Yfirlit yfir orkunotkun, orkuverð og orkukröfur

til upphitunar í íslenskum byggingum

GRÆNNI BYGGÐ
GREEN BUILDING COUNCIL ICELAND

Efnisyfirlit

1 **Inngangur** 5

2 **Orkunotkun íslenskra bygginga** 6

2.1 Orkutap, orkuþörf og kröfur til einangrunar 6

2.2 Orkunotkun íslenskra bygginga 9

2.3 Leiðir til að draga úr orkuþörf bygginga til upphitunar 10

3 **Orkuverð eftir landshlutum á Íslandi** 12

3.1 Gagnaöflun 12

3.2 Úrvinnsla gagna 12

3.3 Niðurstöður 13

4 **Íslenskar og erlendar orkukröfur bygginga** 16

4.1 Einangrun húsa – U-gildi 16

4.2 Loftþéttleiki húsa og áhrif loftskipta á orkuþörf 17

4.3 Kuldabrýr 17

4.4 Loftræsting með varmaendurnýtingu 18

5 **Heimildir** 19

1 Inngangur

Skýrslan tekur saman helstu gögn um orkunotkun bygginga, orkukröfur í byggingarreglugerðum og orkuverð til upphitunar heimila. Markmiðið með skýrslunni er að auka þekkingu á orkunotkun bygginga á Íslandi til þess að geta gert betur grein fyrir hvernig skynsamlegt er að íslenskar byggingar uppfylli kröfur um orkunotkun í erlendum vistvottunarkerfum fyrir byggingar.

2 Orkunotkun íslenskra bygginga

Skýrslan tekur saman helstu gögn um orkunotkun bygginga, orkukröfur í byggingarreglugerðum og orkuverð til upphitunar heimila. Markmiðið með skýrslunni er að auka þekkingu á orkunotkun bygginga á Íslandi til þess að geta gert betur grein fyrir hvernig skynsamlegt er að íslenskar byggingar uppfylli kröfur um orkunotkun í erlendum vistvottunarkerfum fyrir byggingar.

Á síðastliðnum fjórum áratugum hafa farið fram tvær ástandskannanir á orkuþörf bygginga utan höfuðborgarsvæðisins, fimm athuganir á orkunotkun íbúðarbygginga auk einnar vitundarvakningar. Fyrri ástandskönnunin átti sér stað árin 1979–1980 þar sem 320 íbúðarhús í Bolungarvík, Raufarhöfn, Neskaupsstað og Hvolsvelli voru rannsökuð og orkunotkun þeirra reiknuð. Á þeim tíma var mikið um að hús væru hituð með olíukyndingu en á þessum árum hækkaði olíuverð til muna og því var ráðist í mat á orkunotkun húsa auk þess að gerðar voru tillögur um betrumbætur til að auka orkunýtni húsanna. Í kjölfar könnunarinnar var sett af stað orkuátak árin 1984–1985 þar sem boðið var upp á skoðun húsa og tillögur að endurbótum. Húseigendur gátu sótt um hagstæð lán vegna slíkra endurbóta (Björn Marteinsson, 2005).

Árið 2005 var gerð önnur ástandskönnun, þá var lagt mat á 43 íbúðabyggingar í Snæfellsbæ, Skagaströnd, Raufarhöfn og Vík í Mýrdal. Í þessari könnunarferð var lögð áhersla á skoðun orkufrekra húsa þar sem einungis þrjú húsanna sem skoðuð voru töldust vera sparneytin, en þau voru skoðuð til samanburðar (Björn Marteinsson, 2005).

Á árunum 1999 og 2000 var unnið að vitundarvakningu varðandi orkunotkun íbúðabygginga. Boðið var upp á almenna fræðslu í nokkrum bæjarfélögum; Ólafsvík, Grundarfirði, Skagaströnd, Hofsósi, Raufarhöfn, Þórshöfn og Vopnafirði, í samvinnu við orkuveitur á þeim stöðum. Auk fræðslunnar fór fram kynning á byggingarvörum sem stuðla að betri nýtingu hitunarorku eins og stýringar fyrir hitakerfi og einangrunarvörur (Björn Marteinsson, 2005).

Á tímabilinu 1984 til 2002 voru gerðar fjórar athuganir á vegum Orkustofnunar þar sem metin var árleg meðalorkunotkun vegna hitunar íbúðarhúsnæðis á ýmsum svæðum út frá mældri orkunotkun. Allar athuganirnar byggjast á mælingum yfir eitt ár en gefa þó ekki skýra mynd af árlegri meðalorkunotkun. Orkunotkun er háð útihitastigi, talið er að orkunotkun aukist um 5,3% fyrir hverja gráðu sem útihitastig lækkar. Því skiptir miklu máli hvort árið var heitt, kalt eða í meðallagi þegar kemur að því að meta hvort orkunotkun ársins er yfir eða undir meðalnotkun á viðkomandi svæði (Eggert Þ. Þórarinsson og Ólafur P. Pálsson, 2007).

Árið 2007 kom út hjá Orkustofnun úttekt á raforkunotkun vegna húshitunar á köldum svæðum. Skoðuð voru öll þau hús sem nutu niðurgreiðslu á orku til húshitunar í Snæfellsbæ, Skagaströnd, Raufarhöfn og Vík í Mýrdal, alls var orkunotkun 793 húsa athuguð. Út frá þessari ástandskönnun var áætlað að lítið hefði áorkast í orkusparnaði á þeim 22 árum sem liðin voru frá því að ástandsskoðanir Orkustofnunar hófust, þar sem um helmingur húsanna mældist með ársnotkun til hitunar yfir 38.000 kWh (Eggert Þ. Þórarinsson og Ólafur P. Pálsson, 2007).

Frá 2007 virðist ekki mikið hafa gerst í mati á orkunotkun húsa, í það minnsta ekki af sömu stærðargráðu og athuganir sem voru gerðar 1979, 2004 og 2005. Reynt var að meta orkuþörf á nýju einbýlishúsi á Eyrarbakka sem hluti af meistaraverkefni, þar sem bera átti saman gögn frá mælingum við orkulíkön. Tæknin lét illa við þá sem stóðu að verkefninu og því var samanburður gagna ekki mögulegur (Daniel C. Axelsen, 2016). Metin var orkunotkun heimilis á Íslandi og mögulegur sparnaður, í lokaverkefni við Háskólann á Akur-eyri árið 2010. Í ljós kom að útgjöld fjölskyldunnar myndu ekki breytast til muna við breytingu á hitaveitunotkun en mikill heildarsparnaður yrði ef öll heimili landsins myndu breyta hitaveitunotkun sinni (Ragnheiður Ásbjarnardóttir, 2010). Fyrir utan minni verkefni sem þessi hefur lítið verið gert í opinberu mati á orkunotkun íslenskra bygginga.

2.1 Orkutap, orkuþörf og kröfur til einangrunar

Orkutap getur átt sér stað með leiðnitapi út um byggingarhluta eða með loftskiptatapi, hvort tveggja á sér stað þegar innihiti bygginga er hærri en útihiti. Leiðnitap er háð stærð byggingarhluta og einangrun þeirra á meðan loftskiptatap er háð þéttleika hússins og hvernig loftræstingu er háttað af notendum þess. Þá skiptir lögun hússins miklu máli hvað varðar orkutap, því reglulegra sem húsið er (ferningslaga) og því stærra sem það er, því minna er orkutap þess á hvern rúmmetra (Björn Marteinsson, 2005).

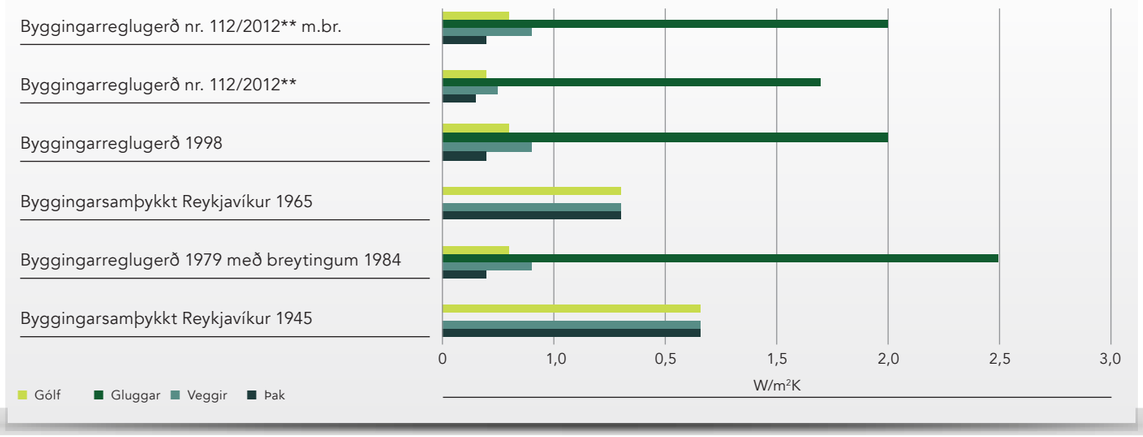
Í byggingarreglugerð eru lágmarkskröfur um U-gildi byggingarhluta, sem segja til um hversu mikið orkutap verður á tímaeiningu á hvern fermetra fyrir hverja gráðu í hitamun yfir byggingarhlutann. Kröfur um U-gildi hafa breyst í gegnum tíðina og voru áður fyrr mun minni en nú er, eins og sjá má í töflunni hér að neðan (Björn Marteinsson, 2005).

Tafla 1 *Lágmarkskröfur til einangrunargilda (U-gilda) byggingarhluta, W/m²K, Björn Marteinsson, 2005 og Byggingarreglugerð 2012.*

	Þak	Veggir	Gluggar*	Gólf
Byggingarsamþykkt Reykjavíkur 1945	1,16	1,16	Engin krafa	1,16
Byggingarreglugerð 1979 með breytingum 1984	0,2	0,4	2,5	0,3
Byggingarsamþykkt Reykjavíkur 1965	0,8	0,8	Engin krafa	0,8
Byggingarreglugerð 1998	0,2	0,4	2,0	0,3
Byggingarreglugerð nr. 112/2012 **	0,15	0,25	1,7	0,2
Byggingarreglugerð nr. 112/2012 m.br.	0,2	0,4	2,0	0,3

** Vegið meðaltal karma og glers*
*** Upphafleg útgáfa, var breytt 17.12.2012*

Mynd 1 *Þróun einangrunargilda í íslenskri byggingarreglugerð, ** upphafleg byggingarreglugerð.*



Orkugjöf skiptist í orku frá hitakerfi og „gefins orku", þ.e. varma frá sólu, heitavatnsnotkun, raftækjum og íbúum (Björn Marteinsson, 2005). Til að tryggja ákjósanlega innivist þarf að vera orkujafnvægi sem í stuttu máli þýðir að orkugjöf sé jafn mikil og orkutap. Orkuþörf húsa er mismunurinn á milli gefins orku og orkutaps, en það er orkan sem þarf frá hitakerfinu til að hita það sem „gefins orkan" hitar ekki (Björn Marteinsson, 2005).

Í könnun sem framkvæmd var árið 2005 var lagt mat á orkutap í gegnum þak, veggi, glugga, gólf og vegna loftunar. Gluggar tapa hlutfallslega hárri orku á hvern fermetra en á móti kemur að gluggar þekja iðulega minna svæði en þak, veggir og gólf. Í byggingum eftir 1970 urðu stærri gluggar algengari sem verður til þess að gluggar stuðla að allt að 40–45% orkutapi þeirra bygginga, þar á eftir er loftun með næst hæsta hlutfallslega tapið. Þegar skoðað er meðaltal hlutfallslegrar skiptingar reiknaðs orkutaps byggingarhluta í húsum byggðum 1900–2000, þá er skipting milli byggingarhluta nokkuð jafnari eins og sjá má í töflu 1 (Björn Marteinsson, 2005).

Tafla 2 *Hlutfallsleg skipting reiknaðs orkutaps (meðaltal) (Björn Marteinsson, 2005).*

Byggingarhluti	Hlutfallslegt tap
Þak	14,7
Veggir	21,3
Gluggar og hurðir	25,6
Gólf	16,4
Loftskipti	22,0
Alls	**100,0**

Með líkanagerð er hægt að áætla orkuþörf og orkutap á hönnunarstigi byggingar, slíkar áætlanir standast sjaldan en eru þó gott viðmið og sýna að hugað var að orkunotkun byggingarinnar strax í hönnunarferlinu (Daniel C. Alexsen, 2016). Raunnotkun getur farið á hvorn veginn sem er miðað við áætlunina en það eru margir mikilvægir þættir sem erfitt er að áætla s.s. hitavenjur fólks, fjöldi íbúa og fleira.

2.2 Orkunotkun íslenskra bygginga

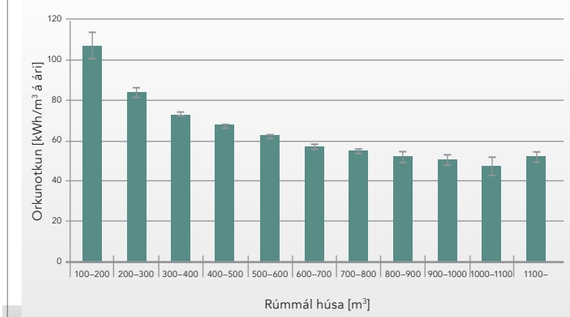
Orkunotkun bygginga hefur í gegnum tíðina á Íslandi verið miðuð við hvern hitaðan rúmmetra, þá er átt við það rými sem íbúar/notendur vistast í sem almennt afmarkast af innra fleti einangrunar hússins. Við samanburð á orkunotkun húsa er því ekki mælt með að nota fasteignamatsrúmmál því innan þess rúmmáls eru ytri fletir hússins, þar með talið útveggir, þak og mögulega kaldir fletir hússins. Þá skiptir bæði stærð og lögun bygginga miklu máli í sambandi við orkuþörf byggingarinnar. Minni byggingar eru orkufrekari á rúmmetrann heldur en stærri byggingar auk þess sem hús sem eru ferningslaga nota að jafnaði minni orku.

Út frá rannsóknunum árin 1979 og 2005, sem tilgreindar voru í kafla 1.2, kom í ljós að orkunotkun húsa liggur almennt á milli 50–200 kWh/m^3 (Björn Marteinsson, 2005). Húsin í rannsókninni frá 2005 voru valin út frá orkufrekustu húsunum í ástandskönnun Orkustofnunar 2004 þar sem meðalorkunotkun reyndist minnst í Vík í Mýrdal um 64,75 kWh/m^3 en mest í Snæfellsbæ um 77,97 kWh/m^3. Þá var meðalorkunotkun 10 orkufrekustu húsanna í hverju af fjórum skoðuðum bæjarfélögum á bilinu 113,33–146,15 kWh/m^3 (Eggert Þ. Þórarinsson og Ólafur P. Pálsson, 2007).

Í athugunum Orkustofnunar var notast við upplýsingar um rúmmál húsnæðis frá Fasteignamati ríkisins, en það gefur þ.a.l. eilítið skekkta mynd af orkunotkun. Athuganir stofnunarinnar hafa sérstaklega beinst að orkunotkun íbúðarhúsa á köldum svæðum til að fylgjast með hve mikil raforka er notuð til upphitunar húsnæðis sem síðan er niðurgreidd af ríkinu. Árin 1984 og 2002 voru gerðar sambærilegar athuganir þar sem metin var meðalorkuþörf rafhitaðs íbúðarhúsnæðis í þéttbýli utan hitaveitusvæða. Helsta niðurstaðan var sú að árleg meðalorkunotkun væri um 83 kWh/m^3 árið 1984 en árið 2002 reyndist hún vera nokkuð lægri eða 65 kWh/m^3, þó var mikill munur á meðalorkunotkun milli sveitarfélaga. Svipuð athugun var svo gerð á 1.900 íbúðarhúsum í Kópavogi árið 1986 þar sem meðalorkunotkun á ári reyndist vera 88 kWh/m^3. Árið 1989 voru gögn frá 1984–1985 skoðuð frá Hitaveitu Hafnarhrepps, þar sem árleg meðalorkunotkun var metin 77 kWh/m^3.

Tekin var saman meðalraforkunotkun til hitunar eftir rúmmáli húsa út frá gögnum um orkunotkun frá 2004. Á stöplaritinu á mynd 2 má greinilega sjá að orkunotkun á rúmmetra er minni í stærri húsum. Algengustu húsastærðirnar voru 400–455 m^3 (2.051 hús) með 67,61 kWh/m^3 og 300–400 m^3 (1.706 hús) með 79,37 kWh/m^3. Svipaðar niðurstöður fengust úr ástandsskoðuninni sem framkvæmd var árið 2002, þó voru færri hús tekin með í þeirri könnun. Að sama skapi var tegund ytra byrðis og orkunotkun borin saman, ekki var mikill munur þar á milli þar sem meðalorkunotkun var á bilinu 61,73–75,92 kWh/m^3. Algengasta tegund ytra byrðis er steypa með orkunotkunina 66,96 kWh/m^3 og orkufrekustu tegundir ytrabyrðis eru holsteinn (75,92 kWh/m^3) og múrsteinn (72,52 kWh/m^3). Orkunotkun eftir landshlutum var einnig sett fram þar sem Vesturland hefur mestu árlegu meðalorkunotkun á rúmmetra til hitunar upp á 74,14 kWh/m^3 en minnst er hún í Vestmannaeyjum 58,22 kWh/m^3 (Eggert Þ. Þórarinsson og Ólafur P. Pálsson, 2007).

Mynd 2 *Meðalraforkunotkun á rúmmetra til hitunar eftir rúmmáli húsa (Eggert Þ. Þórarinsson og Ólafur P. Pálsson, 2007).*



Samkvæmt Orkusetrinu má gera ráð fyrir að meðalorkuþörf til húshitunar sé í kringum 60 kWh/m^3 miðað við forsendur orkuspárnefndar (Orkusetur, 2019). Nær helmingur notkunar jarðhita á Íslandi árið 2008 fór í húshitun (47%) með raforkuvinnslu í öðru sæti (37%). Jarðhitanotkun til húshitunar jókst úr 14,69 PJ í 18,8 PJ milli áranna 1990 og 2009 (Ingimar G. Haraldsson, 2010).

Eins og fram kemur hér að framan hafa ýmsar ástandskannanir átt sér stað um orkunotkun til hitunar íbúðarhúsa á köldum svæðum. Í töflu 3 hér fyrir neðan má sjá samantekt á ástandsskoðunum undanfarinna ára.

Tafla 3 *Samanburður ástandsskoðana 1979–2004.*

Rannsóknarár	Orkunotkun [kWh/m³]	Fjöldi húsa	Athugasemd
1979	50–2001)	320	Íbúðarhús í þéttbýli á landsbyggðinni rannsökuð, leiðnitap og loftskiptatap metið.
1984	83		Rafhitað íbúðarhúsnæði í þéttbýli utan hitaveitusvæða (mikill munur milli sveitarfélaga).
1986	88	1.900	Hús í Kópavogi skoðuð
1989	77		Gögn frá 1984–1985 frá Hitaveitu Hafnarhrepps
2004	Athugun á íbúðarhúsum sem fengu niðurgreidda raforku til hitunar í Snæfellsbæ, Vík í Mýrdal, Skagaströnd og Raufarhöfn.		
Miðað við stærð:			
400–500 m³	67,61	2.051	Algengasta stærð íbúðarhúsa
100–200 m³	106,67	215	Orkufrekasta stærð húsa
1.000–1.100 m³	47,44	56	Sparneytnasta stærð húsa
Miðað við ytra byrði:			
Steypa	66,69	4.675	Algengasta ytra byrði
Holsteinn	75,92	370	Orkufrekustu húsin út frá ytra byrði
Forsteypt	61,73	170	Sparneytnustu húsin út frá ytra byrði
2004	Orkunotkun húsa sem fengu niðurgreidda raforku til hitunar á öllu landinu		
Vestmannaeyjar	58,22	1.104	Meðalaldur: 47 ár, meðalstærð: 433 m³
Suðurland	55,16	833	Meðalaldur: 35 ár , meðalstærð: 418 m³
Vesturland	74,14	789	Meðalaldur: 38 ár , meðalstærð: 436 m³
Vestfirðir	69,41	1.956	Meðalaldur: 47 ár , meðalstærð: 416 m³
Norðurland	67,69	948	Meðalaldur: 41 ár , meðalstærð: 427 m³
Austurland	67,73	1.953	Meðalaldur: 43 ár , meðalstærð: 409 m³
2005	100–200[1)]	43	Orkufrek íbúðarhús í Snæfellsbæ, Vík í Mýrdal, Skagaströnd og Raufarhöfn rannsökuð, leiðnitap og loftskiptatap húsanna metið

[1)] *Orkunotkun á hvern hitaðan rúmmetra hússins (aðrar tölur byggjast á fasteignamati).*

2.3 Leiðir til að draga úr orkuþörf bygginga til upphitunar

Vegna þess að orkunotkun húsa tengist bæði orkutapi vegna leiðni og loftunar- og hitavenjum fólks, þá er vert að skoða margvísleg úrræði (veitur.is/hollrad-um-heitt-vatn).

Nokkur dæmi:

- Þétta lista í kringum glugga og hurðir í gömlum húsum
- Þegar skipt er um glugga og hurðir að velja einingar með lágt U-gildi t.d. 1,0 W/m²K
- Halda innihitastigi í um 21°C en ekki 23°C
- Stilla gamla ofna sem eru t.d. fastir í hárri stillingu
- Endureinangra þak þegar farið er í þakviðgerðir
- Endureinangra útveggi þegar skipta á um klæðningu
- Nýta varmadælu til upphitunar á köldum svæðum
- Draga úr upphitun í herbergjum sem ekki eru í notkun
- Nota hitastjórnunarkerfi í stærri byggingum

Með þykkri einangrun og einangrunargleri (tvöfalt eða þrefalt gler) verður orkutap vegna varmaleiðni minni í þaki, veggjum og gluggum. Í einhverjum tilfellum er auðvelt að endurbæta þakeinangrun en til eru tilfelli þar sem kostnaðarsamt væri að bæta hana. Það getur einnig fylgt því umtalsverður kostnaður að endurbæta einangrun útveggja því það felur oft í sér að setja bæði einangrun og klæðningu á vegginn. Því getur verið æskilegt að ráðast frekar í endurbætur á einangrun samtímist endurbótum á klæðningu ef þess sér þörf (t.d. vegna steypuskemmda eða ef skipta þarf um klæðningu) frekar en að leggja í dýrt ferli til þess eins að bæta orkunýtni hússins.

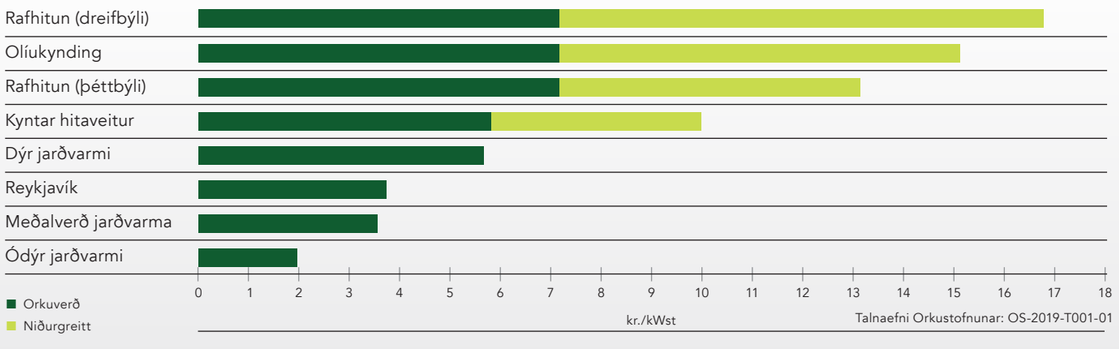
Að mati flestra er kjörhiti innanhúss um 21–22°C, þó er lofthitinn í raun oftast aðeins hærri eða í kringum 23–25°C. Í einhverjum tilfellum er það vegna ekki nógu vandaðrar stýringar á hitakerfi og í illa einangruðum húsum er hann oft hærri til að koma til móts við geislun frá köldum flötum. Hægt er að setja hitastilli á hvern ofn til að koma á betra hitajafnvægi innan hússins eða setja upp kerfi sem er stýrt með einum hitastilli sem auðveldar t.d. að lækka hitastig að næturlagi eða þegar enginn dvelur í húsinu. Bæði kerfin hafa sína kosti og galla og þarf að vega og meta hvort kerfið hentar betur hverju sinni.

3 Orkuverð eftir landshlutum á Íslandi

Það er þó nokkur verðmunur á milli landshluta og jafnvel bæjarfélaga þegar kemur að orkuverði til húshitunar. Árið 2016 voru 89,2% alls hitaðs húsnæðis á Íslandi hitað með jarðvarma frá ýmsum hitaveitum, bæði litlum bæjarveitum og stærri orkuveitum. Restin er ýmist hituð beint með raforku (7,0%), heitu vatni frá kyntum veitum (3,6%) eða olíu (0,2%), sem reynast mun dýrari kostir en jarðvarminn eins og sjá má á mynd 3 (Orkustofnun, 2018a).

Orkuverð til húshitunar í september

Mynd 3 *Samanburður á orkuverði til húshitunar (Orkustofnun, 2019).*



3.1 Gagnaöflun

Til að fá betri mynd af orkuverði eftir landshlutum, þá var stuðst við gögn frá Orkustofnun um verð á kWh fyrir orku frá jarðvarma og kyntum veitum (Orkustofnun, 2019a) og gögn um verð á raforku til kyndingar sem fengin voru frá Orkusetrinu (Orkusetur, 2017). Upplýsingar um magn seldrar orku frá hverju fyrirtæki fengust frá Orkustofnun, bæði úr skýrslu til ferðamála-, iðnaðar- og nýsköpunarráðherra um niðurgreiðslu á húshitun og dreifingu raforku í dreifbýli 2018 (Orkustofnun, 2019b) og úr talnasafni Orkustofnunar (Orkustofnun, 2018b). Orkuverðin sem notuð voru úr þessum skjölum eru með virðisaukaskatti.

Ósamræmi fannst milli skjalanna um orkuverð og magn seldrar orku, t.d. vantar Hitaveitu Bergstaða í skjalið um orkuverð. Auk þess var ekki alltaf tekið fram hvort seld orka væri til dreifbýlis eða þéttbýlis, þó það væri tekið fram í skjalinu um orkuverð að það er mismunandi verð fyrir þessi svæði. Samkvæmt skjalinu um selda orku fær Suðureyri orku frá jarðvarma en í skjalinu um orkuverð fær Suðureyri eingöngu orku frá fjarveitu – í raun notast Suðureyri bæði við jarðvarma og fjarveitu. Fram kemur að Veitur hafi selt vatn á Seltjarnarnesi og í Mosfellsbæ en það var ekki til neitt orkuverð fyrir þá sölu. Reynt var að greiða úr þessu ósamræmi án þess þó að það bitni á samanburði milli landshluta. Flest þessi tilvik eru það smávægileg að þau fá bara að standa, t.d. var áætlað að Veitur selji orku til Seltjarnarness og Mosfellsbæjar á sama verði og til annarra sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu.

Í skjali Orkustofnunar um orkuverð er gefið upp orkuverð á kWh þó hitaveitur selji heitt vatn heitt vatn á hvern rúmmetra eða mínútulítra á ári. Útreikningar Orkuveitunnar til að umrita mælieiningu byggist á gefnum framrásarhita, 30°C bakrásarhita og 430 m³ húsnæði. Seinni tveir þættirnir eru tölur sem Orkuveitan nýtir í sína útreikninga.

3.2 Úrvinnsla gagna

Úrvinnsla gagna um orkuverð frá Orkustofnun fólst mestmegnis í því að úrskurða í hvaða landshluta hver veita er að selja orku og á hvaða verði. Þónokkur mismunandi verð fengust fyrir sum svæði, þá var tekið meðalverð veitunnar á því svæði. Til dæmis selur Hitaveita Bláskógarbyggðar heitt vatn til notenda í Biskupstungum fyrir 2,99, 2,88 og 3,28 kr./kWh á meðan fastagjaldið helst óbreytt. Sömuleiðis fá Laugardalur, Laugarás, Laugaráshérað, Laugarvatn og Reykholt heitt vatn fyrir 2,39 og 2,61 kr./kWh. Hitaveita Bláskógarbyggðar selur eingöngu til svæða á Suðurlandi, því var hitaveitan flokkuð í Suðurlandsflokkinn og meðaltal þessara fimm orkuverða fundið. Á mynd 3 sést að Hitaveita Bláskógarbyggðar er með meðalorkuverð 2,83 kr./kWh. Slíkt hið sama var gert fyrir allar hitaveitur í skjalinu þar sem fundið var út á hvaða landsvæði hitaveitan selur orku, meðalverð hitaveitunnar á landsvæðinu fundið og sett saman hjá öðrum hitaveitum sem selja á þessum landshluta. Þó að nokkrar hitaveitur séu í hverjum landshluta þá hafa bæjarfélög í landshlutanum ekki endilega aðgang að mörgum hitaveitum. Í raun hafa flest bæjarfélög bara aðgang að einni hitaveitu.

Hver hitaveita er með árlegt fastagjald. Í flestum tilfellum mátti greina ef hitaveita var með tvö mismunandi fastagjöld þá var ódýrara gjaldið iðulega fyrir þéttbýli og hærra gjaldið fyrir dreifbýli. Í einu tilfelli voru Veitur með tvö mismunandi fastagjöld án nokkurrar skýringar, þetta voru tveir verðflokkar fyrir Norðurárdal, Ásahrepp, Hvolsvöll og Hellu. Meðaltal fastagjaldsins var fundið fyrir Norðurárdal því eingöngu eitt gildi fékkst um selda orku á því svæði, en fyrir Ásahrepp, Hvolsvöll og Hellu voru svæðin merkt sem dreifbýli 1 og dreifbýli 2. Til að breyta fastagjaldinu úr árlegu gjaldi yfir á kr./kWh var áætluð árleg 28.000 kWh orkunotkun til húshitunar.

Það að öllum sé frjálst að skipta við þann orkusöluaðila sem þeir kjósa, flækir dæmið verulega þegar kemur að samsetningu á raforkuverði og kostnaði vegna dreifingar. Til einföldunar er gert ráð fyrir að raforku frá einu raforkufyrirtæki sé dreift af systurfyrirtæki þess. Því eru eftirfarandi samsetningar af orkudreifingu og orkusölu notaðar í samanburðinum. Þegar fastagjald á hverja kWh er reiknað er áætlað að orkunotkun til húshitunar sé 28.000 kWh á ári. Samkvæmt Orkusetrinu er dreifingargjaldið niðurgreitt fyrir raforku sem ætluð er til húshitunar.

Tafla 4 *Raforkuverð til húshitunar (Orkusetur, 2017).*

Orkudreifing – orkusali	Fastagjald [kr./kWh]	Raforkuverð [kr./kWh]	Dreifing (niðurgreitt) [kr./kWh]	Samtals [kr./kWh]
Orkubú Vestfjarða dreifbýli – Orkubú Vestfjarða	1,28	6,55	8,95	7,83
Orkubú Vestfjarða þéttbýli – Orkubú Vestfjarða	0,80	6,55	6,20	7,35
Rafveita Reyðarfjarðar – Rafmagnsveitur ríkisins	0,83	6,82	5,12	7,65
RARIK þéttbýli – Rafveitur ríkisins	1,29	6,82	8,76	8,11
RARIK dreifbýli – Rafveitur ríkisins	0,81	6,82	5,37	7,63
Veitur – Orka náttúrunnar	0,46	7,20	5,55	7,66
HS Veitur þéttbýli – HS Orka	0,55	7,26	5,68	7,81

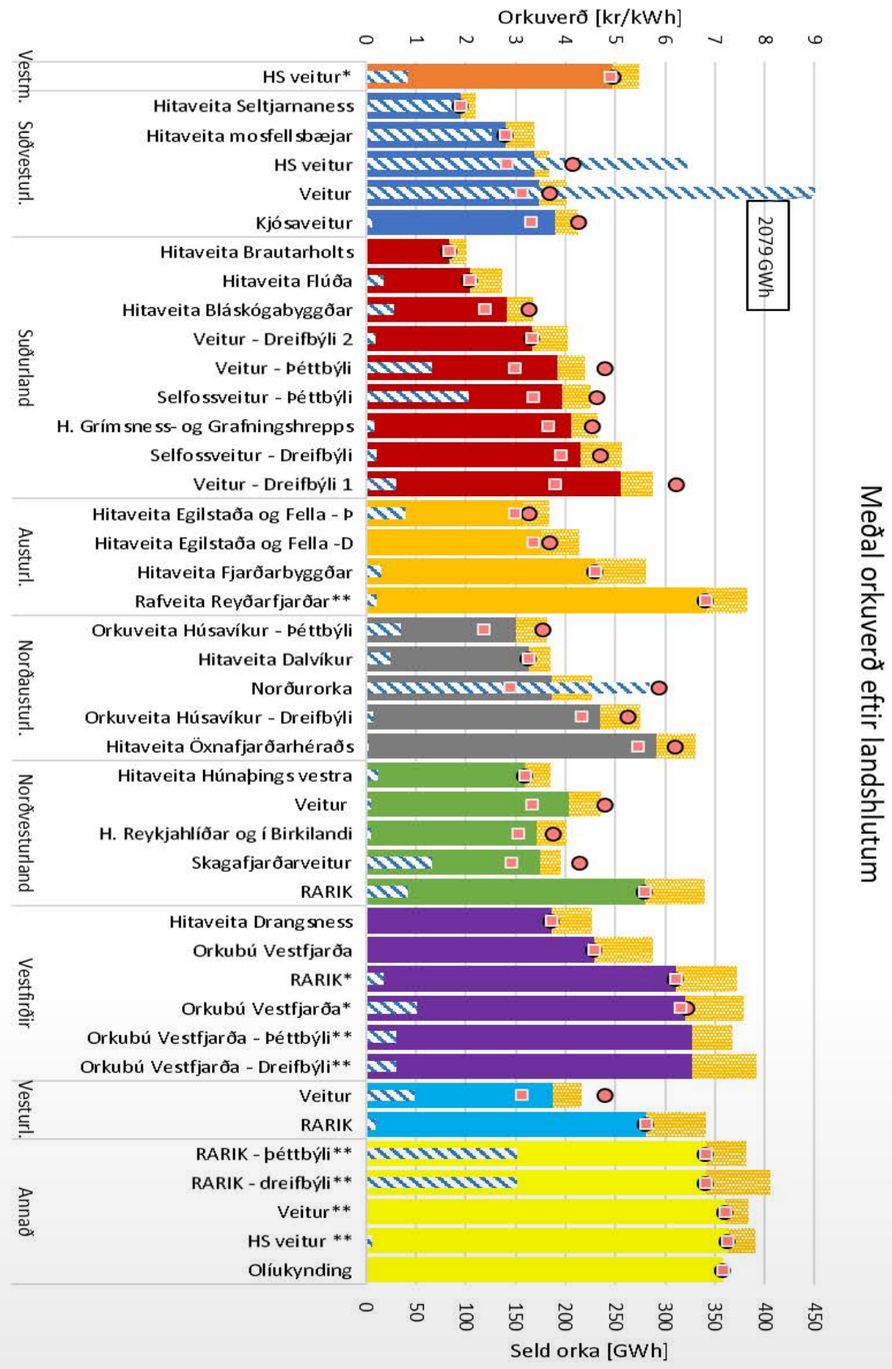
3.3 Niðurstöður

Mynd 4 sýnir meðalverð hitaveitna ásamt fastagjaldi þeirra sem leggst ofan á orkuverðið, lægsta og hæsta verð sem hitaveitan býður upp á milli svæða og magn seldrar orku hverrar hitaveitu. Hitaveitunum er skipt upp eftir þeim landsvæðum sem þær selja orku á, en finna má sumar hitaveitur á fleiri en einu landsvæði og kemur þá fram hvert verð orkunnar frá þeim er á því landsvæði.

Veitur á Suðvesturlandi selja langmest rafmagn af öllum hitaveitum landsins (2.079 GWh árið 2017) og fær því súlan fyrir Veitur á Suðvesturlandi að ganga upp úr grafinu, annars sæist varla magn seldrar orku frá hinum veitunum. Margar litlar veitur (bæjarveitur) eru víðs vegar um landið og þó það sjáist ekki á grafinu þá seldu þær u.þ.b. 0,9–4 GWh árið 2017.

Fastagjald er mismunandi eftir hitaveitum, lægsta fastagjaldið er hjá Hitaveitu Mosfellsbæjar (0,29 kr./kWh) en hæsta fastagjaldið er hjá RARIK (1,29 kr./kWh) fyrir rafmagn til húshitunar. Almennt er fastagjald á bilinu 0,4–0,8 kr./kWh að undanskildum Vestfjörðum og raforku til hitunar, þar sem fastagjald er alla jafna á bilinu 0,8–1,2 kr./kWh.

Mynd 4 *Samanburður meðalorkuverðs hitaveita eftir landshlutum ásamt magn seldrar orku hverrar hitaveitu.*



Á mynd 4 sést að orkuverð er lægst á suðvesturlandi, þá sérstaklega hjá minni veitum á höfuðborgarsvæðinu. Ódýrasta veitan er Hitaveita Brautarholts sem er á Suðurlandi, en hún selur svo lítið af orku (0,9 GWh) að það sést ekki á grafinu. Vestfirðir eru almennt með hæsta orkuverðið en þar er ódýrasti jarðvarminn dýrari en dýrasti jarðvarmi á suðvesturlandi og það er selt svo lítið af honum að það er ekki greinilegt á grafinu. Megnið af orku til upphitunar á Vestfjörðum kemur frá fjarvarmaveitum og beinu rafmagni, en það eru hvort tveggja meðal dýrustu orkukosta sem eru í boði.

Greinilegur munur er á meðalorkuverði milli hitaveitna í hverjum landshluta, en ekki hafa allir aðgang að ódýrari veitunum því dreifisvæði þeirra er takmarkað.

Tafla 5 sýnir meðalverð hitaveitnanna ásamt magni seldrar orku í hverjum landshluta. Athyglisvert er að sjá hvað það er lítil orka seld á Austurlandi, það bendir til þess að það gæti vantað eitthvað upp á gögnin – t.d. gæti megnið af orkunni sem RARIK selur og flokkað er undir „annað", farið á Austurland. Í þessum gögnum finnast ekki skýringar á því hvernig raforkan frá RARIK skiptist.

Tafla 5 *Meðalorkuverð (hiti og rafmagn) eftir landshlutum og magni seldrar orku.*

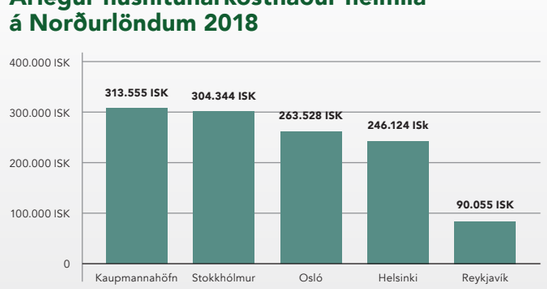
Landshluti	Meðalverð [kr./kWh]	Seld orka [GWh]
Suðvesturland	3,07	2622,6
Suðurland	3,47	274,5
Vestmannaeyjar	4,94	41,8
Austurland	4,52	65,3
Norðausturland	4,1	352,9
Norðvesturland	3,95	128,4
Vestfirðir	5,67	132,8
Vesturland	4,69	58,6

Hafa þarf í huga að með því að finna meðaltal orkuverðs út frá meðalverði veitnanna hefur verð frá hverri veitu á landshlutanum jafn mikið vægi. Þannig er vægi verðs Hitaveitu Öxarfjarðarhéraðs (5,84 kr./kWh)) jafn mikið og verð Norðurorku (3,73 kr./kWh) í meðaltali orkuverðs á norðausturlandi þegar Norðurorka selur hundraðfalt meiri orku en Hitaveita Öxarfjarðarhéraðs (284 GWh á móti 2,80 GWh). Til að fá raunhæfari tölu um hvað fólk er að borga að meðaltali í hverjum landshluta er vert að skoða þá hugmynd að finna vegið meðaltal hverrar hitaveitu.

4 Íslenskar og erlendar orkukröfur bygginga

Almennt eru kröfur um einangrun húsa lakari hér á landi en í nágrannalöndum okkar. Ekki er það vegna þess að veðráttan sé mildari á Íslandi, mun líklegri ástæða er að orkuverð er töluvert lægra hér á landi en víðast annars staðar. Í samanburði frá Samorku 2018 kemur fram að íbúar Reykjavíkur borga árlega mun minna fyrir húshitun en íbúar annarra höfuðborga á Norðurlöndunum. Mynd 5 sýnir samanburðinn en þar kemur fram að húshitunarkostnaður í höfuðborgum annarra Norðurlanda er á svipuðu reki með rétt rúmlega 67.000 kr. mun á hæsta og lægsta þar sem mesti kostnaðurinn er 313.555 kr. í Kaupmannahöfn. Reykjavík sker sig verulega úr þar sem kostnaður við húshitun nær rétt yfir 90.000 kr. á ári sem er rúmlega 150.000 kr. lægra en í Helsinki.

Mynd 4 *Samanburður á árlegum húshitunarkostnaði heimila á Norðurlöndum (Samorka, 2018).*



Forsendur: 100m2 íbúð, 495 tonna ársnotkun, heimild: {stærstu veitufyrirtæki í hverri höfuðborg}

Orkukostir til húshitunar annars staðar á Norðurlöndum eru ekki einungis dýrari en hérlendis heldur eru þeir ekki nærri eins umhverfisvænir og jarðvarminn sem notaður er til hitunar á um 90% íbúðarhúsa á Íslandi (100% í Reykjavík). Helstu orkugjafar til húshitunar á Norðurlöndunum eru jarðefnaeldsneyti og raforka sem er framleidd með ýmsum hætti, það fer eftir svæðum. Vegna umhverfisáhrifa algengustu orkugjafanna hafa strangari reglur um orkunýtingu húsa verið hluti af markmiðum norrænu þjóðanna til að leggja sitt af mörkum í loftslagsmálum.

4.1 Einangrun húsa – U-gildi

Í byggingarreglugerð eru gerðar lágmarkskröfur til U-gilda byggingarhluta (gr. 13.2.2.) og að hús skuli uppfylla orkuramma samkvæmt gr. 13.2.3. í byggingarreglugerð og staðlinum ÍST 66.

Kostnaður við húshitun og tegundir orkugjafa hafa verið góðir drifkraftar fyrir hin Norðurlöndin til að herða reglur um einangrun húsa. Í íslenskri byggingarreglugerð má finna kröfur

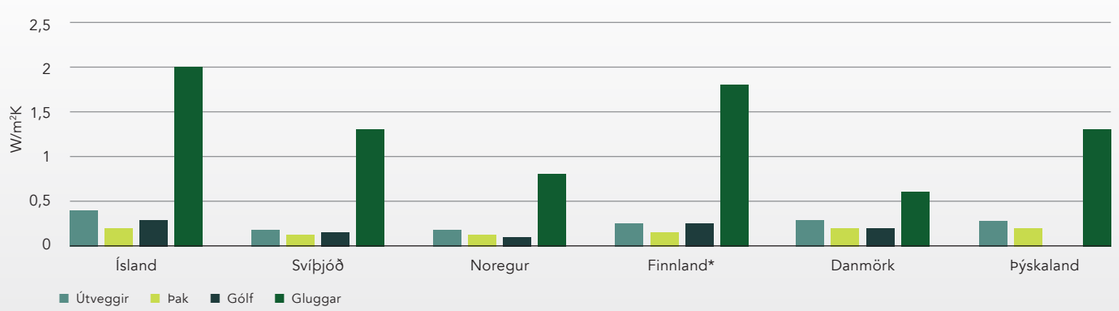
Tafla 6 *Samanburður á gildandi lágmarkskröfum um U-gildi milli Íslands og annarra Norðurlanda og Þýskalands.*

		Leyfilegt hámark U-gildis (W/m2K)			
	Reglugerð	Útveggir	Þak	Gólf	Gluggar
Ísland	Nr. 112/2012	0,4	0,2	0,3	2,0
Svíþjóð	BFS 2011	0,18	0,13	0,15	1,3
Noregur	TEK17	0,18	0,13	0,10	0,8
Finnland*	Peter G. Schild o.fl. (2010)	0,25	0,15	0,25	1,8
Danmörk	BR 18	0,3	0,2	0,2	0,6
Þýskaland	EnEV 2014/2016	0,28	0,2	0,35**	1,3

** Nýrri gildi finnast ekki (Peter G. Schild o.fl., 2010)*

*** Gólf milli kjallara og 1. hæðar*

Mynd 6 *Samanburður á kröfum um U-gildi byggingarhluta miðað við núverandi reglugerðir.*



4.2 Loftþéttleiki húsa og áhrif loftskipta á orkuþörf

Samkvæmt íslenskri byggingarreglugerð skal tryggja loftþéttleika byggingar til að koma í veg fyrir orkutap og óþægindi vegna dragsúgs. En í byggingarreglugerð er ekki gerð krafa um mat á orkuþörf vegna loftskipta, en þessi áhrif þarf að meta þegar áætla þarf heildarorkuþörf húss.

Loftskipti í íbúðarhúsnæði hérlendis eru enn sem komið er að verulegu leyti um opnanlega glugga og svo útsog með loftblásurum í eldhúsi og baði. Í öllum tilvikum er þeim alfarið stjórnað af íbúum og því er erfitt að meta áhrif þessa á orkuþörf. Það má þó telja öruggt að loftræsing sé meiri þegar hlýtt er í veðri heldur en þegar kalt er úti.

Ekki er raunhæft að áætla loftþéttleika við dagsdaglegar aðstæður, en hægt er að finna viðmiðunargildi með því að framkvæma loftþéttleikapróf þar sem lofthleypni er mæld við 50 Pa mismunaloftþrýsting (þ.e. 50 Pa hærri þrýstingur innandyra en utandyra). Íbúðarhús, og annað sambærilegt húsnæði á Íslandi, standast loftþéttleikaprófið svo lengi sem lofthleypni er minni en 3 rúmmetrar á fermetra gólffletar og klukkutíma [m^3/m^2h].

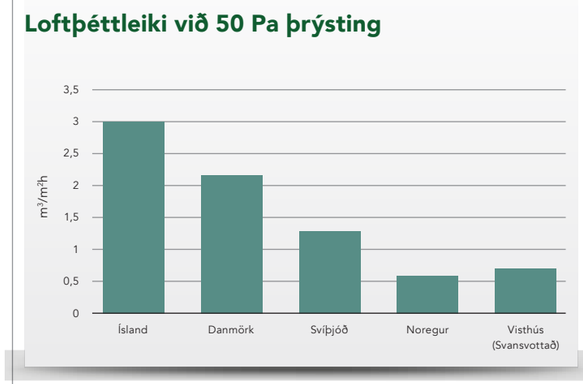
Það er handahófskennt hverjir þurfa að framkvæma loftþéttleikapróf í Danmörku og Frakklandi en víða annars staðar er það eingöngu skylda ef sótt er um fjárhagslegan styrk eða til að fá bestu orkueinkunn byggingar eins og í Þýskalandi (Sara Kunkel o.fl., 2015).

Í byggingarreglugerð er gerð krafa um loftþéttleika byggingarhluta í grein 13.5.1.: Íbúðarhúsnæði og aðrar byggingar þar sem gerðar eru sambærilegar kröfur til innivistar q50 < 3 m^3/m^2h. Fyrir aðrar byggingar er krafan q50 < 6 m^3/m^2h.

Tafla 7 *Samanburður á kröfum um loftþéttleika milli landa skv. núverandi reglugerðum.*

	Reglugerð	Loftþéttleiki við 50 Pa þrýstingr
Ísland	Nr. 112/2012	< 3 m^3/m^2h
Svíþjóð	BFS 2011	≤ 0,6 l/s m^2 (=1,3 m^3/m^2h)
Noregur	TEK17	≤0,6 h-1
Danmörk	BR18	1,0 l/s m^2 (=2,16 m^3/m^2h)
Þýskaland	EnEV 2014/2016	3,0 h-1 (náttúrulegt loftflæði) 1,0 h-1 (vélrænt loftflæði)
Visthús (Svansvottað)	Svansvottun	< 0.68 m^3/m^2h

Mynd 7 *Reglugerðarkröfur um loftþéttleika við 50 Pa kröfur á Norðurlöndunum og mældur loftþéttleiki í Visthúsinu (Svansvottað einbýlishús á Íslandi).*



Mismunandi mælieiningar eru notaðar í löndunum og erfitt er að bera saman þegar ekki er hægt að samhæfa mælieiningar. Hægt er að umrita mælieininguna sem notuð er í Svíþjóð og Danmörku úr l/m^2s yfir í m^3/m^2h. Þegar það er gert sést að Ísland er ekki eins kröfuhart og nágrannar þess þegar kemur að loftþéttleika bygginga. Erfitt var að finna tölur fyrir Finnland. Þýskaland er ekki eins strangt á loftþéttleika eins og Noregur, en hafa skal í huga að í Noregi er nýleg reglugerð (frá 2017) sem herti kröfur um loftþéttleika úr 2,5 h-1 í 0,6 h-1. Búast má við nýrri reglugerð í Þýskalandi á þessu ári (2020) þar sem orkukröfurnar gætu orðið strangari.

4.3 Kuldabrýr

Tekið er á kuldabrúm með mismunandi hætti milli landa. Almennt gildir að minnka eigi kuldabrýr í húsum eftir fremsta megni því annars mun einangrun hússins dvína verulega. Í dönsku reglugerðinni segir að ef ekki er búið að meta áhrif kuldabrúa þá skuli hækka U-gildi hússins um 50% þegar orkuútreikningar eru framkvæmdir. Í íslenskri byggingarreglugerð má finna leyfileg gildi kuldabrúa fyrir undirstöður, útveggi, glugga, hurðir, þak og ofanljós, eins og sjá má í töflu 8. Á meðan fjalla þýskar og norskar byggingarreglugerðir um eitt staðlað eða „normaliserað" U-gildi fyrir kuldabrýr byggingarinnar. Til að mynda skal staðlað gildi kuldabrúa í einbýlishúsi ekki vera hærra en 0,05 W/m^2K og 0,07 W/m^2K fyrir aðrar byggingar. Flest bendir til þess að allar byggingarreglugerðir ítreki að kuldabrýr hafa í för með sér mikið leiðnitap og því skal minnka þær eins og hægt er.

Tafla 8 *Leyfilegt hámark kuldabrúa skv. byggingarreglugerð nr. 112/2012.*

Kuldabrýr/línutap	
Undirstöður	0,12 W/mK
Útveggir/gluggi/hurð	0,03 W/mK
Þak/ofanljós	0,10 W/mK

4.4 Loftræsting með varmaendurnýtingu

Í Svíþjóð skulu allar byggingar með hituðu flatarmáli stærra en 60 m^2 nota loftræstibúnað með varmaendurnýtingu eða varmadælu. Auk þess má finna lágmarkskröfur loftræstibúnaðar í byggingarreglugerð.

Mynd 8 *Kröfur um loftræstikerfi í sænskum nýbyggingum (BFS 2011).*

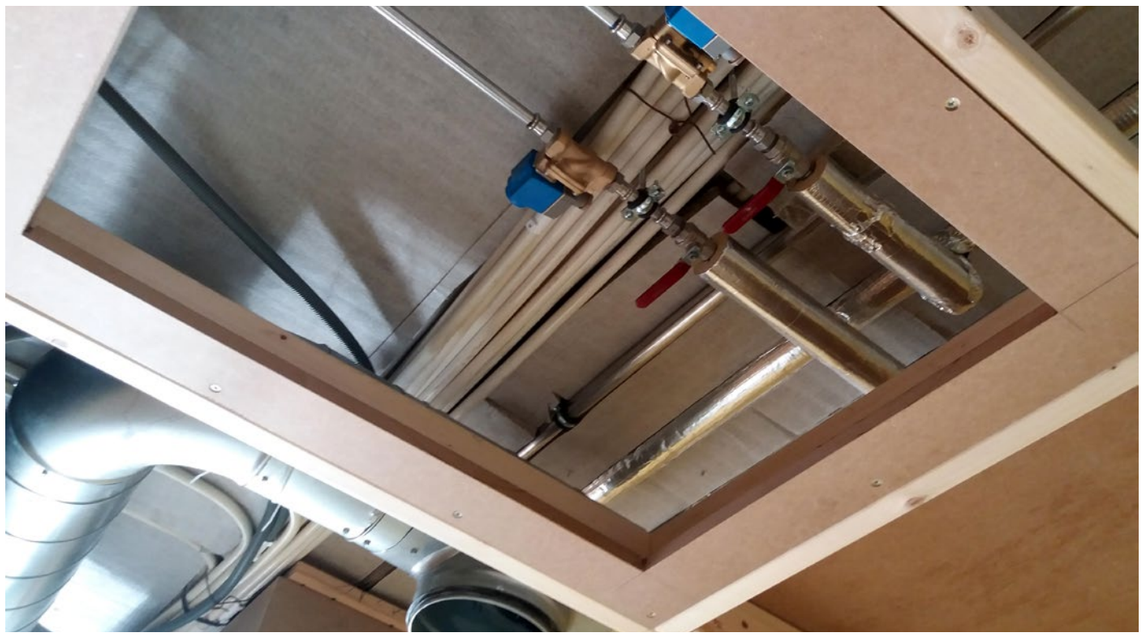
Tabell 9:95 **Maximala värden på SFP (Specifik fläkteleffekt för ett ventilationssystem) respektive SFPv (Specifik fläkteleffekt för ett aggregat)**

	SFP, [kW/(m^3/s)]	SFPv [kW/(m^3/s)]
Från- och tilluft med värmeåtervinning	2,0	2,0
Från- och tilluft utan värmeåtervinning	1,5	1,5
Frånluft med återvinning	1,0	1,0
Frånluft	0,6	0,6

(BFS 2011:26).

Danir krefjast 80% varmaendurnýtingar í loftræstikerfum fyrir nýbyggingar sem hækkar brátt í 85% (K. Smith og S. Svendsen, 2016). Í skýrslu Söru Kunkel o.fl. (2015) kemur fram að í Danmörku og Svíþjóð skulu ný loftræstikerfi hafa varmaendurnýtingu upp á að lágmarki 70% séu þau sett upp. Þó er ekki skylda að setja upp loftræstikerfi í íbúðarhús í Danmörku. Ekki er skylda að setja upp loftræstikerfi í íbúðarhús í Þýskalandi og engin krafa er um það hvort þau þurfa að hafa varmaendurnýtingu ef þau eru sett upp. Hafa skal í huga að síðan þessi skýrsla kom út eru Danmörk og Þýskaland búin að uppfæra byggingarreglugerðir sínar. Í Noregi skal árleg meðalnýtni loftræstikerfis með varmaendurnýtingu vera yfir 80% og má ekki nota meira en 1,5 kW/(m^3/s). Þá skulu hús sem eru stærri en 1.000 m^2 vera útbúin sveigjanlegum varmagjöfum, sem eru ýmsir umhverfisvænni kostir sem einnig eiga að lækka hitunarkostnað, þar á meðal eru loftræstikerfi með varmanýtingu. Þessi krafa á ekki við um smærri hús.

Lagnakerfi. Mynd: Verkís.



5 Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan (2012). Orkumerking bygginga á Íslandi, febrúar 2012.
2. Björn Marteinsson (2001). Hitunarþörf bygginga og orkudagar. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins.
3. Björn Marteinsson (2005). Orkunotkun húsa – ástandskönnun 2005. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Rannsóknarnúmer V-0510.
4. Daniel C. Axelsen (2016). Evaluation of energy demand and energy use of an existing single family building, with special emphasis on energy efficiency of heat exchanger in ventilation (MSc-ritgerð). Háskólinn í Reykjavík. Sótt 24. maí 2019 af hdl.handle.net/1946/25746
5. Eggert Þröstur Þórarinsson og Ólafur Pétur Pálsson (2007). Raforkunotkun á köldum svæðum – úttekt á raforkunotkun til húshitunar. Orkustofnun, maí 2007, ISBN: 978-9979-68-213-4
6. Finnur Sveinsson (12.12.2017) Loftþéttleikapróf. Sótt 11. júní 2019 af: visthus.is/2017/12/12/loftthettleikaprof/
7. Ingimar G. Haraldsson og Jónas Ketilsson (2010). Jarðhitanotkun til raforkuvinnslu og beinna nota til ársins 2009. Orkustofnun, febrúar 2010.
8. Institute Europe (BPIE). ISBN: 9789491143106. Sótt þann 12. júní 2019 af bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/120/BPIE_IndoorAirQualityThermalComfortDaylight_2015.pdf
9. Kevin Smith og Svend Svendsen (2016). Control of Single-room Ventilation with Regenerative Heat Recovery for Indoor Climate and Energy Performance. In. P. Kvols Heiselberg (Ed.) CLIMA 2016 – Proceedings of the 12th REHVA World Congress (Vol.10)
10. Orkustofnun (2018a). Hlutur orkugjafa í hitun húsnæðis byggt á rúmmáli alls hitaðs húsnæðis. Útgáfudagur: 25. júní 2018, Orkustofnun, Talnaefni Orkustofnunar OS-2018-T010-02, sótt af vef Orkustofnunar þann 4. júní 2019: orkustofnun.is/gogn/Talnaefni/OS-2018-T010-02.pdf
11. Orkusetur (2019). Orkusetur – Húshitun sótt þann 28. maí 2019 af: orkusetur.is/hushitun/
12. Orkustofnun (2019a). Gjaldskrár hitaveitna á Íslandi í september 2018. Útgáfudagur: 11. mars 2019, Orkustofnun, Talnaefni Orkustofnunar OS-2019-T001-01, sótt af vef Orkustofnunar þann 4. júní 2019: orkustofnun.is/gogn/Talnaefni/OS-2019-T001-01.pdf
13. Orkusetur (2017). Samanburður á raforkuverði til heimila sótt þann 29. maí 2019 af: orkusetur.is/reiknivelar/raforka/raforkuverd/
14. Orkustofnun (2019b). Niðurgreiðslur á húshitun og dreifingu raforku í dreifbýli 2018. Skýrsla frá Orkustofnun til ferðamála-, iðnaðar- og nýsköpunarráðherra, apríl 2019. Sótt þann 6. júní 2019 af orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2019/OS-2019-02.pdf
15. Orkustofnun (2018b). Varmanotkun á Íslandi 2017 eftir veitusvæðum. Útgáfudagur: 6. apríl 2018, Orkustofnun, Talnaefni Orkustofnunar OS-2018-T008-02, sótt af vef Orkustofnunar þann 6. júní 2019: orkustofnun.is/gogn/Talnaefni/OS-2018-T008-02.pdf
16. Peter G. Shild, Michael Klinski og Catherine Grini (2010). Analyse og sammenlikning av krav til energieffektivitet i bygg i Norden og Europa. Prosjektrapport nr. 55, unnið fyrir SINTEF Byggforsk 2010.
17. Ragnheiður Ásbjarnardóttir (2010). Orkunotkun heimila á Íslandi og mögulegur sparnaður (lokaverkefni). Háskólinn á Akureyri.
18. Samorka (05.09.2018), Húshitun ódýrust hér af Norðurlöndunum. Sótt þann 7. júní 2019 af: samorka.is/hushitun-odyrust-her-af-nordurlondum/
19. Sara Kunkel, Eleni Kontonasioum, Aleksandra Arcipowska, Francesco Mariottini, Bogdan Atanasiu (2015). Indoor air quality, thermal comfort and daylight. Birt í mars 2015 af Buildings Performance
20. Reglugerðir:

Noregur, TEK17: dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/innledning-til-kapittel-14-energi/

21. Svíþjóð, BFS2011: rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2011-26-BBR19.pdf
22. Danmörk, BR18: byggeriogenergi.dk/media/2236/br18_kvikguide_juli18.pdf
23. Þýskaland, EnEV2014/2016: enev-online.com/enev_2014_praxisdialog/index.htm

Útgefandi og ábyrgðaraðili: Grænni byggð

Höfundur:
Bryndís Tryggvadóttir, Verkís

Aðrir sem komu að skýrslunni eru:
Þórhildur Fjóla Kristjánsdóttir, Grænni byggð,
Björn Marteinsson, Rb. á NMÍ og HÍ og
Sveinn Pálsson, Mannvirkjastofnun

Skýrslan er hluti af niðurstöðum úr rannsóknarverkefni um vistvottunarkerfi 2019. Verkefnið er styrkt af Mannvirkjastofnun.

Myndir: VISTA verkfræðistofa, Verkís og Orkuveita Reykjavíkur.