

Mynd 1. Byggingareglugerð gerir kröfur um greinargerð frá hönnuði varðani hita- og rakaástand byggingar.

GREINAGERÐ UM HITA- OG RAKAÁSTAND (Í BYGGINGARHLUTUM OG BYGGINGUM)

Inngangur

Hönnuður skal í greinargerð gera grein fyrir því hvernig tryggt verði að hita- og rakaástand í byggingu verði viðunandi og orkunotkun hófleg (byggingareglugerð, einkum greinar 4.5.3 og 10.1.3).

Alltaf skal tilgreina hönnunarforsendur fyrir hita- og rakaástand.

Greina skal frá tegund loftræsingar; hefur notandinn bein áhrif eða er henni stýrt af öðrum?

Umfjöllun skal byggja á almennri skynsemi og í byrjun einföldum útreikningum (út frá gefnum leiðbeiningum), síðar og í erfiðum tilvikum, ítarlegri umfjöllun.

Umfjöllun skal taka mið af byggingareglugerð og stöðlum, einnig Rb-blöðum þegar reglugerð og staðlar nægja ekki.

Hönnunarforsendur

Innihiti

Varðandi þægindi innilofts vísar byggingareglugerð til staðalsins ÍST EN ISO 7730 (sem fjallar um mat á ánægju fólks með inniaðstæður, sjá skýringu S1). Það eru því engar kröfur í byggingareglugerð um innihita. Í Evrópu er víða miðað við að almennt skuli innihiti í vistarverum þar sem fólk dvelst að jafnaði vera á bilinu 20-26°C.

Í reglugerð Stjtið. B nr. 581/1995, grein 9 um hitun vinnustaða, kemur fram að fyrir kyrrsetustörf er hæfilegt hitastig 18° til 22°C en í kyrrstöðu 16° til 18°C nema annars sé krafist vegna framleiðslunnar.

Loftraki

Í byggingareglugerð eru engar kröfur gerðar varðandi loftraka, en ÍST EN ISO 13788:2012 skilgreinir rakaflokkana 1-4 innanhúss og að auki fimmta flokkinn fyrir sérstök tilvik. Í staðlinum eru íbúðarhús, skrifstofur og sambærilegt húsnæði sett í rakaflokk 2 (sjá skýringu S2).

Hönnun

Innihiti

Í minni byggingum, og/eða þar sem eru fáar fastar viðveru- eða vinnustöðvar, þarf ekki að gera sérstaka grein fyrir árstíðabundnum sveiflum í innihita, né meta hvort kælingarþörf verði til staðar.

Í stærri byggingum, og/eða þar sem eru margar fastar viðveru- eða vinnustöðvar, skal gera sérstaka grein fyrir árstíðabundnum sveiflum í innihita (háð útihita, sólar- og himingeislun og stýrðum loftskiptum í byggingu) og meta hvort kælingarþörf verði til staðar þannig að tryggt verði að innihiti verði ekki óhóflega hár.

U-gildi og varmaþörf

Ákvarða þarf einangrunarþykktir einstakra byggingarluta í samræmi við byggingarreglugerð og staðalinn ÍST 66, sjá skýringu S3.

Fyrir stærri byggingar skal reikna hvernig upphitunar- og kæliþörf er háttáð eftir árstíðum.

Yfirborðshiti og rakapétting; kuldabryr

Meta þarf hvort hætta sé á rakapéttingu eða óheppilega háum loftraka vegna áhrifa kuldabrua eða lélegrar einangrunar, sjá skýringu S4. Hættu á rakapéttingu verður að lágmarka en mat á því hvað telst óheppilega hár loftraki er háð efnisvali, sjá skýringu S5.

Taka þarf tillit til kuldabrua við ákvörðun einangrunar byggingar. Að þessu uppfylltu þá er héraendis oft óheppilega lágur yfirborðshiti á kuldabru frekar ástæða til að draga úr kuldabrum en aukið varmatap eitt og sér gefur tilefni

Loftræsing loftaðra þaka

Leggja skal mat á loftunarþörf loftræsts þaks og sýna gerð og frágang loftrásar (hæð og breidd rásar, stakar mótstöður í rás og loftunarop inn í og út úr rás), sjá einnig skýringu S6.

Hætta á skaðlegu rakaástandi í byggingarluta

Gera skal grein fyrir vali (viðkvæmra) byggingarefna og til hvaða úrræða þurfi að grípa til að vernda þau fyrir rakaálagi.

Meta skal hættu á rakaskemmdum eða sveppavexti í byggingarluta, val aðferðar fer eftir aðstæðum, sjá skýringu S7.

Framkvæmd

Geymsla efnis á byggingarstað

Gera skal grein fyrir hvaða aðbúnaður og verklag verður á byggingarstað svo tryggja megi að viðkvæm efni verði ekki fyrir of miklu rakaálagi.

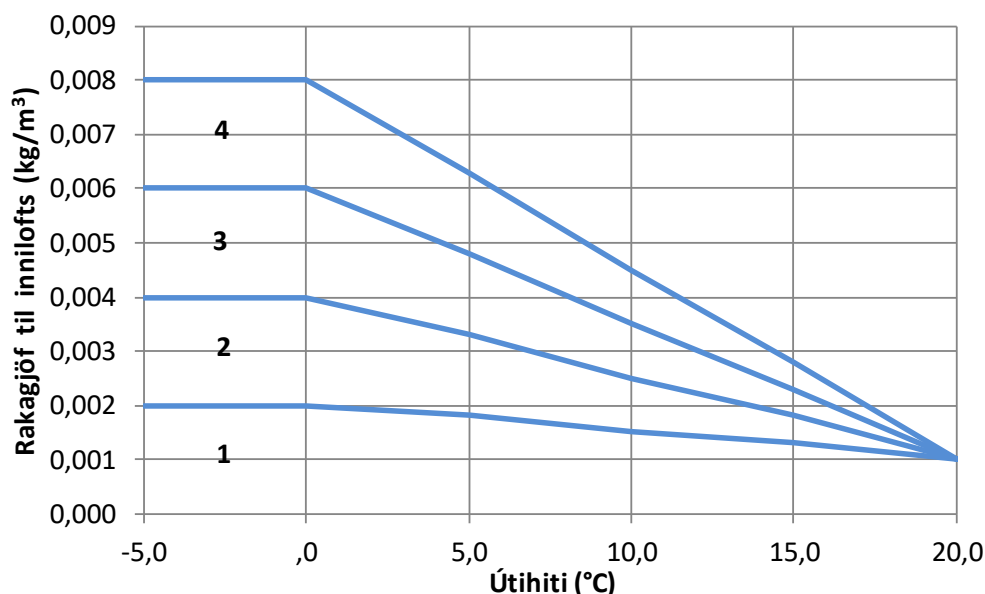
Byggingarraki

Byggingarraki telst hóflegur ef reiknaðar hlutfallsrakaaðstæður í byggingarluta gefa lægri efnisraka en svarar til uppgefina hættumarka efnis, sjá skýringu S8. Í öðrum tilvikum skal skýrt hvernig og hversu hratt umfram byggingarraki verður fjarlægður.

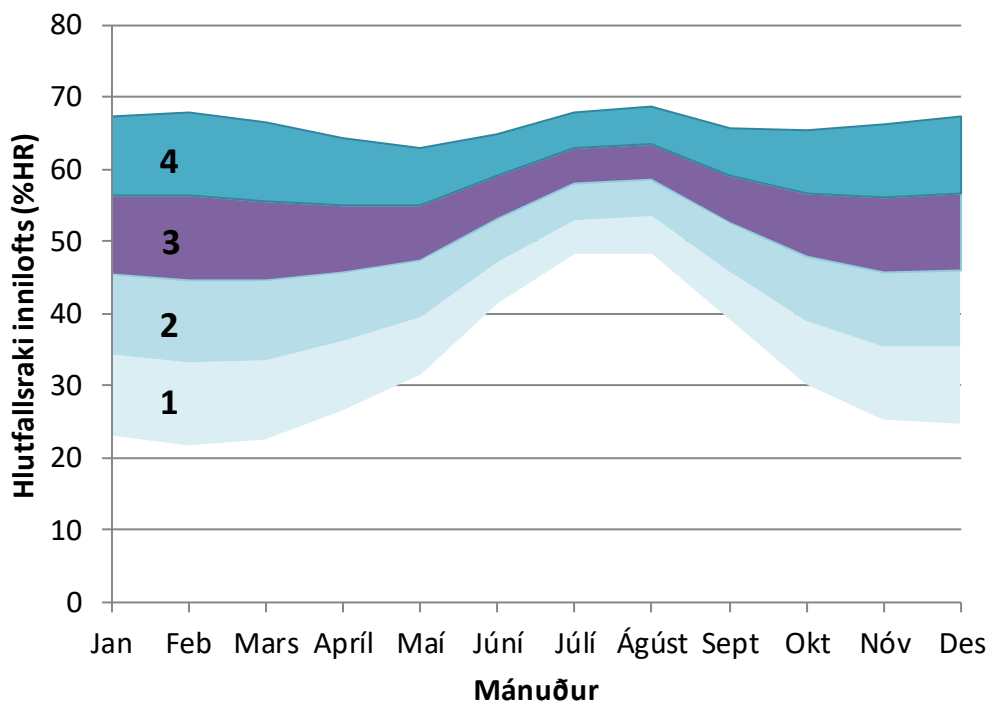
Gera skal grein fyrir hvernig tryggt verði að timbur eða trjákennd efni verði ekki lokað af inni í byggingarluta fyrr en efnisraki er undir 18%.

Hreinsun byggingarluta

Gera skal grein fyrir hvernig háttáð verður hreinsun byggingarluta úr viðkvæmum efnum áður en byggingarluta er lokað, sjá umfjöllun um áhrif óhreininda í skýringu S5.



Mynd 2. Reiknisleg rakabæting í inniloft; (0-8 g/m³ í loftskiptum) (Heimild: ÍST EN ISO 13788:2012).



Mynd 3. Reiknaður hlutfallsraki lofta innanhúss í Reykjavík fyrir mismunandi rakabætingu ($0-8 \text{ g/m}^3$) og innihita 20°C . Útíðstæður eru meðaltal árána 1996-2004.

Skýringar

S1

Staðallinn IST EN ISO 7730 fjallar einkum um hvernig meta megi ánægju fólks með inniðstæður en þar eru einnig skilgreiningar á skynjunarhita (*e: operative temperature*), og ráðgjöf um heppilegan skynjunarhita innandyra háð fatnaði og hreyfingu. Skynjunarhitastig er skilgreint sem það hitastig í rými með geislunartölu $\epsilon=1$ („svart rými“) á öllum flötum, þegar notandi tapar sama varma (vegna geislunar, leiðni og streymis) og hann gerir við raunaðstæður.

Erlendis er iðulega miðað við að innihiti skuli vera á bilinu $20-26^\circ\text{C}$.

Hérlendis eru bara gerðar kröfur til hámarksorkunotkunar vegna hitunar, en engar kröfur gerðar til kælingar. Þegar sól skín inn um glugga er mest hætt á yfirhitun og þar sem lofthiti úti er almennt lægri en innihiti má kæla með aukinni loftræsingu – en þetta getur krafist vélrænnar loftunar.

S2

Staðallinn ÍST EN ISO 13788:2012 skilgreinir rakaflokkana 1-4 þar sem grunnildi rakabætingar er á bilinu $2-8 \text{ g/loftræstan m}^3$ (og að auki fimmta flokkinn fyrir mjög rakar inniðstæður) en rakabæting í hverjum flokki er þó háð útilofthita (mynd 2). Út frá áætlaðri rakabætingu og útíðstæðum má þá reikna áætlaðan hlutfallsraka innilofts [%HR], fyrir Reykjavík sjá mynd 3.

Í sama staðli er miðað við að íbúðarhúsnæði, skrifstofur og sambærilegt sé í rakaflokki 2 (mælingar hérlendis á

takmörkuðum fjölda íbúðarhúsa, árið 1994 í Reykjavík¹, bentu þó til að slíkt húsnæði væri á mörkum flokka 1 og 2).

S3

Í byggingarreglugerð eru gerðar kröfur til hámarksgildis á kólnunartölum (U-gildum) og út frá þeim gildum, stærðum byggingarluta og að teknu tilliti til kuldabréa skal ákvarða raungildi einangrunar einstakra byggingarluta í samræmi við ÍST 66 sem sýnir dæmi um slíka útreikninga. Í staðlinum er einnig tafla með kuldabréugildum fyrir nokkur algeng tilfelli hérlendis.

Krafa reglugerðarinnar gerir að verkum að erfitt er að uppfylla hana fyrir steipt hús sem er einangrað að innan og kuldabryr verða á plötujöðrum (og vegna sumra innveggja); raunar er það bara hægt í sértílvikum eins og sýnt er í meðfylgjandi dæmi í töflu 1.

Í töflu er sýnt dæmi um íbúðarhús á þrem hæðum og með geymslurými í kjallara. Húsið er steipt; kjallari og tvær hæðir en efsta hæð léttbyggð. Þungir veggir eru einangraðir að innan og múraðir, steiptar gólfplötur ganga út í steipt burðarvirkið (kuldabryr!). Hluti þungra útveggja eru aðfylltir að utanverðu og þá einangrað aukalega milli steypu og jarðvegs (jörð+aukin einangrun lækkar varmatap umtalsvert). Þak er að hluta léttbyggt (efsta hæðin) en að hluta steipt (þak 2.h/ inndregnar svalir 3.h). Gluggar eru með timbur/ál karma og gler með U-gildi 1,1. Hlutfall glugga af veggfleti er það lítið að auðveldlega má uppfylla kröfu um vegið U-gildi veggflatar

¹ Björn Marteinsson (1999) Rakamælingar í íbúðum, á ráðstefnu Lagnafélags Íslands; Loftræstingur í íbúðarhúsum, 5. mars 1999

Tafla 1. Hámarks U-gildi byggingarhluta svo kröfur byggingarreglugerðar séu uppfylltar.

Steypt hús, einangrað að innan	Fullhitið bygging				Hönnunargildi				
	Húshluti	Orkurammi				U	A	ΔT	Φ
U		A	ΔT	Φ	W/m ² K				
Útveggir – þungir	0,40	352,2	35	4.931	0,33	352,2	35	4.068	
Útveggur – þungur, +50mm ein, aðfyllt 2,5m	0,40	99,5	35	1393	0,16	99,5	35	557	
Útveggir – léttir	0,30	8,5	35	89	0,3	8,5	35	89	
Gluggar og hurðir	2,0	160,5	35	11.235	1,7	160,5	35	9.550	1)
Útihurðir	3,0		35	0	2,2		35		
Þak steyp	0,20	99,7	35	698	0,2	99,7	35	698	
Þak létt	0,20	76,7	35	537	0,2	76,7	35	537	
Gólf	0,30	177,6	15	799	0,2	177,6	15	533	
Jaðarsvæði (kuldabryr)	0,40	49	35	686					
.. Rofin kuldabru (U+dU) DS 418									
Heild				20.368				16.032	
Vegið meðaltal veggja, glugga og hurða	0,81	≤	0,85		0,66	≤	0,85		
Kuldabryr	Ψ	l	ΔT	Φ	Ψ	l	ΔT	Φ	
	W/mK	m	K	W	W/mK	m	K	W	
Kuldabru v. gólfplatna (jaðareinangrun)					0,466	210,1	35	3.427	
Kuldabru, innveggir í útvegg					0,626	34,9	35	765	
..									
.. Kuldabryr alls								4.191	
Heild				20.368			≥	20.223	OK

¹⁾ Athugasemdir; Á markaði eru til gluggar með $U_g=1,17$, heildarutanmál glugga stærð $b \times h=1230 \times 1480$ gefur $U_w=1,33$

(mest 0,85) með gluggum sem uppfylla lágmarksákvæði reglugerðar (U -gildi=2,0); það er því svigrúm til að nota umtalsvert betri glugga og ná þannig leiðnitapi niður. Dregið er úr kuldabru steyptra platna (áhrif reiknuð í tvívíðu sniði með smámunaaðferð; e. finite difference) út í útvegg með innsteyptri 40 mm FoamGlass einangrun neðan í plötukanta (þá þarf ekki að brunaverja einangrunina með t.d. múr).

Í töflunni er reiknaður orkurammi út frá ákvæðum byggingarreglugerða um U -gildi og raunstærðum einstakra byggingarhluta (vinstri hluti töflunnar), síðan er tekið tillit til áhrifa kuldabrua og einangrun byggingarhluta aukin þar sem það er talið hagstæðast hverju sinni. Valið er að auka einangrun þaks og útveggja (almennt og viðbótareinangrun á aðfyllta vegg) og velja glugga með vegið U -gildi hæst 1,7 (t.d. Velfac edge $U_g=1,17$, $U_w=1,33$).

Reiknuð heildarflþörf vegna leiðni (20°C inni, -15°C úti) fæst sem 20223 W, en orkuramminn gaf 20368 W og kröfur byggingareglugerðar því uppfylltar með þeim forsendum sem notaðar eru í dæminu.

S4

Þegar efnislag er samsett er hægt að reikna U -gildi með nægjanlegri nákvæmni með hefðbundnum aðferðum, svo lengi sem hlutfall leiðnitala efna í samsettu lagi er ekki stærra en 1:4, í öðrum tilvikum (kuldabryr) verður að nota aðrar aðferðir s.s. smábúta- (*e. finite element*) eða smámunaaðferðir (*e. finite difference*). Tvö dæmi um kuldabryr og áhrif þeirra eru sýnd á mynd 4. Í ritinu „Varmaeinangrun húsa“² er sýnd aðferð til að áætla áhrif kuldabrua með einfaldaðri aðferð (þar eru einnig gildi fyrir sex gerðir kuldabrua). Í ÍST 66 er tafla með gildum fyrir nokkrar algengar kuldabryr í steypu húsi sem einangrað er að innanverðu.

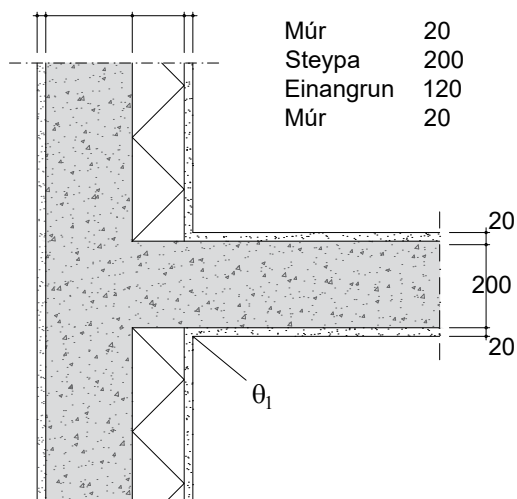
Kuldabryr verða þar sem einangrun er rýrð verulega eða rofin alveg af einhverju áberandi betur leiðandi efni (þá iðulega miðað við að hlutfall leiðnitala efnanna sé hærra en 4). Yfirborðshiti á kuldabru er alltaf lægri en hann væri ef hún væri ekki til staðar, og hætta verður á staðbundið háum loftraka við yfirborð eða jafnvel rakapéttingu á yfirborði.

² Guðmundur Halldórsson, Jón Sigurjónsson (1992) Varmaeinangrun húsa, rit nr. 30, Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Keldnaholt III. útgáfa

Dæmi 1

Steypt milligólf út í steypan vegg

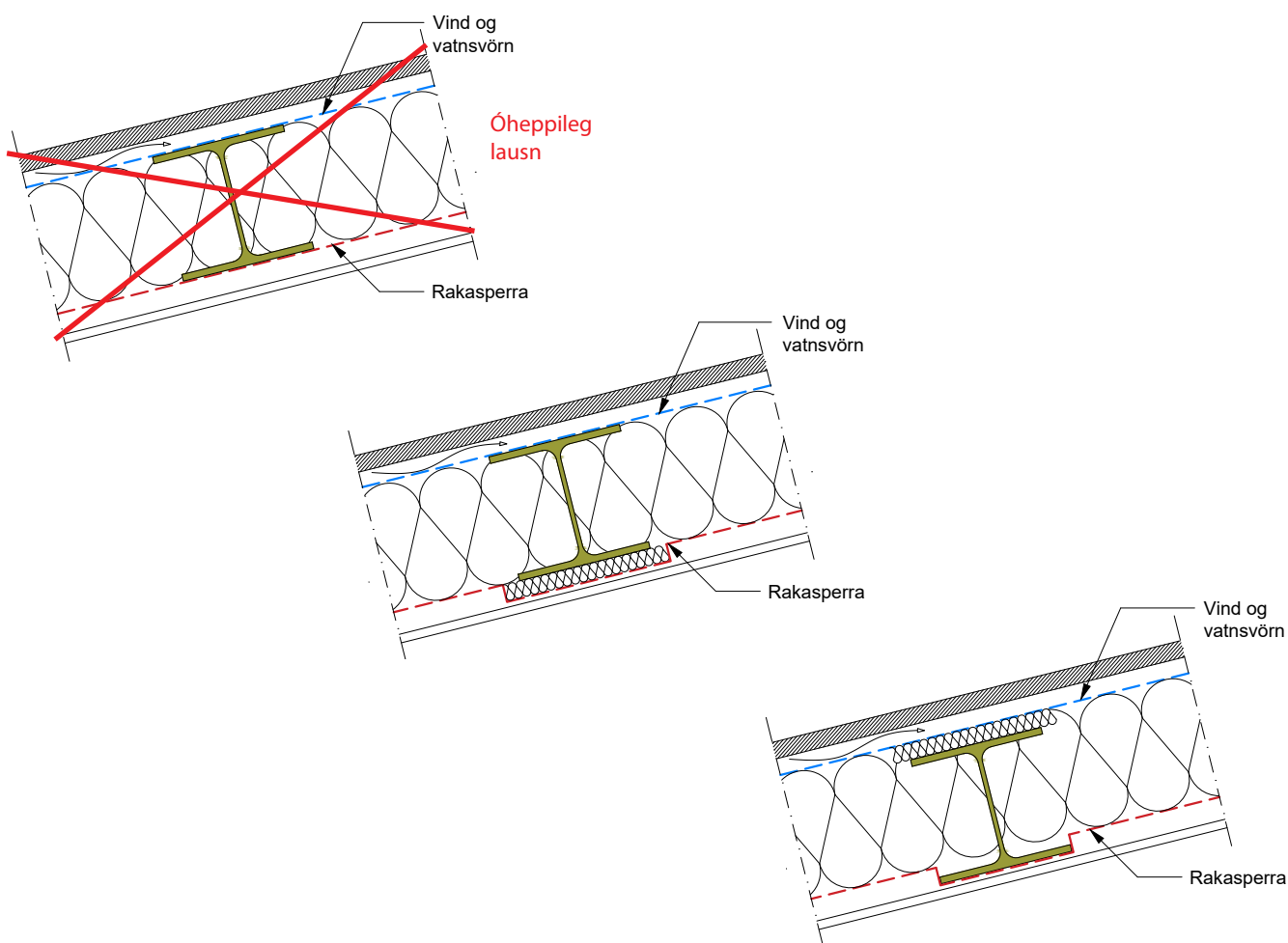
Kuldabré	Ψ	1,0 W/mK
Hitaástand; inni		20°C
Úti		-10°C
Kverk (Θ_1)		12°C

**Dæmi 2**

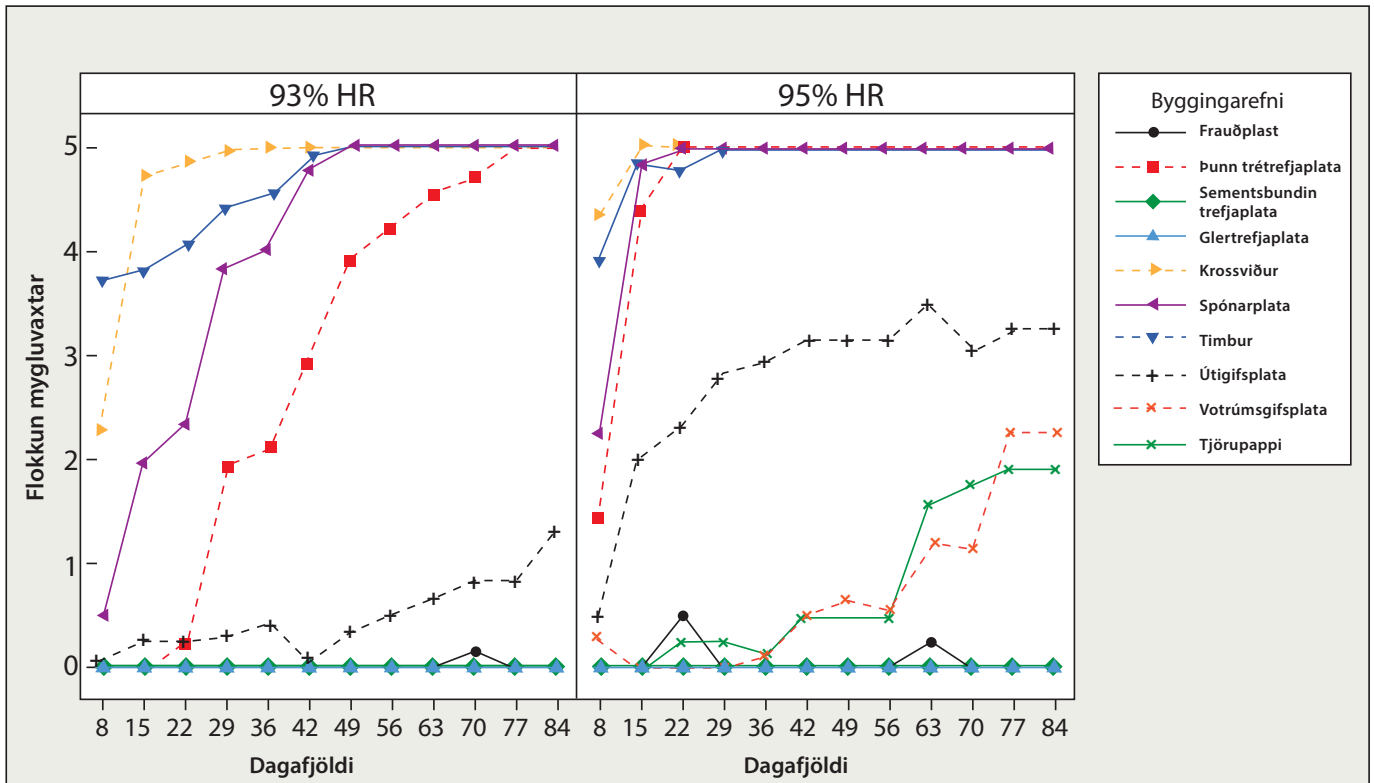
Stálburðarbiti sem gengur í gegnum einangrunarlag

Kuldabré	Ψ	0,83 W/mK
Hitaástand; inni		20°C
Úti		0°C
Biti að innan		10°C

Nauðsynlegt er að einangra bitann annaðhvort að utan eða innanverðu.



Mynd 4. Steypt milligólf út í steypan vegg (dæmi 1) og stálburðarbiti í gegnum einangrunarlag (dæmi 2).



Mynd 5. Niðurstöður rannsóknna á 10 algengum byggingarefnum í Svíþjóð.

S5

Ekki hefur farið fram nein könnun héraðs á myglunæmi byggingarefna sem hér eru notuð, því verður að nota erlendar viðmiðanir.

Í Svíþjóð³ eru gefin upp viðmiðunarmörk rakaástands (s. *Kritískt fukttilstand*) sem byggjast á áhættumati varðandi sveppavöxt; þar sem áhættan við innihita er talin vera aðeins fáein % (metið yfir margra vikna tímabil).

Tafla 2. Viðmiðunarmörk rakaástands [%HR] fyrir ýmis byggingarefni.

Efnishópur	Viðmiðunarmörk rakaástands (%HR)
Timbur og trjákennd efni	75 - 80
Gífsplötur með pappír	80 - 85
Gler- og steinull	90 - 95
Frauðplasteinangrun (EPS)	90 - 95
Steypa	90 - 95

Gildin miðast við hrein efni, óhreinindi valda aukinni mygluhættu þannig að viðmiðunarmörk verða 75-80% óháð efnistegund.

Efni mega mest vera gegnblaut í tvo til þrjá daga án þess að hætta sé á mygluvesti.

Sænska byggingarreglugerðin, „Ef viðmiðunarmörk rakaástands efnis eru ekki vel þekkt og skráð, þá skal miða við að hættumörk liggja við 75%HR“.

3 Pernilla Johansson. 2006. Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial, Bygg & teknik 1/06

Til upplýsingar er hér enn fremur texti úr sænski heimild⁴ um mygluhættu nokkurra byggingarefna:

Matsaðferðin byggist á skoðun yfirborðs með viðsjá.

Tafla 3. Flokkun mygluvaxtar á byggingarefnum skv. sænski rannsókn.

	Skýring
0	Enginn vöxtur
1	Lítill, eða mjög dreifður, vöxtur
2	Veikur, dreifður vöxtur. Einstaka gróberar.
3	Staðbundið kröftugur vöxtur. Sýnilegir gróberar.
4	Allt efnið (yfirborðið) með kröftugan vöxt
5	Allt efnið (yfirborðið) með kröftugan vöxt, oft þekjandi og sýnilegur berum augum.

Rannsókn var gerð á 10 algengum (í Svíþjóð) byggingarefnum, prófuð við 22°C og 93 og 95% HR en rannsóknartíminn var 90 dagar. Sjá niðurstöður á mynd 5.

Sveppategundir sem urðu fyrir valinu eru þeir sem oftast greinast á byggingarefnum almennt í rakaskemmdum byggingum.

S6

Í byggingarreglugerð er tilgreint viðmið um (virka) stærð inn- og útloftunaropa og hæð loftrásar (í þunnu loftbili, þ.e. einangrað milli sperra) fyrir lítill, einföld þök. Þegar þök stækka eða flækjustig vex (brot í þakfleti, þakgluggar eða fyrirstöður)

4 Pernilla Johansson og Annika Ekstrand Tobin. Rapport från forskningsrådet: Vad möglar i 95 procent och 93 procent RF efter tre månaders exponering?, Bygg & teknik 2/08

þarf að leggja mat á hver loftun þakanna verður. Í loftræstum þökum skiptir loftþéttleiki milli innilofts og þakrásar höfuðmáli og þegar þök eru flókin ætti alltaf að mæla loftþéttleikann til að skoða hvort frágangur (loftþéttleiki) rakavarnarlags í léttu þaki sé ásættanlegur (þegar þök eru léttbyggð, og hátt rakaálag innandyra, er ástæða til að gera stífari kröfur til þéttleika en lágmarkskrafa byggingarreglugerðar, gr. 13.5.1 segir til um).

S7

Viðmiðunarmörk fyrir hættu á mygluvexti eru flókin og almennt þarf að meta tímallengd hættunnar á að saman fari hár loftraki og hitastig yfir einhverjum mörkum sem ráðast af tegund byggingarefnis, sjá skýringu S5. Slíkt mat verður trauðla gert nema í þar til gerðum hugbúnaði („bio“ módúlar í t.d. WUFI eða Delphin).

Hægt er að meta hættu á rakapéttingu eða tímabundið háum loftraka í byggingarhluta með einfaldari aðferðum, s.s. aðferð Glasers, en sú aðferð er talin gefa niðurstöður öruggu megin í tilvikum þegar ekki þarf að taka tillit til áhrifa sólar- og himingeislunar eða vætingar frá úrkomu. Í tilvikum þegar niðurstöður Glaser aðferðarinnar liggja á mörkum þess sem heppilegt er, eða fara yfir mörkin, er ástæða til að skoða nákvæmari aðferðir.

- A. Þegar rakabæting í inniloft er 2 g/m^3 eða minni, sýnt verður fram á að efnisraki byggingarhluta þegar þeim er lokað verði hóflegur (lægri en viðmiðunargildi í töflu), og notaðar eru áður viðurkenndar byggingaraðferðir þarf ekki að gera nákvæma hita- og rakagreiningu.

Í þessum tilvikum nægir að nota aðferð Glasers til að skoða hvaða rakaástands megi vænta í byggingarhlutum og þannig meta, með tilvísun til töflugilda, hvort hættu sé á mygluvexti í byggingarhluta.

- B. Þegar rakabæting er meiri en 2 g/m^3 , ekki er tryggt að byggingarraki verði hóflegur þegar byggingarhlutum er lokað, eða byggingarhlutar eru flóknir eða óreyndir að gerð (stórir, margbrotnir eða óreyndar lausnir) skal leggja fram ýtarlega hita- og rakagreiningu fyrir einstaka byggingarhluta.

Aðferðafræði við mat á raka- og mygluhættu má t.d. finna í (sænska) ByggaF og M-metoden.

Dæmi: Í töflu 4 er sýnt dæmi um aðferð Glasers á steypum vegg sem er einangraður að innanverðu.

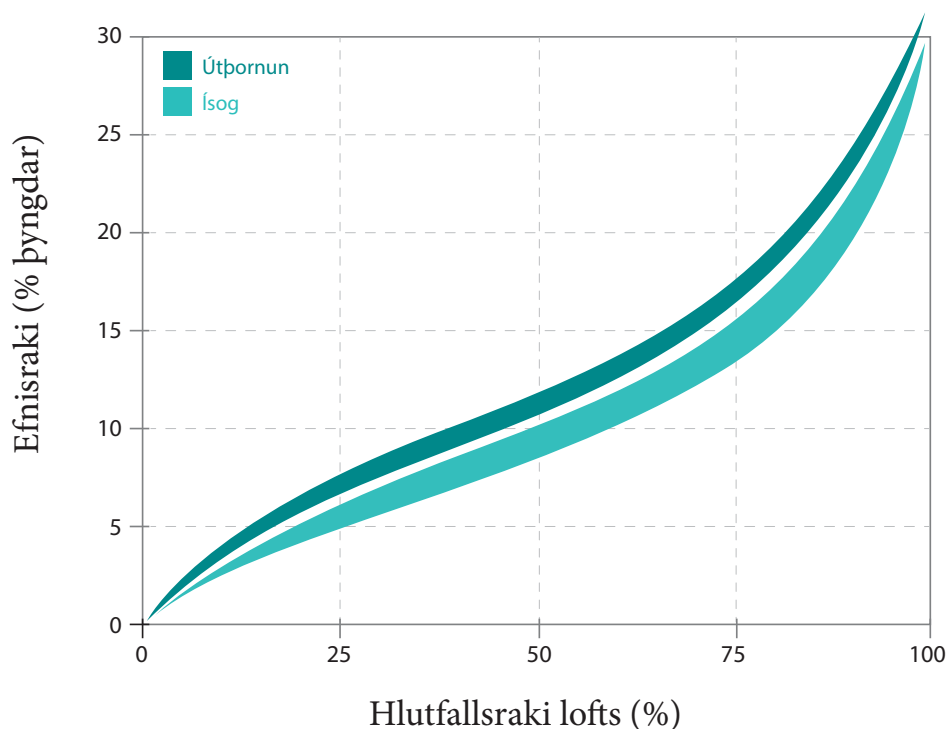
Með gefnum forsendum sést að ekki verður rakapétting í veggnum (mettunarrakaprýstingur alltaf hærri en reiknaður gufuprýstingur; loftrakai < 100) en hinsvegar sést að reiknaður loftraki verður 80% (sem er nærri mettunarmörkum) á skiluð frauðplasts og steypu.

S8

Samband milli efnisraka og jafnvægisraka lofts fæst úr jafnvægisrakalínuriti fyrir viðkomandi efni. Taka skal mið af viðmiðunarmörkum fyrir efni, sjá skýringu S5.

Dæmi um jafnvægisrakalínurit, fyrir timbur, má sjá á mynd 6:

<https://www.traguiden.se/om-tra/byggfysik/fukt/fukt/fuktinnehall-och-sorptionskurvor/?previousState=1>



Mynd 6. Dæmigerður jafnvægisraki barrviðar.

Tafla 4. Kólnunartala, hitadreifing og rakaástand í sniði; aðferð Glaciers.

Byggingarhluti - kólnunartala og rakaástand í sniði										Dags.: _____			
										Framkv.: _____			
Innloft-hiti (°C);				22	Vindhraði:				5				
EFNISLAG (hiti)					EFNISLAG (raki)					Gufuþrýstingur			
Efnislag	Þykkt (mm)	Uppg. leiðnit. (W/mK)	Uppg. mótstaða (m²K/W)	Mótst. tala (m²K/W)	Hita- stig (°C)	Uppg. rakaf. t. (mý)	Uppg. mótstaða (sd)	Raka mótstaða (Z)	Loft- raki (%)	Reikn. í sniði (Pa)	Mett- unar- þrýst. (Pa)		
Inni					20,0				35	818	2338		
Innri yfirborðsmótstaða			0,130	0,13			0,008	4,0618E+07					
.....— skil					19,2				37	818	2219		
Alkyd málning (2x)	0,1	1,000		0,00			3,5E+00	1,7771E+10					
.....— skil					19,2				35	786	2219		
Múr	25	1,200		0,02		1,95E+02		2,4785E+10					
.....— skil					19,0				34	742	2201		
Frauðplast	100	0,036		2,78		1,00E+02	2,00E-01	5,2158E+10					
.....— skil					1,1				98	647	660		
Steypa	180	1,900		0,09		8,50E+01		8,1981E+10					
.....— skil					0,5				79	499	631		
Múr	20	1,400		0,01		2,00E+01		2,1455E+09					
.....— skil					0,4				79	496	627		
Akryllatex	0,1	1,000		0,00			3,50E-01	1,7771E+09					
.....—					0,4				79	492	627		
.....—										492			
Ytri mótstöðutala			0,040	0,04			0,001934	9,8207E+06					
Úti					0,1				80	492	615		
							Z1=	9,4755E+10					
...varmaflæðismótstaða				3,08			Z2=	8,5914E+10					
...U-gildi				0,32			Rakaflæðismótstaða alls	1,8067E+11			Rakaþ. (kg/m² h)	1,3659E-05	

Almenn umfjöllun og reynsluatriði; Byggingarhlutar – Hita- og rakaástand

Undirstöður og gólf Steyptir sökklar og plata á fyllingu

Almennt:

Grunnvatnsborð nærri undirstöðum eða uppdráttur raka með hárpípukröftum getur haft óheppileg áhrif á rakaástand í undirstöðum og plötu.

Í fyllingu undir gólfum má gera ráð fyrir að loftraki sé almennt hár og eðlilegt er að miða við hlutfallsraka allt að 100% HR nema sýnt sé fram á annað. Einangrun undir gólfplötu mun tryggja að loftraki á neðri hlið steyptrar plötunnar verður umtalsvert lægri en í fyllingunni þar undir.

Til athugunar:

Gera skal grein fyrir staðsetningu drens við undirstöður og að ekki sé hætt á að sökklar dragi upp raka með hárpípukröftum eða að rakaástand undir plötu verði óheppilegt vegna uppdráttar raka með hárpípukröftum frá grunnvatnsyfirborði (ekki rakanæm fylling undir plötu).

Gera skal grein fyrir hvað mestur steypuraki má vera svo að leggja megi yfirborðsefni á gólflið (háð tegund yfirborðsefnis og frágangi) og hvernig fylgst verður með steypurakanum.

Ef timburvirki stendur á steyptri undirstöðu skal gera grein fyrir hvernig tryggt verður að hugsanlegur raki í undirstöðu hafi ekki óheppileg áhrif á efnisraka timburhlutans.

Almennt er ekki þörf á rakavarnarlagi undir steyptri plötu, ofan á einangrun á fyllingu.

Útveggir Steyptur veggur einangraður að innanverðu

Almennt:

Vitað er að þegar loftraki innandyra er hár verður rakaástand í byggingarhlutanum a.m.k. tímabundið óhagstætt og rakapétting á sér jafnvel stað. Þegar ekki er eiginlegt rakavarnarlag í veggnum þarf því að velja yfirborðshúð á innra yfirborðið af kostgæfni, háð rakaálagi í innlofti.

Til athugunar:

Nauðsynlegt er að reikna hita- og rakaástand í sniði og meta hættu á tímabundið háum efnisraka/loftraka. Sérstaklega skal athugað hvort rakauppsöfnun vegna rakapéttingar nái að þorna út að sumarlagi eða hvort rakauppsöfnun sé viðvarandi frá einu ári til þess næsta.

Meta þarf áhrif kuldabrua á yfirborðshita (og hættu á staðbundið háum yfirborðsraka eða jafnvel rakapéttingu).

Sérstaklega skal gera grein fyrir ísetningu glugga og hurða, gera grein fyrir ætluðu viðhaldi frágangs og leggja mat á lekahættu.

Þegar veggur er einangraður í grind (og almennt þegar innsti frágangur er plötu- eða panelklæðning) skal setja rakavarnarlag í vegginn og gerð er krafa um að lagnir eða annar frágangur gangi ekki í gegnum rakavarnarlagið. Ef rakavörn er rofin vegna frágangs (t.d. við brunaveggi eða einhvern annan frágang) skal frágangi lýst og það rökstutt sérstaklega að þetta muni ekki hafa óheppileg áhrif á raka- eða hitaeiginleika veggjar.

Steyptur veggur einangraður að utan og klæddur

Almennt:

Þekkt er að útveggjaklæðningar eru ekki endilega vatnspéttar og því alltaf hætt á að vatn komist inn fyrir klæðningu. Sérstaklega gildir þetta við glugga og hurðir en einnig á ofanverðum veggjum. Þegar gluggar eru settir í eftir á (ekki ísteyptir) skiptir frágangur milli karms og steins mjög miklu máli svo tryggt sé að skeytin séu loftþétt og ekki sé hætt á vatnsleka á skeytunum. Lágmarka þarf áhrif vinds og vatns á einangrunareiginleika og tryggja þéttleika steyptra yfirborðs veggjarins almennt gagnvart vindi og vatni.

Til athugunar:

Gera skal grein fyrir vali og frágangi klæðningar, gera grein fyrir ætluðu viðhaldi frágangs og leggja mat á lekahættu (sérstaklega umhverfis glugga og hurðir).

Gera skal sérstaka grein fyrir hvernig péttingu er háttáð milli karma og steins ásamt péttingu steyptra yfirborðs almennt, gustvörn einangrunar og vörn gegn vætu.

Almennt er ekki nauðsynlegt að reikna hita- og rakaástand í sniði þar sem ekki er talin hætt á tímabundið háum efnisraka/loftraka í byggingarhlutanum.

Timburútveggur

Almennt:

Fjölmörg dæmi eru um eldri timburveggi sem hafa enst ágætlega þó svo þeir uppfylli ekki frágangskröfur sem gerðar eru í dag; þeir eru iðulega illa einangraðir og án rakavarnarlags. Skýringin á endingunni er einmitt sú að veggirnir eru illa einangraðir og iðulega ekki vindþéttir; þá eru loftskipti í

vegggrindinni sem þurrka út þann raka sem kann að berast út í vegginn innan frá, nú eða leka utan frá og inn í vegginn.

Til athugunar:

Nú þegar gerðar eru mun meiri kröfur til einangrunar en áður var og að byggingarhlutar almennt skuli vera nokkuð loftþéttir, þarf að huga sérstaklega að raka- og vindvörnum timburveggja.

Hvernig er tryggt að lofstreymi verði ekki úr húsi og út í byggingarhlutann?

Frágangur klæðningar og lekahætta.

Gluggar

Almennt:

Þegar útveggir eru steypfir og einangraðir að innanverðu hafa gluggar ýmist verið steypfir í eða settir í eftir á. Aðferðirnar eru hér lagðar að jöfnu, þó að sennilega sé munur á viðhaldspörf, svo framarlega sem vinnubrögð og efnisgæði eru vönduð.

Í vaxandi mæli eru veggir klæddir að utan og gluggar þá settir í eftir á. Aðferðin hefur ekki verið vandkvæðalaus og þarf að vanda sérstaklega til alls frágangs.

Til athugunar:

Gluggakarmur verður að vera þéttur að steypu veggyfirboði, þetta gildir hvort sem veggur er einangraður að innan- eða utanverðu.

Dropnef þarf að vera á glerisetningarlistum í undirfölsum og æskilegt að það sé einnig í undirkarmstykki ef það nær út yfir vatnsbretti.

Þegar vegið U-gildi glugga (gler, karmur og áhrif glerjaðars) er ákvarðað virðast Evrópureglur gera ráð fyrir að nota megi reiknað gildi fyrir „staðlaða“ Evrópugluggann; $b_x h = 1230 \times 1480$ mm fyrir hvaða gluggastærð sem er.

Klæddir veggir:

Gera má ráð fyrir því að vatn geti komist í einhverjum mæli inn fyrir einangrun og renni þá niður yfirborð (t.d. steypu) sem er þar fyrir innan. Glugga- og hurðakarma verður því að þetta vel að þessu yfirborði, sem verður sjálfst að vera vatnsþétt.

Í steypum vegg, sem einangraður er að utan og klæddur, lenda glugga- og hurðakarmar iðulega utan við steypu og þarf þá að gæta sérlega vel að vatnsvörn ofan við glugga þannig að ekki sé hætt á að vatn komist niður á milli karms og glers, eða að vatn standi um lengri tíma á efnum (t.d. timbri) sem eru viðkvæm fyrir raka.

Vatnsbretti yfir og undir glugga þurfa að vera þannig frágengin að vatn komist ekki inn fyrir vatnsbretti og inn á bak við klæðningu, þ.e. þau þurfa að vera nægjanlega uppbrett (eða með ásett stykki) á aftari langhlið og báðum endum.

Vatnsbretti undir glugga má ekki sitja of hátt þannig að hætt sé á að neðri brún karms eða gluggafrágangs liggja of þétt niður að vatnsbretti; þarna þarf að vera minnst 5 mm rífa.

Þak

Almennt:

Val þakgerðar, efnisval og kröfur til hönnunar og frágangs fara í aðalatriðum eftir eftirfarandi sjö áhersluatriðum:

- Inniaðstæðum
- Veðuráraun og hæð yfir jörðu
- Þakhalla
- Flækjustigi, hversu flókið þakformið og frágangur er
- Aðgengi til skoðunar og viðhalds
- Stærð þakflatar
- Reynslu af lausnum og framkvæmdaraðilum

Hönnuður skal gera almenna grein fyrir þessum atriðum út frá aðstæðum og vali þakgerðar.

Loftræst þak

Almennt

Þök eru iðulega staðbyggð héraendis og því talsverð hætt á að byggingarraki sé til staðar þegar byggingarframkvæmdum er lokið. Héraendis hafa málmklæðningar verið vinsælar á þök, en einhvern tímann á notkunarferli slíkra þakklæðninga má vænta þess að raki geti smitað eða lekið með festingum. Loftun í loftræstu þaki er ætlað að taka upp umframraka í loftrás og lofta hann út úr þakinu. Aðferðin hefur gefist allvel á minni húsum með einfalda þakgerð og þar sem drifkraftur fyrir loftun er til staðar, en í flóknari þökum (stærri þök eða fyrirstöður í þakrás, s.s. þakgluggar eða stefnubreytingar í loftrás) þarf fulla aðgát.

Í byggingarreglugerð er tilgreint viðmið um (virka) stærð loftopa inn í og út úr loftrás fyrir þök og enn fremur hæð loftrásar þegar einangrað er milli sperra (þak með þunnu loftbili) fyrir lítil, einföld þök. Þegar þök stækka eða flækjustig vex (brot í þakfleti, þakgluggar eða fyrirstöður) þarf að leggja mat á hver loftun þakanna verður. Í loftræstum þökum skiptir loftþéttleiki milli innlofts og þakrásar höfuðmáli og þegar þök eru flókin (léttbyggð) ætti alltaf að mæla loftþéttleikann til að skoða hvort frágangur (loftþéttleiki) rakavarnarlags í léttu þaki sé ásættanlegur.

Í loftræstum þökum þarf alltaf að vera til staðar:

- i. drifkraftur fyrir loftun (vindloftun, loftun vegna hitamismunar, vélræn loftun)
- ii. loftrás sem er nægjanlega opin svo að tilætluð loftun geti átt sér stað. Hér þarf sérstaklega að taka tillit til áhrifa frá flugnanetum eða ristum í inn- og útopum rásar.

Hönnun loftræstra þaka ræðst af stærð þaks og flækjustigi almennt:

- A. Þegar húsin eru lítil og þökin einföld þarf ekki að rökstyðja þakgerðina, þá nægir að skýra frá því hvaða drifkraftur er ætlaður til loftunar og uppbyggingu loftrásar (hæð og breidd loftrásar, einstakar mótstöður í rás, stærð og gerð inn- og útloftunaropa).
- B. Þegar þökin eru stærri eða flóknari skal skýra frá því hvaða drifkraftur er ætlaður til loftunar ásamt uppbyggingu og gerð loftrásar. Meta skal loftunargetu loftrása og leggja mat á hvort hún verði nægjanleg.

Til athugunar

Þegar talað er um lítið, einfalt, þak er t.d. verið að miða við einhalla- eða risþak á einbýli eða litlu fjölbýli, þak með fá brot í þakfleti og fáar, ef einhverjar, fyrirstöður í loftunarrásum (lítið um þakglugga).

Loftþéttleiki milli innilofts og loftrásar þarf að vera góður (í flóknu eða stóru þaki er krafa reglugerðar um þéttleika $q_{50} \leq 3 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{h}$ of veik); þéttleika rakavarnarlags má meta með loftþéttleikamælingu meta.

Efnisraki timburs í þaki skal vera undir 18% þegar þaki er lokað að innanverðu.

Um Rb-blöð

Frá árinu 1973 hafa Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins og nú Nýsköpunarmiðstöð Íslands gefið út Rb-blöð sem eru tækni- og leiðbeiningarblöð fyrir byggingariðnaðinn.

Rb-blöð innihalda tæknilegar upplýsingar um ýmislegt sem viðkemur viðhaldi, hönnun og byggingu mannvirkja. Blöðin eru mikið notuð af fagmönnum í byggingariðnaði og húseigendum til viðmiðunar um viðhald og gerð mannvirkja.

Ef texta í Rb-blaði ber ekki saman við texta byggingarreglugerðar, eins og hann er birtur í B-deild Stjórnartíðinda, gildir textinn sem birtur er í Stjórnartíðindum.

Heimildir

Byggingareglugerð nr. 112/2012. Uppfærð 10. janúar 2019.

Stjtið. B, nr. 581/1995 - Reglur um húsnæði vinnustaða

ÍST EN ISO 7730 - Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

ÍST EN ISO 13788:2012 - Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation method

ÍST 66:2016 - Varmatav húsa - Útreikningar (DS 418:2011 gildir með staðlinum)

Sænska byggingareglugerðin BBR

Rakamælingar í íbúðum, Ráðstefna Lagnafélags Íslands um Loftræstingar í íbúðarhúsum, 5. mars 1999

Varmaeinangrun húsa, rit nr. 30, III útgáfa, Guðmundur Halldórsson, Jón Sigurjónsson, Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins, Keldnaholt, 1992

Kritískt fukttilstand for mirkobiell tillvaxt pa byggmaterial, Pernilla Johansson, Bygg & teknik 1/06, 2006

Rapport fran forskningsradet: Vad moglar i 95 procent och 93 procent RF efter tre manaders exponering?, Pernilla Johansson og Annika Ekstrand Tobin, Bygg & teknik 2/08, 2008

Björn Marteinson (2019) "Loftraki og hiti innilofts", grein í "... upp í vindinn - Blaði byggingarverkfræðinema 2019", bls. 54-57

Höfundur: Björn Marteinson



Rb blaðið er prentað á svansvottaðan pappír hjá Prentmet



Nýsköpunarmiðstöð
Íslands