,00	0,00	0,0000
Zone 3	1,13	0,00	0,00	0,0000
Baðstofa	5,15	0,00	0,00	0,0000
Zone 1	1,32	0,00	0,00	0,0000
- Roof 3 Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)				
Zone 2	-7,12	0,00	0,00	0,0000
Zone 1	-5,66	0,00	0,00	-1.#IND
- Roof 4 Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)				
Zone 1	-5,04	0,00	0,00	-1.#IND

Mynd 33 Design Builder Viðmiðunarvarmatap



Mynd 34 Design Builder niðurstöður fyrir hitaálag kirkju

For: Entire Facility

Timestamp: 2016-08-19 22:28:02

ZoneHVAC:IdealLoadsAirSystem

	Design Size Maximum Heating Air Flow Rate [m3/s]	Design Size Maximum Sensible Heating Capacity [W]	User-Specified Maximum Cooling Air Flow Rate [m3/s]
BLOCK1:KOR IDEAL LOADS AIR	0.375086	8266.22	0.000000
BLOCK1:STORISALUR IDEAL LOADS AIR	1.38	32279.67	0.000000
BLOCK1:ELDHUS IDEAL LOADS AIR	0.352728	7401.50	0.000000
BLOCK1:ANDYRSFNXRHMLS IDEAL LOADS AIR	1.05	22816.58	0.000000
BLOCK1:SOKNARPRESTUR IDEAL LOADS AIR	0.230904	4774.41	0.000000
BLOCK1:LITLISALUR IDEAL LOADS AIR	0.669768	15026.05	0.000000
BLOCK1:WCKARLAR IDEAL LOADS AIR	0.191289	3861.53	0.000000
BLOCK1:ZONE9 IDEAL LOADS AIR	0.047416	847.23	0.000000
BLOCK1:ORGANISTI IDEAL LOADS AIR	0.302538	6374.44	0.000000
BLOCK1:WCKONUR IDEAL LOADS AIR	0.232984	4527.62	0.000000
BLOCK1:KIRKJA IDEAL LOADS AIR	3.33	76684.88	0.000000
BLOCK1:ZONE16 IDEAL LOADS AIR	0.042927	834.86	0.000000
BLOCK1:ZONE4 IDEAL LOADS AIR	0.043089	837.46	0.000000
BLOCK1:WC IDEAL LOADS AIR	0.233434	5160.08	0.000000
BLOCK1:KAPELLA IDEAL LOADS AIR	0.370979	8312.57	0.000000
BLOCK1:ANDDYRIKIRKJU IDEAL LOADS AIR	0.488254	10463.21	0.000000
BLOCK1:KIRKJUVORXUR IDEAL LOADS AIR	0.183037	3938.02	0.000000
BLOCK1:ZONE8 IDEAL LOADS AIR	0.084406	1535.01	0.000000
BLOCK1:ZONE14 IDEAL LOADS AIR	0.033624	610.37	0.000000

User-Specified values were used. Design Size values were used if no User-Specified values were provided.

Mynd 35 Design Builder Orkunotkun

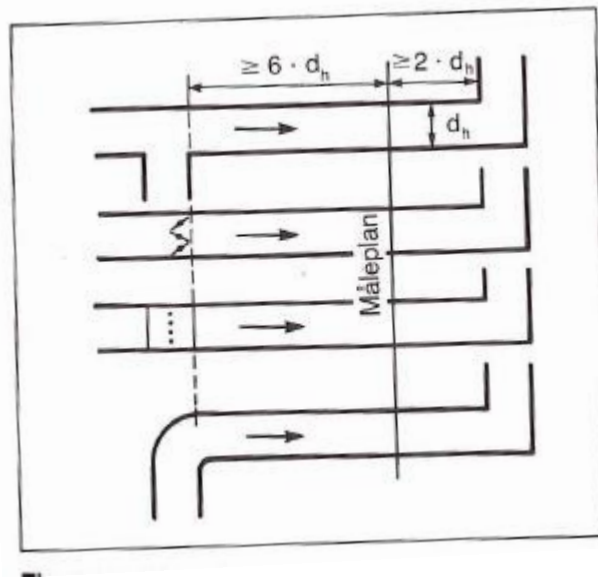
End Uses

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
Heating	0.00	0.00	0.00	0.00	110777.08	0.00
Cooling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	76038.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	51276.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	4046.59	63.37
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	127315.35	0.00	0.00	0.00	114823.67	63.37

Note: District heat appears to be the principal heating source based on energy usage.

Mynd 36 Design Builder Vatns og rafmagnsnotkun

Viðauki E



Mynd 37 Mæliplan skv STABl.[6]

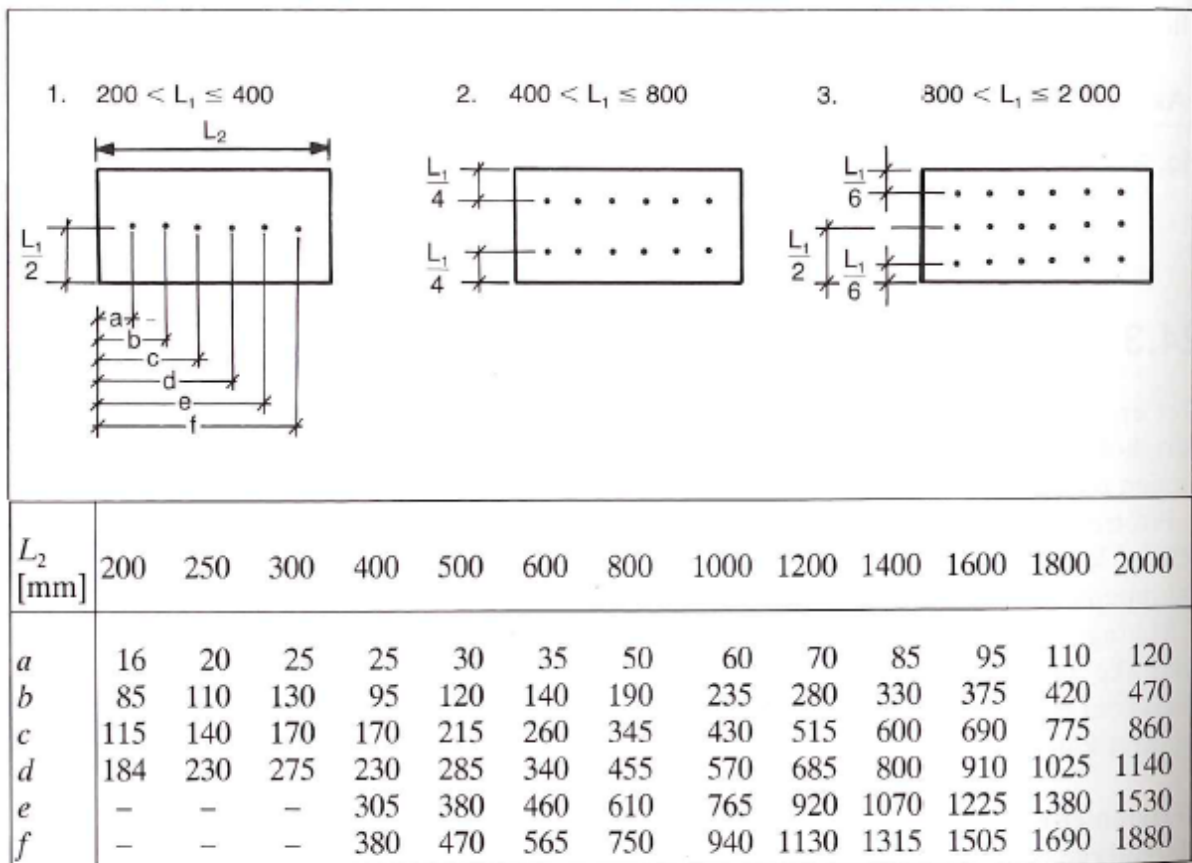
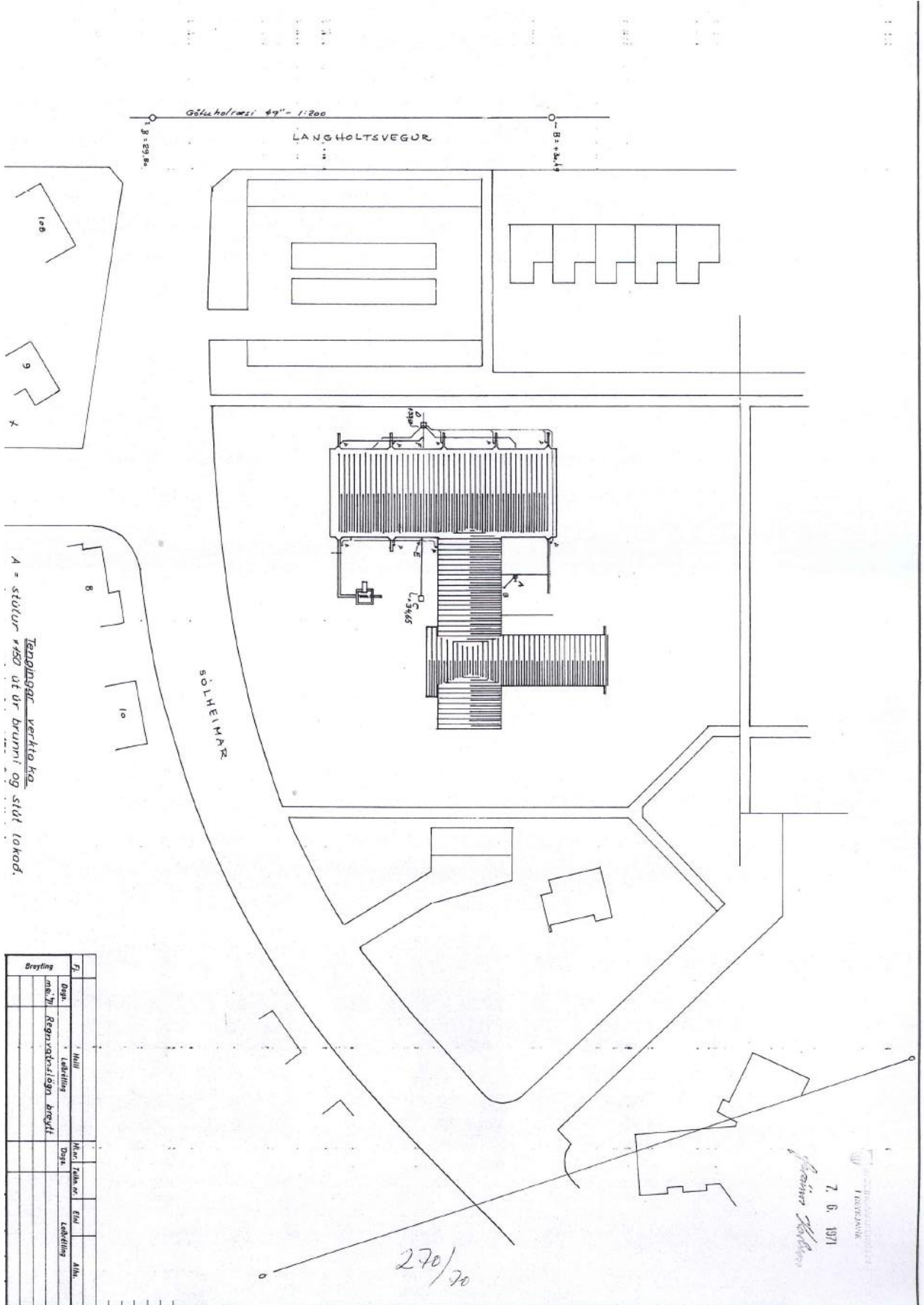
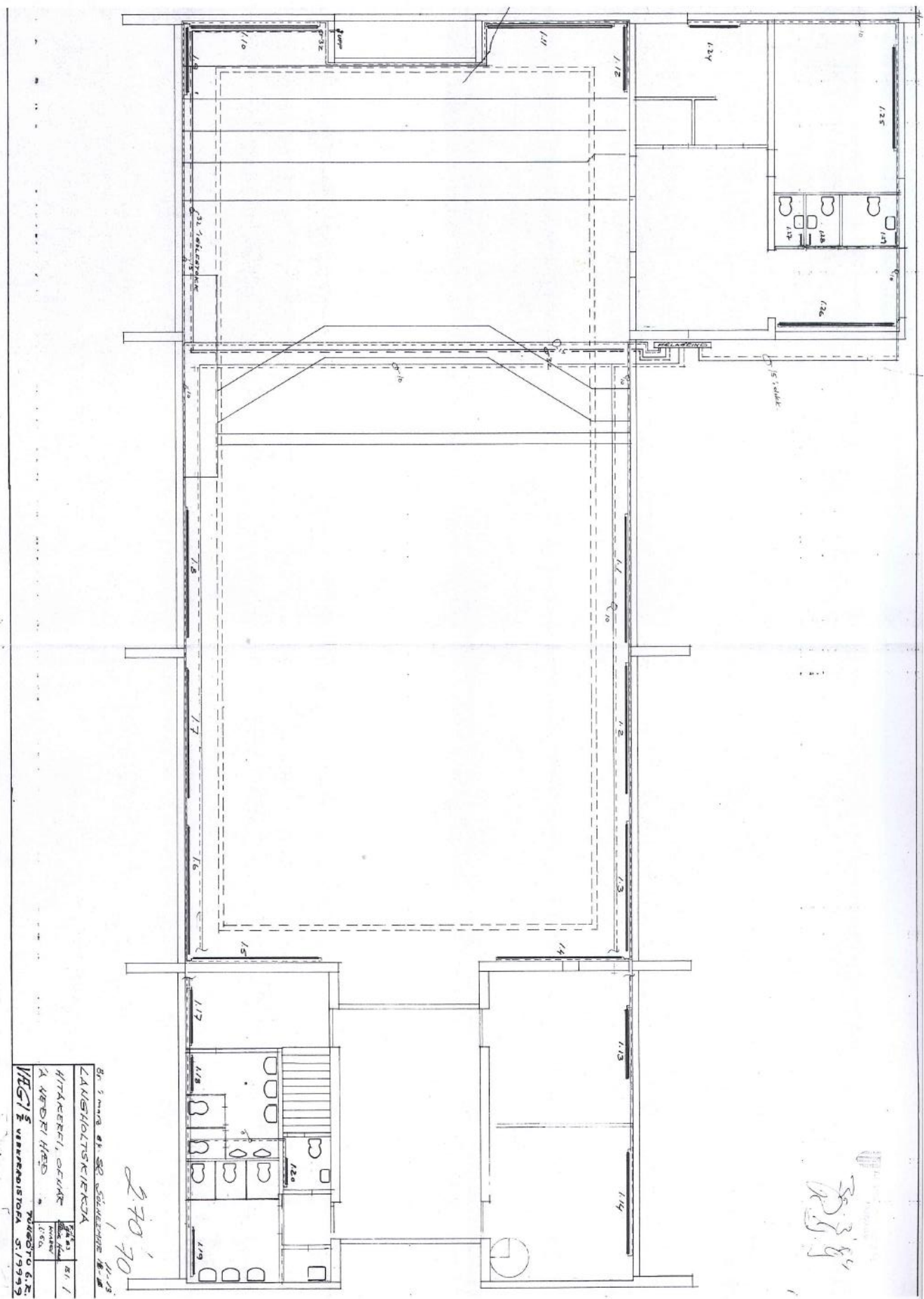


Fig. 24.9. Målepunkter i rektangulær kanal.

Mynd 38 Mælipunktar í réttthyrndum stökk[6]





Br. 1 mna 81. SO. SÄLÄMÄHE 18.18
 LAMSHOLTSKIEKKA
 HINKERTI, OJUK
 A. KERTTI HED
 PÄÄSTO 6.2
 VESI 2
 VIERREKÄISTÖ 5.17979

2.70 70

[Handwritten signature]

Viðauki G