



Stjórnarráð Íslands
Umhverfis-, orku- og
loftslagsráðuneytið



UMHVERFIS
STOFNUN

COWI

KORTLAGNING Á INNILOFTI Í SKÓLUM OG LEIKSKÓLUM Á ÍSLANDI

SKJALANÚMÉR: 3761270-000-CRP-0001						
NÚGILDANDI ÚTGÁFA: 2.0						
2.0	20.10.2024	Útgefið	Alma D. Ívarsdóttir	Alex Ingi Espersen	Alma D. Ívarsdóttir	Umhverfisstofnun
1.0	19.06.2024	Útgefið	Alma D. Ívarsdóttir	Alex Ingi Espersen	Alma D. Ívarsdóttir	Umhverfisstofnun
ÚTGÁFA	DAGS. ÚTG	ÚTGÁFUSTAÐA	HÖFUNDUR	RÝNIR	SAMÞYKKT	VERKKAUPI

Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
1.1 Kortlagning innilofts í skólum og leiksskólum á Íslandi	1
2. Innivist	2
2.1 Loftgæði innandyra	3
2.2 Mældir loftgæðapættir	4
2.2.1 Hitastig	5
2.2.2 Hlutfallsraki	5
2.2.3 Styrkur CO ₂ í lofti	5
2.2.4 Rokgjörn lífræn efnasambönd	6
2.2.5 Aðrir þættir loftgæða	6
2.2.6 Sýnataka vegna rakavandamála	6
2.3 Lög, reglugerðir og staðlar	8
2.3.1 Almennar reglugerðir	9
2.3.2 Loftgæðapættir og reglugerðir	10
2.3.2.1 Hitastig	10
2.3.2.2 Hlutfallsraki	11
2.3.2.3 Styrkur CO ₂ í lofti	11
2.3.2.4 Rokgjörn lífræn efnasambönd	12
2.3.2.5 Rakaskemmdir og mygla	12
2.4 Loftræsing	13
2.4.1 Vélræn loftræsing	13
2.4.2 Náttúruleg loftræsing	13
3. Greining gagna og kortlagning	14
3.1 Gögn frá sveitarfélögum	14
3.1.1 Aldur bygginga	15
3.1.2 Úttekta skýrslur	16
3.2 Skoðun og mat á húsnæði vegna rakaskemmda	19
3.2.1 Niðurstöður á úttektum vegna gruns um rakavandamál og myglu	21
3.2.1.1 Aðferðir við skoðun og úttektir	21
3.2.1.2 Rakamælingar við skoðanir og úttektir	22
3.2.1.3 Sýnataka	24

3.3	Mat á gæðum innilofts með loftgæðamælingum	26
3.3.1	Niðurstöður mælinga á loftgæðum úr úttektum	27
3.3.1.1	Aðferðarfræði og umfang mælinga	28
3.3.1.2	Loftræsing	29
3.3.1.3	Mældir loftgæðapættir	30
3.3.1.4	Aðrar tillögur að úrbótum	31
3.3.2	Fyrri rannsóknir og mælingar á CO2 styrk í innilofti	32
3.4	Lög, reglugerðir og staðlar um loftgæði	33
4.	Samantekt	34
4.1	Greining gagna	34
4.1.1	Aldur bygginga	35
4.1.2	Úttektarskýrslur	35
4.2	Rakaástand og loftgæði	36
4.3	Loftræsing og loftgæði	36
4.3.1	Niðurstöður loftgæðamælinga	37
4.4	Staðan á loftgæðum og næstu skref	38
4.4.1	Samhæfing úttekta og aðferða	39
4.4.2	Hönnun skólabygginga og loftgæði	39
4.4.3	Lög, reglugerðir og staðlar um loftgæði	40
4.4.4	Loftgæði á rekstrartíma	43
5.	Lokaorð	43
6.	Heimildaskrá	46

1. Inngangur

Á síðasta áratug hefur vitundarvakning átt sér stað um áhrif loftgæða innandyrna og mikilvægi þeirra fyrir heilsu manna með vaxandi áherslu á viðkvæma hópa, sérstaklega barna, sem eru viðkvæmari og næmari fyrir loftmengun [13] [14].

Loftgæði innanhúss í skóla- og leiksskólabyggingum gegna mikilvægu hlutverki fyrir velferð og frammistöðu barna. Börn eyða allt að 80-90% af sínum tíma inni á heimilum sínum og í skólanum. Fyrir börn og unglinga er skóla- og leiksskólaumhverfið mikilvægasta innanhússumhverfið fyrir utan heimilið. Rannsóknir sem hafa verið framkvæmdar á loftgæðum innandyrna í skólahúsnæðum hafa sýnt fram á mikilvægi heilbrigðs innanhússumhverfis fyrir heilsu og námsgetu barna [7] [12].

Mat á gæðum innilofts getur verið flókið. Loftið getur innihaldið mörg hundruð lífræn og ólífræn efni og agnir og samanlögð áhrif mismunandi efna geta haft mikil áhrif á gæði innilofts. Rakaskemmdir í byggingum, afleiðuefni og agnir frá þeim geta einnig skert loftgæði innandyrna og sá áhrifapáttur sé veigamikill einskorðast loftgæði ekki við hann.[13]. Þegar grunur vaknar um að loftgæði séu ófullnægjandi, getur reynst erfitt að finna orsakavaldinn og mæliaðferðir eru takmarkaðar við ákveðna þætti innilofts. Ógerlegt getur verið fyrir fólk að greina loftgæðin sjálf, því er mikilvægt að ástand loftgæða sé skoðað, mælt og greint af sérfræðingum í loftgæðum og innivist.

Ófullnægjandi loftgæði innanhúss geta leitt til ýmissa kvilla eða veikinda. Rannsóknir hafa sýnt fram á að slæm loftgæði innandyrna í skólaumhverfi geta leitt til fleiri fjarvista, skertri einbeitingu, aukinnar syfju og þreytu, auk neikvæðra heilsufarseinkenna, svo sem öndunarfarvandamála, aukinnar tíðni astma, höfuðverkja, magaverkja, og verri námsárangurs [7] [15].

Að leggja áherslu á góð loftgæði í skóla- og leiksskólabyggingum er því lykilatriði til að tryggja heilbrigði, vellíðan og árangur nemenda og starfsfólks.

1.1 Kortlagning innilofts í skólum og leiksskólum á Íslandi

Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið setti af stað átaksverkefni um kortlagningu innilofts í skólum og leiksskólum á Íslandi í október 2023. Markmið verkefnisins var að fá yfirsýn yfir stöðuna en engin heilstæð opinber gögn liggja fyrir um málefnið og því skortur á viðmiðum eða mörkum um ástand innilofts í reglugerðum.

Heilbrigðisnefndir sveitafélaganna hafa eftirlit með hollustuháttum bygginga á Íslandi, og þar með talið loftgæðum í skólum og leikskólum á Íslandi. Það er hins vegar í höndum Umhverfisstofnunnar að vinna að samræmingu heilbrigðiseftirlits í landinu, en í því felst m.a. að samræma kröfur sem gerðar eru til um starfsemi sem heilbrigðisnefndir veita starfsleyfi fyrir. Umhverfisstofnun óskaði því eftir kortlagningu á innilofti í skólum og leikskólum á Íslandi fyrir hönd ráðuneytisins.

Mat og kortlagningin á innilofti í skólum og leikskólum á Íslandi sem unnin er í þessari skýrslu verður grunnur að þarfagreiningu á því hvort þurfi að leggjast í frekari rannsóknir og grípa til aðgerða vegna gæða innilofts í skólum og leikskólum.

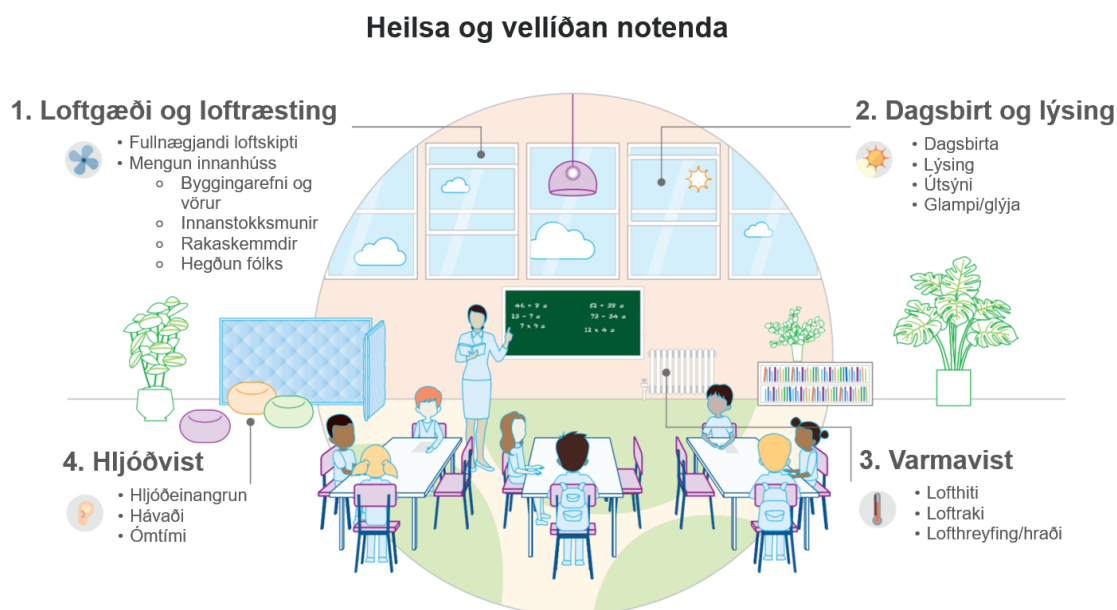
Verkefnið var unnið í samstarfi við Umhverfisstofnun og heilbrigðisnefndir sveitarfélaganna. Umhverfisstofnun sá um að óska eftir gögnum frá sveitafélögum og safna saman gögnum sem bárust um rannsóknir og úttektir sem framkvæmdar höfðu verið á innilofti í skólum og leikskólum sveitafélaganna. Ráðgjafi fékk gögnin afhent frá Umhverfisstofnun til að meta, greina og kortleggja ástandið út frá ákveðinni aðferðarfræði sem þegar var samþykkt af Umhverfisstofnun.

Þessi skýrsla skiptist í þrjá meginkafla ásamt skrá yfir heimildir. Í fyrsta lagi er fjallað almennt um innvist og loftgæði bygginga ásamt reglugerðum, í öðru lagi er farið yfir greiningu gagna sem bárust frá sveitarfélögum um rannsóknir og úttektir sem framkvæmdar höfðu verið á innilofti í skólum og leikskólum. Í lok skýrslunnar í þriðja kafla eru niðurstöður greininganna teknar saman og tillaga að úrbótum.

2. Innivist

Innivist vísar til þeirra þátta sem tengjast lífi og starfsemi fólks innandyra, og hvernig innanhússumhverfi hefur áhrif á heilsu, vellíðan og frammistöðu. Þetta hugtak nær yfir ýmsa þætti eins og loftgæði, lýsingu, hitastig, rakastig, hljóðvist og aðra umhverfisþætti sem hafa áhrif á líðan og heilsu þeirra sem dvelja inni í byggingum, sjá mynd 1. Markmiðið með góðri innivist er að bæta lífsgæði og umhverfi fólks með því að huga að öllum þessum helstu umhverfisþáttum í innra umhverfinu. Þegar hugsað er um innivist er mikilvægt að litið sé til þess hvernig þessir þættir spila saman til að skapa heildstætt og heilbrigt innanhússumhverfi [1] [11].

Mikilvægt er að hafa innivist í huga í hönnun, rekstri og viðhaldi bygginga svo hægt sé að skapa heilbrigt og þægilegt innanhússumhverfi fyrir fólk.



Mynd 1: Nokkrir þættir innivistar í byggingum (Heimild: <https://worldgbc.org/better-places-for-people/green-healthy/>)

Í þessari skýrslu var lögð áhersla á að skoða ástand og gæði innlofts, sem er einn af lykilþáttum innivistar. Hafa þarf þó í huga að þegar lagt er mat á heildargæði innivistar í innra umhverfi í skóla- og leiksskólabyggingum er mikilvægt að horfa til allra umhverfispátta.

2.1 Loftgæði innandryra

Að jafnaði ver fólk um 90% af tíma sínum innanhúss, og eru því loftgæði innanhúss mikilvæg fyrir heilsu og vellíðan fólks sem dvelur í byggingum. Eiginleikar inniloftsins mótast af útiloftinu, þar sem inniloft er í raun útiloft sem hefur verið flutt inn í bygginguna. Aðstæður innandryra hafa svo áhrif á hvernig eiginleikar útiloftsins breytast þegar það kemur inn í bygginguna [11] [12].

Fjölmargir þættir hafa áhrif á loftgæði innanhúss, en helstu áhrifaþættir eru m.a.:

- Hönnun og viðhald bygginga og tæknikerfa
- Loftræsting; loftun og loftskipti
- Efnamengun og útgufun frá byggingaefnum og vörum, húsgögnum,
- Mengun frá rakaskemmdum
- Veðurfar og gæði útilofts í kringum bygginguna
- Hegðun og umgengi notenda; þrif og hreinlæti, rakaálag frá m.a. matreiðslu, baðferðum, þvotti o.fl. [13] [17].

Allir þessir þættir geta haft gríðarleg áhrif á gæði innilofts í byggingu. Mat á innilofti getur reynst flókið þar sem það inniheldur mörg ólík efni, efnasambönd og agnir. Alþjóðlegar rannsóknir hafa sýnt fram á að loft innandyra getur verið allt að 2-5x mengaðra og stundum meira en 100 sinnum mengaðra en loft utandyra. Þessi mengunarefni geta hlaðist upp í lofti innandyra og myndað einskonar örveru- og efnasúpu, sérstaklega ef það er mikil uppspretta af mengunarefnum innandyra og loftskipti eru ófullnægjandi. Til að tryggja fullnægjandi loftgæði er mikilvægt að; koma í veg fyrir uppsprettu mengunarefna innanhúss, fjarlægja mengandi efniog tryggja fullnægjandi loftskipti, skipta menguðu innilofti út fyrir fersku og hreinu útilofti, með vélrænu loftræstikerfi og/eða með því að lofta út um glugga [1] [11] [13].

Gríðarlega mikilvægt er að huga að öllum þessum þáttum sem hafa áhrif á loftgæði við hönnun bygginga og tæknikerfa, ásamt rekstri og viðhaldi á byggingum og tæknikerfum.

Mikilvægt er að gera greinamun á milli þátta í innivist og loftgæðum sem hafa áhrif á líðan og þægindastig fólks og þeirra þátta sem hafa áhrif á heilsu og geta valdið heilsufarsvandamálum. Fólk getur upplifað óþægindi m.a. vegna hita, kulda, dragsúgs eða vegna þurrs lofts, á meðan t.d. ófullnægjandi loftskipti og hátt magn mengunarvalda í innilofti getur valdið ýmsum heilsufarsvandamálum og veikindum [1] [6].

Eins og áður hefur verið komið fram hefur ófullnægjandi inniloft áhrif á þá sem dvelja í byggingum hvort heldur sem er vegna óþæginda, einbeitingar eða jafnvel heilsubrestra. Í skólabyggingum er mikilvægt að nemendur geti stundið nám og uppfyllt skólaskyldu í byggingum þar sem loftgæði eru fullnægjandi og umhverfið stuðli að heilsu og vellíðan [7] [15].

Að leggja áherslu á góð loftgæði í skóla- og leiksskólabyggingum er því lykilatriði til að tryggja heilbrigði, vellíðan og árangur nemenda og starfsfólks.

2.2 Mældir loftgæðapættir

Þegar loftgæði reynast ófullnægjandi getur verið áskorun að meta þau. Þrátt fyrir tækni og úrval mælitækja eru til fjölmörg efni og efnasambönd í innilofti sem ekki er mögulegt að mæla. Sumar lofttegundir og efni eru í mjög lágum styrk eða eru breytileg yfir tíma. Í ljósi þessara takmarkana er mikilvægt að einbeita sér að mælingum á helstu mengunarefnum sem eru þekkt fyrir að hafa veruleg áhrif á loftgæði og heilsu. Með því að fylgjast með lykilþáttum, svo sem rokgjörnum lífrænum efnasamböndum (VOC), koltvísýringi (CO₂), svifryki (PM_{2.5} og PM₁₀) og öðrum vel þekktum mengunarefnum, er hægt að tryggja að loftgæði innanhúss séu í samræmi við viðurkennda staðla og ráðleggingar.

. Algengustu mælingar sem eru framkvæmdar til að leggja mat á loftgæði í byggingum á Íslandi eru mælingar á:

- Hitastigi
- Hlutfallsraki
- Styrkur koltvísýrings í lofti
- Rokgjörn lífræn efnasambönd

Aðferðir á Íslandi til að leggja mat á loftgæði með tilliti til rakavandamála

- Rakaskimun/mælingar í byggingahlutum:
 - o Sýnataka úr byggingarefnum
 - o Sýnataka úr uppsöfnuðu ryki
 - o Sýnataka úr lofti

2.2.1 Hitastig

Hitastig hefur mikið að segja til um líðan fólks í rými, ef það er of kalt eða heitt. Hiti getur komið frá hitakerfi, fólki, tækjum, tölvum, sólargeislun o.s.frv. og allir þessir þættir geta hafa haft áhrif á hitastig. Þegar of hátt hitastig er í rými getur upplifun fólks á loftgæðum almennt verið slæm því loftið virðist vera þungt og þurr. Of hátt eða lágt hitastig getur valdið fólki óþægindum og aðrir umhverfisþættir eins og t.d. rakastig lofts virðist trufla fólk minna ef að hitastig er við hæfi, en þar sem er heitt eru meiri líkur á lágum hlutfallsraka loftsins [1] [19].

2.2.2 Hlutfallsraki

Utanhúss á Íslandi er hlutfallsrakastig í grennd við 80% HR, allt árið, en eiginlegt vatnsmagn í loftinu, (grömm á rúmmetra) er mjög breytilegt. Hlutfallsrakastig í innlofti sveiflast mikið og er vanalega lægra (þurrara) yfir vetrartímann.

Breytingar á hlutfallsrakastigi í innlofti verða fyrst og fremst vegna þess að raki bætist í loftið frá t.d. notendum, rakagjöf í loftræsikerfi, vegna breytinga sem verða á hitastigi í rýmum og vegna veðurfars. Í byggingum með vélrænt loftræsikerfi með varmaendurvinnslu (sem hitar upp kalt útiloft) eða án varmaendurvinnslu, getur rakastig farið niður í allt að 10% á köldum vetrardögum. Það orsakast vegna þess að kalt loft inniheldur færri grömm vatns í hverjum rúmmetra en þegar hlýrra er [3].

2.2.3 Styrkur CO₂ í lofti

Magn koltvísýrings [CO₂] gefur góða vísbendingu um gæði innilofts, loftskipti í rýmum sem mælt er í og jafnvel hvernig rými eru notuð, en innandyr myndast CO₂ aðallega við öndun fólks. Í litlu magni er CO₂ hættulaus lofttegund, en þegar hún safnast upp slævir hún fólk og getur valdið einbeitingarerfiðleikum, þreytu, höfuðverk og fleiri óþægindum.

Eitt það mikilvægasta við að nota húsnæði rétt er að ganga úr skugga um að góð loftskipti séu tryggð. Með fullnægjandi loftskiptum er heitt „óhreint“ innloft ræst út og fersku súrefnisríku lofti veitt inn. Á sama hátt minnka fullnægjandi loftskipti líkur á uppsöfnun annarra óæskilegra efna í loftinu og með því eru fullnægjandi gæði innilofts fyrir fólk sköpuð og viðhaldið [1].

2.2.4 Rokgjörn lífræn efnasambönd

Rokgjörn lífræn efnasambönd er samheiti yfir þúsundir lífrænna efnasambanda sem hægt er að finna víða innanhúss. Hægt er að finna þessi efnasambönd í t.d. byggingaefnum, gólfefnum, lími, málingu, húsgögnum, hreinsiefnum, hreinlætisvörum, ilmvoðnum og mörgu fleiru. En við ákveðið hitastig, oft stofuhita getur orðið útgufun frá þessum hlutum og við útgufunina verða þessi efnasambönd litlaust gas og því ekki hægt að nema þau auðveldlega innanhúss [9].

2.2.5 Aðrir þættir loftgæða

Horfa þarf til fleiri þátta til að leggja heildarmat á loftgæði innandyr líkt og hefur verið fjallað um. Má þar t.a.m. nefna önnur algeng efnasambönd sem finnast í innilofti líkt og kolsýringur [CO], köfnunarefnistvísýringur [NO₂] og svifryk [PM] í innilofti. Algeng stærð þeirra er á bilinu 2,5 – 10 µm í þvermál [1] [13]. Ekki var farið í ítarlegri umfjöllun um þessa þætti því lögð var áhersla á þá mælipætti sem komu fram í loftgæðamælingum í úttektarskýrslum skólabygginganna frá sveitarfélögunum.

2.2.6 Sýnataka vegna rakavandamála

Til þess að greina eða meta hvort að mygla sé í vexti í byggingu eða rakaskemmdir viðvarandi er hægt að taka sýni. Sýni sem eru tekin takmarkast þó oftast við myglu eða gró hennar en ná ekki yfir aðrar örverur eins og geislabakteríur eða afleiðuefni eða útgufun frá rökum byggingarefnum. Í rakaskemmdum byggingum geta afleiðuefni, rökgjörn efni og örverur sem tengjast rakaskemmdum truflað og skert loftgæði

Ástæða er til að fjalla um sýni, sýnatökur og hvaða vísbendingar greining þeirra gefur. Í meginatriðum eru sýni af myglu þrenns konar; sýni tekin úr byggingarefnum, uppsöfnuðu ryki eða óhreinindum á yfirborði innanstokksmuna eða byggingarhluta og sýni úr inniloftinu.

Mygla og örverur geta vaxið innandyra í byggingarefnum og innan í byggingarhlutum ef til kemur vatn eða nægilegur raki. Rakamælingar gefa oft bestu vísbendingarnar varðandi umfang vandamála sem tengjast raka í byggingarefnum og byggingarhlutum og koma að gagni við að greina orsakir. Út frá rakamælingum er oft ákveðið hvar efnisýni eru tekin en einnig er mikilvægt að þekkja viðgerðar- og lekasögu bygginga og taka sýni á þurrum svæðum sem lekið hafa áður ef ekki er búið að skipta út byggingarefnum sem urðu fyrir rakatjóni til að útloka örveruvöxt. Þurr rakasvæði geta einnig truflað loftgæði.

Efnissýni hafa þann galla að þau eru takmörkuð við þann efnisbút sem sendur er í skoðun og þess vegna er hægt að svara því með mikilli vissu hvort sýnið er vaxið myglu eða ekki. Þessi takmörkun er einn stærsti galli efnissýnanna, vegna þess að ef skemmd er ekki sýnileg á yfirborði byggingarhluta eða engin ummerki um hækkaðan raka í rakaskimun er það oftast háð tilviljun hvort sýnatakan hittir á skemmt efni eða ekki. Skemmd getur verið skammt undan þó ekkert finnist í efnissýni. Reynslumikill fagaðili getur þó valið sýnatökustað sem er í samræmi við ástand. Mikilvægt er að hafa í huga þó að mygla greinist í efnissýni endurspeglar það ekki umfang rakaskemmda og þarf í sumum tilfellum að meta umfang viðgerðarsvæðis með frekari sýnatöku, rakaskimun og sjónskoðun við úrbætur. Einnig þarf að staðfesta árangur viðgerða með frekari sýnatöku. Greining á byggingarefnissýnum byggir því á að efnið er skoðað undir smásjá til þess að meta hvort að myglusveppir og/eða undirliggjandi svepppræðir séu í vexti eða hafi vaxið í byggingarefninu. Í því er hægt að sjá hversu djúpt og hvaða tegundir finnast í sýninu en ekki eru endilega ræktuð upp gró af þessum sýnum. Þessi sýni endurspeglar því hvort mygla sé í vexti eða hafi verið á þeim stað þar sem sýnið er tekið. Mikilvægt er að vanda til verka við slíkar sýnatökur þar sem þær rjúfa byggingarefni.¹

DNA stroksýni, kallast ryksýni sem eru send í raðgreiningu PCR. Þau eru notuð til að meta hvort örverur (bakteríur, svepphlutar og gró) úr rakaskemmdu byggingarefni finnist í uppsöfnuðu ryki. Sýnið er tekið af uppsöfnuðu ryki af láréttum fleti þar sem er reiknað með að ekki sé þurrkað af í hefðbundnum eða daglegum þrifum. Niðurstöður úr greiningu á DNA sýni geta því gefið vísbendingar um styrk eða magn örvera í ryki. Greining þessara sýna byggir á að erfðaefni ákveðinna lífvera sem einkum einkenna rakaskemmdir er einangrað úr sýninu og greint. Niðurstöður einskorðast því ekki við gró, heldur er einnig að finna svepphluta, leifar og aðrar agnir lífvera sem mögulega geyma erfðaefni. Það má alltaf reikna með að finna svörun í öllum ryksýnum, enda eru gró myglusveppa loftborin og til staðar utandyra [14].

Niðurstöður úr greiningu á DNA sýni gefa vísbendingar um styrk eða magn örvera í ryki. Skimað er sérstaklega fyrir ákveðnum tegundum sem eru einkennandi fyrir byggingu þar sem

¹ RB (10).001 (2021) Myglusveppir í híbýlum

eru rakavandamál. Við áhættumat eru notuð viðmið frá byggingum þar sem ekki finnast rakaskemmdir.

Ryksýni af yfirborði eru einnig tekin á límband til þess að kanna hvort að gró sem einkenna rakaskemmdir séu til staðar í ryki þar sem sýnið er tekið. Þessi sýni eru háð þeim fagaðila sem skoðar sýnið og því hvernig þríf fara fram í rýminu. Þau eru venjulega notuð samhliða öðrum aðferðum og gefa ekki marktækar niðurstöður ein og sér.

Margt getur haft áhrif á það hve mikið er hægt að byggja á niðurstöðum greiningar og þó engar vísbendingar finnast er það almennt ekki trygging fyrir því að engar skemmdir séu í nágrenni sýnatökustaðarins, þó líkurnar minnki verulega. Finnist vísbendingar um rakaskemmdir geta þær verið mismunandi sterkar og mis alvarlegar, en segja má að mengun sem finnst í ryki geti átt sér eina eða fleiri af eftirtöldum skýringum;

- Í húsnæðinu er raki og rök rakaskemmd í byggingarefni sem ekki þolir raka
- Í húsnæðinu hefur verið raki og rakaskemmd, rakinn getur hafa verið upprættur en skemmt byggingarefni hefur ekki verið fjarlægð og endurnýjað með fullnægjandi hætti
- Raki og rakaskemmdir hafa verið lagfærðar með fullnægjandi hætti, en mengun frá því að rakaskemmdir voru til staðar hefur ekki verið fjarlægð (hreingerning) með fullnægjandi hætti
- Mengun er „innflutt“, þ.e. mengun á uppruna í öðru húsnæði, en hefur borist t.d. með fólki eða innanstokksmunum sem fluttir voru á milli [10]

Finnist merki um mengun frá rakaskemmdum í ryki er almennt mikilvægt að skilja hverjar orsakir þess eru og til að byrja með er oft gagnlegt að reyna að átta sig á því hver, eða hverjar, ofangreindra skýringa eru líklegastar til að geta átt við. Ábendingar um aðgerðir verður alltaf að taka sem tillögur að fyrstu skrefum, ef ástandið batnar ekki gæti þurft að taka fleiri skref.

Ryksýni og loftsýni geta þó sýnt falskt neikvæða niðurstöðu þrátt fyrir að rakaskemmd svæði séu innan í byggingarhlutum, undir gólfefnum eða í þaki.

Það er áskorun að meta umfang og áhættu á heilsu vegna rakaskemmda í byggingum.

2.3 Lög, reglugerðir og staðlar

Litið var yfir eftirfarandi reglugerðir og staðla sem skipta máli fyrir loftgæði innandyra.

2.3.1 Almennar reglugerðir

Lög um leik- og grunnskóla nr. 90/2008 og nr. 91/2008^{2,3}

Samkvæmt íslenskum lögum bera sveitarfélög ábyrgð á leikskóla- og skólaumhverfinu, aðbúnaði, húsnæði og viðhaldi. Leikskóla- og skólabyggingar og nærliggjandi leikvöllir verða uppfylla kröfur annara laga um vinnuskilyrði, umhverfi og kennslu. Leikskóla- og skólabyggingar og allur aðbúnaður á að tryggja öryggi og vellíðan nemenda og starfsfólks, svo sem hvað varðar húsbúnað, hljóðvist, lýsingu og loftræstingu.

Reglugerð um hollustuþætti nr. 941/2002⁴

Reglugerð um hollustuþætti. Markmið reglugerðarinnar er að stuðla að framkvæmd hollustuverndar og samræma heilbrigðiseftirlit á Íslandi. Ákvæði í þessari reglugerð eiga við í öllum leikskóla- og grunnskólabyggingum.

Byggingareglugerð 112/2012⁵

Markmið reglugerðarinnar er að tryggja heilsu-, umhverfis- og öryggismál við hönnun, gerð og rekstur og viðhalds mannvirkja. Reglugerðin tekur til allra skólabygginga. Ef sérstaklega er getið til um ákveðna staðla í lögum eða reglugerðum hafa þeir lagalegt gildi, annars hafa þeir almennt ekki lagalegt gildi.

Almennar hollustukröfur

Fjallað er um almennar hollustukröfur í kafla 10.1. Þar eru sett fram meginmarkmið um að mannvirki skuli þannig hönnuð og byggð að heilsu og innra umhverfi sé ekki spilt vegna raka eða mengunar í lofti sem geti valdið óþægindum, vanlíðan, minna starfsþreki eða heilsutjóni fyrir þá sem þar dvelja og tryggja beri að þessa sé gætt allan líftíma mannvirkisins. Hliðstæð krafa er gerð almennt varðandi byggingar í reglugerð nr. 941/2002 um hollustuhætti.

Kafli 10.2 fjallar um loftgæði og loftræstingu, meðal annars ferskloft, uppblöndun lofts og mengandi svæði, loftinntak og útblástursop, loftræstingu íbúða og tengdra rýma, loftræstingu í skólum og sambærilegum byggingum og loftræstingu atvinnuhúsnæðis. Þar segir m.a. að loftgæði innan mannvirkja skuli vera fullnægjandi og að tryggt sé að loft innan mannvirkis innihaldi ekki mengandi efni sem valdið geti heilsutjóni eða

² Lög um grunnskóla nr. 91/2008

³ Lög um leikskóla nr. 90/2008

⁴ Heilbrigðisreglugerð nr. 941/2002

⁵ Byggingareglugerð 112/2012

ópægindum. Jafnframt eru ákvæði um að allar byggingar skuli loftræsa ásamt nánari umfjöllun um kröfur til mismunandi bygginga og rýma.

Í kafla 10.5 er fjallað um raka, meðal annars varnir gegn ópægindum og skemmdum vegna raka og vatns, varnir gegn úrkomu, regnvörn þaka og lágmarkshalla, varnir gegn rakapéttingu, raka í byggingarefni og votrymi. Þar segir að mannvirki skuli þannig hönnuð og byggð að vatn eða raki geti ekki valdið skaða á því í heild eða einstökum hlutum þess eða skapað aðstæður sem valdið geta ópægindum, slysum eða verið hættulegar heilsu manna, s.s. vegna myndunar myglu eða varasamra örvera

2.3.2 Loftgæðabættir og reglugerðir

2.3.2.1 Hitastig

Engar beinar kröfur um innihitastig er að finna í byggingareglugerð en í henni er vísað til innvistar staðalsins ÍST EN ISO 7730:2005⁶ sem viðmið. Í þeim staðli er fjallað um hvernig meta megji vellíðan fólks í vistarverum og er þar einnig ráðgjöf um heppilegan skynjunarhita háð fatnaði og hreyfingu. Sem dæmi þá er skilgreint að æskilegt hitastig í skólastofum yfir vetrartímann sé 21-23°C og 23,5-25,5°C á sumrin sem skilgreint er sem A flokkur, en skipt er upp í flokka A, B og C, þar sem A flokkur er bestur, eins og sjá má hér að neðan í Töflu 1. Sveiflur eða hitabreytingar í innilofti sem fara yfir 4° yfir daginn geta valdið fólki ópægindum, sérstaklega við kyrrsetustörf sökum þess hversu næmara fólk er fyrir hitabreytingum við kyrrsetu.

Tafla 1: Viðmið um hitastig samkvæmt ÍST EN ISO 7730:2005⁷

Hitastig [°C]				
Tegund af rými	Mörk			Reglugerð/staðall
	Flokkur	Hitastig sumar	Hitastig vetur	
Skólastofur	A	23,5 -25,5	21-23	ÍST EN ISO 7730:2005, tafla A5
	B	23-26	20-24	
	C	22-27	19-25	
Leikskóli	A	22,5-24,5	19-21	ÍST EN ISO 7730:2005, tafla A5
	B	21,5-25,5	19,5-24,5	
	C	20-26	18,5-25,5	

⁶ ÍST EN ISO 7730:2005

⁷ ÍST EN ISO 7730:2005

Í 9 gr. Reglna Stjtd. B nr. 581/1995⁸ koma einungis fram viðmið fyrir húsnæði vinnustaða. Þar kemur fram að hæfilegt hitastig sé 18°- 22°C fyrir kyrrsetustörf og 16° - 18°C fyrir störf sem krefjast hreyfingar, nema annars sé krafist vegna framleiðslunnar. Einnig er talað um að hiti skuli vera sem jafnastur um allt starfsrýmið.

2.3.2.2 Hlutfallsraki

Engar kröfur er að finna um loftraka innanhúss í byggingarreglugerð, en í 9. gr. reglna Stjtd. B nr. 581/1995 um húsnæði vinnustaða kemur fram að leitast skuli við að halda hæfilegu rakastigi í vinnurými. Í staðlinum ÍST EN ISO 7730:2005 kemur fram að við eðlilegt hitastig (<26°C) og með kyrrsetustarfsemi (<1,2 met) hafi rakastig lítil áhrif á líðan fólks í viðkomandi rými og sé ásættanlegt á breiðu bili, en hvergi er talað um lágmarksgildi raka í innilofti. Í RB blaði Rb.(I4).005⁹, greinargerð um hita- og rakaástand, kemur fram að algengur loftraki innilofts sé 25-40%HR að vetralagi og 45-55% að sumarlagi á Íslandi.

Í leiðbeiningum er oft sett fram að æskilegt rakastig sé frá 30-50%HR, en miðað við aðstæður héraendis á veturna eru 30%HR fremur hátt lágmark. Héraendis er eðlilegt að rakastig mælist um 20-50%RH í innilofti, en tímabundnir erfiðleikar eru algengir vegna þess að inniloft verður of þurr yfir vetrartímann, sérstaklega í byggingum með vélrænt loftræstikerfi með varmaendurvinnslu [3].

2.3.2.3 Styrkur CO₂ í lofti

Núgildandi byggingarreglugerð fjallar sérstaklega um loftræsingu skóla og sambærilegar byggingar. Þar er tekið fram að nota skuli loftskiptakerfi með varmaendurnýtingu til loftræsingar og tryggt skuli að inn- og útblástur sé hið minnsta 5 l/s fyrir börn undir 6 ára aldri og 7 l/s fyrir eldri einstaklinga. Þá er jafnframt tilgreint að lágmarksinnblástur loftræstingar skuli vera 0,35 l/s fyrir hvern m² heildargólfflatar á meðan byggingin eða einstök rými eru í notkun en annars 0,2 l/s fyrir hvern m² gólfflatar. Tilgreint er í grein 10.2.8. að meðalstyrkur loftegundarinnar CO₂ skuli ekki vera meiri en 800 ppm (ppm=parts per million) að jafnaði til lengri tíma og að hámarksstyrkur fari ekki yfir 1000 ppm til skamms tíma, eins og sjá má í Töflu 2, og að loftræsa skuli öll vinnu- og dvalarrými fyrir fólk þannig að styrkur koltvísýrings fari ekki yfir þessi mörk.¹⁰

⁸ Reglna Stjtd. B nr. 581/1995

⁹ Rb. (I4).005 2019, Greinargerð um hita- og rakaástand (í byggingarhlutum og byggingum).

¹⁰ Byggingarreglugerð 112/2012

Tafla 2 Kröfur um styrk koltvísýrings í lofti samkvæmt byggingarreglugerð

Styrkur koltvísýrings [CO ₂]			
Gildi	Mörk		Reglugerð/staðall
Styrkur koltvísýrings [CO ₂]	Meðaltal	Hámark	Byggingarreglugerð
	800 ppm	1000 ppm	nr. 112/2012

2.3.2.4 Rokgjörn lífræn efnasambönd

Engin opinber mengunarmörk eru til fyrir TVOC (total volatile organic compounds) eða heildarmörk rokgjarna lífrænna efnasambanda en almennt er talið að ef styrkurinn í andrúmslofti er undir 90ppb (parts per billion) teljist hann lágur, 90 – 200 ppb ásættanlegur, 200-310 ppb á mörkum þess að vera slæmur og hár ef hann fer yfir um 310 ppb.

Síritar í dag geta í einhverjum tilfellum gefið þessa heildartölu eða TVOC sem er notuð til að meta styrk rokgjarnara efna í innilofti.

2.3.2.5 Rakaskemmdir og mygla

Byggingarreglugerð fjallar stuttlega um varnir gegn raka í byggingum. Ekki eru gefin upp töluleg gildi eða ákvæði. Vísað er í sérrit RB-blöðin frá Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands á nokkrum stöðum.

Tekið er fram í gr. 10.5.1. „Markmið [raki]“ Vatn og raki skulu ekki geta valdið skaða á mannvirki eða fólki, t.a.m. vegna myglu- eða örveruvaxtar.

10.5.5. gr. „Varnir gegn rakapéttingu“ Byggingarhlutar skulu þannig hannaði og frágengir að þeir geti ekki skemmt vegna uppsafnaðrar rakapéttingar.

13.4. gr. „Raka- og vindvarnir“ Raki og vindur má ekki hafa óæskileg áhrif á einangrunargildi byggingarhluta og ekki má geta orðið uppsöfnun raka í byggingarhlutanum. Varðandi frágang rakavarnarlaga gildir sérrit Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands nr. 95 „Frágangur rakavarnarlaga“.¹¹

Á Íslandi eru engar reglugerðir eða staðlar til fyrir skoðanir á húsnæðum vegna rakaskemmda. Skoðanir hér á landi eru því ekki samræmdar, sem leiðir til takmarkanna á niðurstöðum. Þetta

¹¹ Byggingarreglugerð 112/2012

getur leitt til ónákvæmra matsaðferða sem endurspegla ekki raunverulega loftgæði eða rakaástand og tryggja ekki öryggi notenda, sérstaklega ef aðeins er treyst á ryk- eða loftsfýni.

2.4 Loftræsing

Einföldustu og oft áhrifaríkustu aðgerðirnar til að bæta loftgæði er að huga að breytingum á loftræsingu. Tilgangur loftræsingar er að fá ferskt útiloft inn í rými, um glugga eða loftræsikerfi, og að hleypa sambærilegu magni af menguðu innilofti út, eða með öðrum orðum að endurnýja loft innanhúss. Með því er viðunandi inniloft fyrir fólk skapað og viðhaldið.

Ef notast er við opnanleg gluggafög til loftræsingar er hún sögð náttúruleg, en ef notað er loftræsikerfi er hún sögð vélræn. Með því að tryggja fullnægandi loftræsing og loftskipti í byggingu má koma í veg fyrir uppsöfnun óæskilegra efna eða mengunar í loftinu s.s. frá húsgögnum, hreinsiefnum og innanstokksmunum, margvíslegri lykt og ofnæmisvalda sem geta verið á sveimi í inniloftinu [1] [16].

2.4.1 Vélræn loftræsing

Loftskiptakerfi, innblástur- og útsogskerfi: Til að viðhalda sem jöfnustum loftgæðum yfir daginn er vélrænt loftræsikerfi besti búnaðurinn. Þá er heildstætt innblásturs- og útsogskerfi í byggingunni og það heldur jafnvægi og stýrir loftgæðum. Þar sem vélrænt loftræsikerfi er nú þegar til staðar er afar mikilvægt að starfsmenn með tilskilda þekkingu hugi vel að viðhaldi þeirra og þrifum til að tryggja skilvirkni kerfanna og gæði innilofts.

Útsogskerfi: Útsogskerfi nánar tiltekið staðbundið útsog er yfirleitt staðsett í mest mengandi rýmum, þá í votrymum skólabygginga. Votrymi eru til dæmis baðherbergi, eldhús og þvottahús. Annaðhvort er einn sameiginlegur þakblásari fyrir öll rými eða að viftu er komið fyrir í öllum menguðum rýmum. Vifta sér um að dæla gömlu og rakamettuðu lofti út í gegnum sig [16].

2.4.2 Náttúruleg loftræsing

Virgni náttúrulegrar loftræsingar er að miklu leyti háð veðurfarinu á svæðinu þar sem byggingin er staðsett. Veðurfar ásamt stærð og staðsetningu opnanlegra faga hefur áhrif á fjölda loftskipta í rýminu og magn lofts sem kemst inn. Mikill vindur veldur meiri vindþrýstingi sem eykur loftskipti. Þar sem vindþrýstingur er breytilegur getur fjöldi loftskipta verið mismunandi í roki og logni. Inniloft í rými er því á mikilli hreyfingu þegar það er vindasamt, en þetta fer eftir því hvort fólk hafi glugga opna í slíku veðri. Á Íslandi, þar sem landið er oft vindasamt, hefur þetta miklar áhrif á náttúrulega loftræsing, veðurfar er óstöðugt og engin veit hvaðan vindurinn blæs hverju sinni.

Mikilvægt er að hafa í huga að ávallt er ákveðin óvissa um afköst náttúrulegrar loftræsingar, m.a. vegna áhrifa veðurfars á hana. Auk þess eru afköstin háð hegðun, venjum og upplifun fólks á hita og kulda. Hávaði frá nærliggjandi umferð, innbrot eða veðurfar getur haft þau áhrif að fólk hefur glugga að öllu jöfnu lokaða. Einnig getur nauðsynlegt loftstreymi verið breytilegt eftir árstíðum [1] [16].

3. Greining gagna og kortlagning

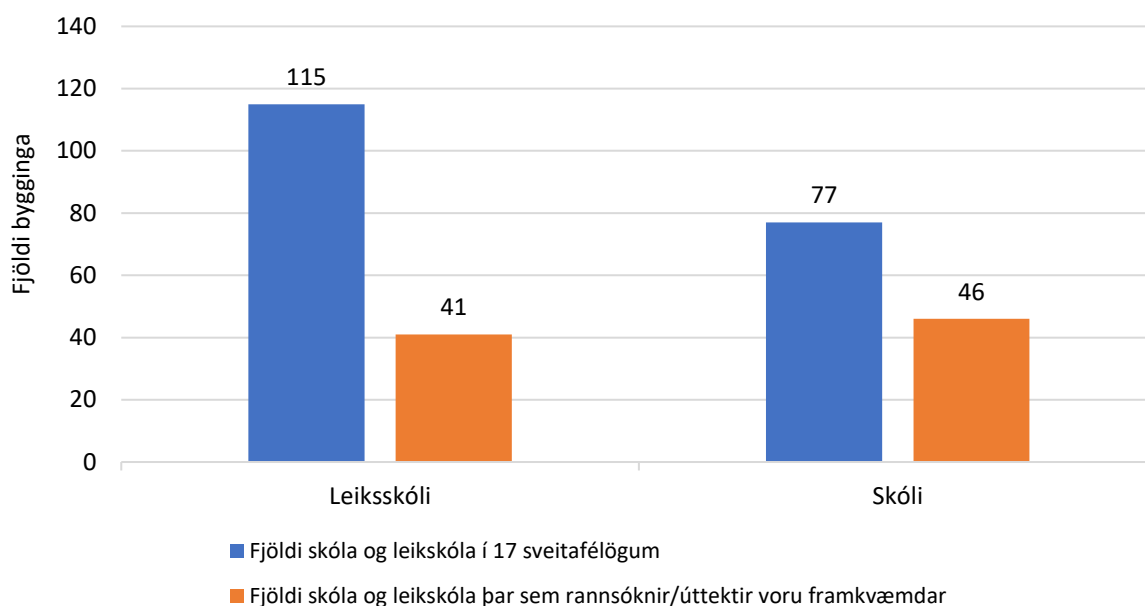
Við greiningu og kortlagningu á ástandi innilofts í skólum og leikskólum var lögð áhersla á að fá sem bestu yfirsýnina með því að draga fram niðurstöður á skýran hátt út úr úttektarskýrslum sem fengust afhentar.

Greiningunni og kortlagningunni er skipt í tvennt;

- **Úttektir vegna rakavandamála og myglu:** Farið yfir niðurstöður úttekta sem framkvæmdar voru vegna gruns um rakavandamál og myglu ásamt því að aðgerðarfræði úttektaraðila var kortlögð og borin saman.
- **Mælingar á loftgæðum:** Farið yfir niðurstöður loftgæðamælinga sem framkvæmdar voru í úttektum.

3.1 Gögn frá sveitarfélögum

Sveitafélög á Íslandi eru í dag 64 talsins, en sjö reka ekki skóla innan sveitarfélagsmarka. Samtals skiluðu 17 sveitafélög rannsókn- og úttektaskýrslum til Umhverfisstofnunnar sem framkvæmdar voru á innilofti í skóla og/eða leiksskólahúsnæðum í þeirra sveitafélagi. Á mynd 3. má sjá fjölda skóla og leiksskóla í þessum 17 sveitafélögum, ásamt fjölda skóla og leiksskóla þar sem rannsóknir/úttektir á innilofti höfðu verið framkvæmdar, 41 leiksskóla og 46 skólum. Alls eru 174 skólar og 221 leiksskólar starfræktir á Íslandi. Tekið er fram að fjöldi bygginga endurspeglar ekki fjölda úttekta/rannsókna á innilofti sem teknar voru í hverri byggingu, en alls voru afhentar 132 úttektarskýrslur fyrir þessar 87 skólabyggingar.

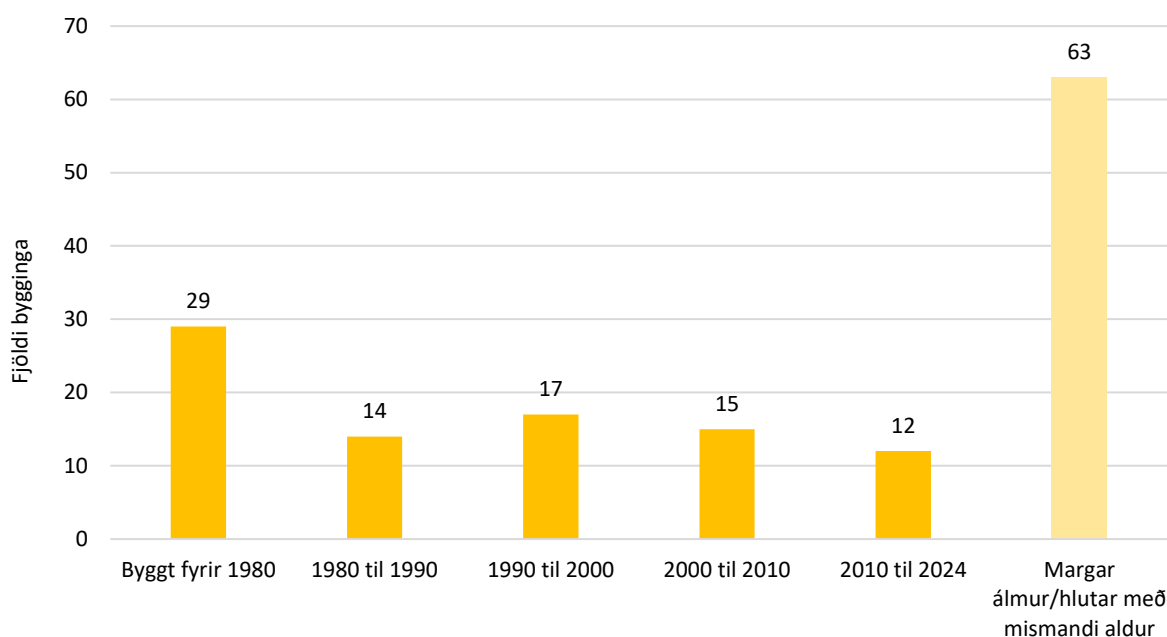


Mynd 2: Fjöldi skóla og leikskóla þar sem rannsóknir/úttektir voru framkvæmdar á innilofti í 17 sveitarfélögum

3.1.1 Aldur bygginga

Reglubundið viðhald og aldur skólabygginga eru mikilvægir þættir sem hafa áhrif á innanhúsumhverfi, heilsu og þægindi. Viðhaldskostnaður og viðhaldspörf bygginga er mjög breytilegur og fer vaxandi með auknum aldri bygginga. Þegar byggingar eldast er yfirleitt nauðsynlegt að framkvæma umfangsmiklar og kostnaðarsamar viðgerðir eða úrbætur.

Lang flestar byggingar í þessari kortlagningu voru byggðar fyrir 1980, en flest allar byggingarnar voru með álmur/svæði sem höfðu mismunandi aldur eins og sjá má á mynd 4.



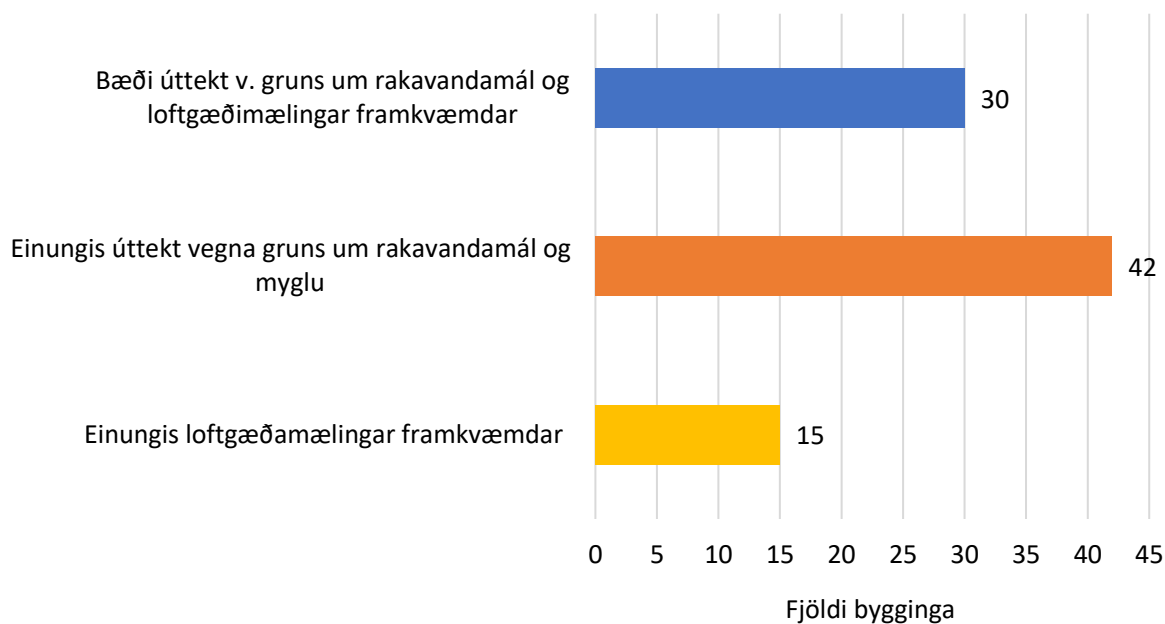
Mynd 3: Aldur bygginga þar sem rannsóknir/úttektir voru framkvæmdar á innilofti

3.1.2 Úttekta skýrslur

Rannsóknir og úttektir sem voru framkvæmdar á ástandi innilofts í skólum og leikskólum í þessum 17 sveitafélögum voru að mestu unnar af verkfræðistofum sem höfðu sérhæft sig í úttektum á loftgæðum innanhúss, en þó voru einnig minni tæknistofur og einstaklingar sem framkvæmdu úttektir. Aðilar sem framkvæmdu úttektirnar voru verkfræðingar, tæknifræðingar, líffræðingar, iðnfræðingar og iðnmenntað fólk. Mikill munur var á milli umfangs, aðferða rannsókna og úttekta sem voru framkvæmdar.

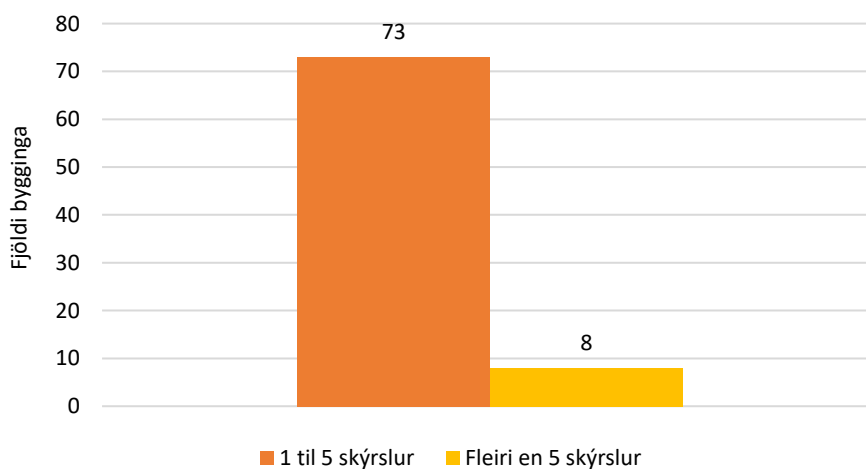
Í 30 skólabyggingum voru úttektir framkvæmdar til að leggja mat á ástand innilofts með ástandsúttektum vegna gruns um rakavandamál og myglu ásamt margvíslegum loftgæðamælingum, eins og sjá má á mynd 4. Í 42 skólabyggingum voru einungis ástandsúttektir framkvæmdar vegna gruns um rakavandamál og myglu til að leggja mat á

ástands inniloftsins og í 15 skólabyggingum voru einungis loftgæðamælingar framkvæmdar.



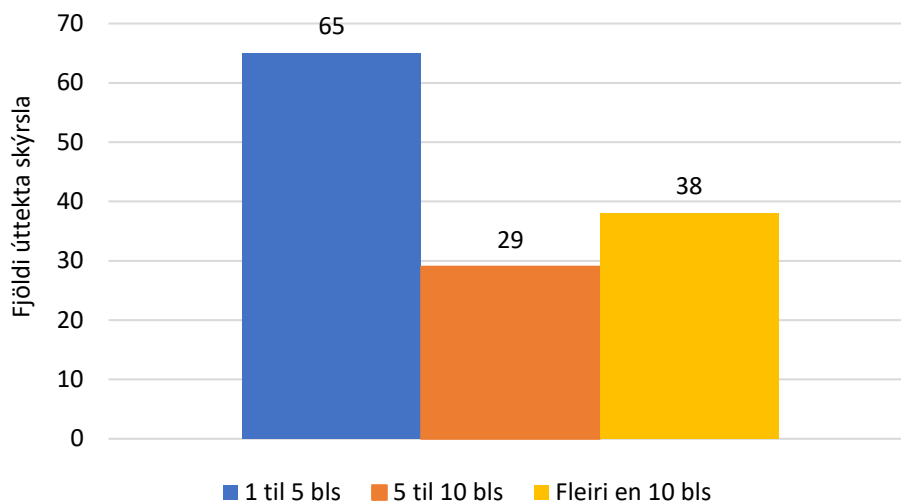
Mynd 4: Yfirlit yfir fjölda skólabygginga og úttekta sem framkvæmdar voru til að leggja mat á ástand innilofts

Alls bárust 132 úttektaskýrslur frá sveitafélögunum 17 fyrir 87 skólabyggingar, bæði ástandsúttekta skýrslur vegna gruns um rakavandamál og myglu og loftgæðamælingaskýrslur. Þegar litið var á fjölda ástandsúttekta- og loftgæðaskýrsla fyrir hverja byggingu, þá hafði oftast verið skilað inn 1 til 5 skýrslum fyrir hverja skólabyggingu, bæði ástandsúttekta- og loftgæðamælingaskýrslur, sjá mynd 5.



Mynd 5: Fjöldi ástandsúttekta- og loftgæðaskýrsla fyrir hverja skólabyggingu.

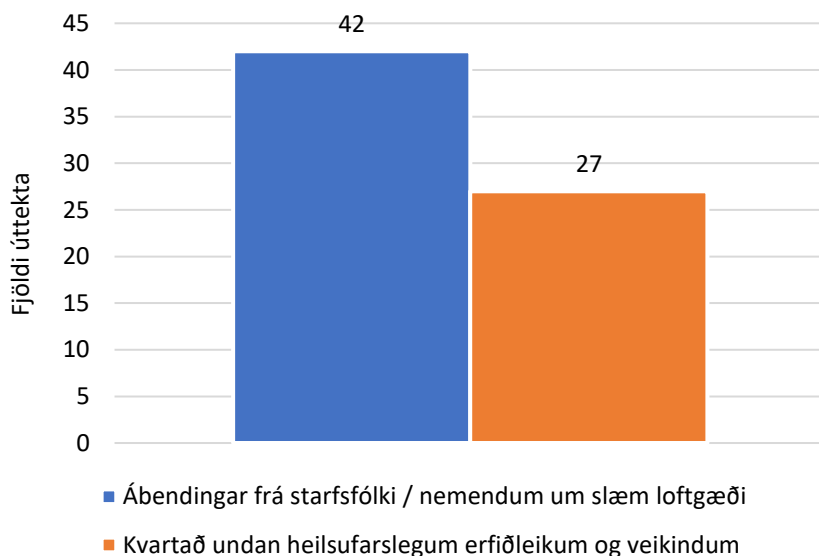
Mikið ósamræmi var á milli efnisinnihalds skýrslna á milli úttektaraðila og rannsóknaaðferða og misræmi í vinnubrögðum á milli úttektaraðila, en farið er betur yfir það seinna í skýrslunni. Lengd úttektarskýrsla var einnig mismunandi eins og sjá má á mynd 6, en þar spilaði líka inn í umfang úttekta, en fjallað er um umfang úttekta seinna í skýrslunni.



Mynd 6: Lengd ástandsúttekta- og loftgæðaskýrsla fyrir skólabyggingarnar

Í 42 skýrslum var sérstaklega tekið fram að úttekt hafi verið framkvæmd til að leggja mat á ástand innilofts vegna ábendinga sem komu frá starfsfólki / nemendum um slæm loftgæði, sjá mynd 7. Í 27 skýrslum var sérstaklega tekið fram að kvartað var undan heilsufarslegum erfiðleikum og veikindum hjá starfsfólki / nemendum. Þó að þessar upplýsingar hafi einungis verið teknar fram í 69 skýrslum mætti búast við að fleiri úttektir á ástandi inniloft hafa verið

framkvæmdar vegna ábendinga og kvartana frá starfsfólki og nemendum, en hafi verið sérstaklega skrifað um þessar upplýsingar í úttektaskýrslum.



Mynd 7: Ábendingar og kvartanir frá starfsfólki / nemendum

Þegar greiningin á þessum 132 úttektarskýrslunum var framkvæmd var ákveðið flokka skýrslurnar eftir þessum 87 skólabyggingum og kortleggja þannig ástand inniloftsins fyrir hverja byggingu. Í kaflanum hér á eftir verður farið yfir niðurstöður á úttektum sem voru framkvæmdar vegna gruns um rakavandamál og myglu og hins vegar vegna loftgæðamælinga.

3.2 Skoðun og mat á húsnæði vegna rakaskemmda

Við úttekt á húsnæði vegna raka og myglu ætti ekki eingöngu að einblína á það hvort mygla sé til staðar í húsnæðinu heldur ástand þess og hvar viðvarandi raka eða leka er að finna. Greina þarf möguleg eldri vatnstjón og leka, og hvað má gera til að bæta úr. Einnig þarf að kynna sér sögu, uppbyggingu, efnisval og notkun.

Rakamælingar/rakaskimun eru nauðsynlegar til þess að átta sig á rakaástandi, enda er oft raki í byggingarefnum þó hann sjáist ekki með sjónrænni skoðun. Þá er ekki síður mikilvægt, að skoðunaraðili sé reynslumikill, með tilbæra fagþekkingu og þjálfun sem þarf til þess að meta rakaástand, beita sjónrænu mati og nota rakamæla. Þar sem þurrar rakaskemmdir og mygla hafa sömu heilsufarsáhrif og þar sem raki er vandast málið þegar þarf að staðsetja þær. Þá er gott að þekkja sögu húsnæðis og áhættustaði í húsum vegna rakavanda og hafa góð tók á sjónrænu mati.

Í raun má segja að úttekt á húsnæði vegna rakaskemmda sé fólgin í því að safna sem flestum vísbendingum eða púslum saman til að fá fram heildarmynd af ástandi byggingar vegna raka. Nauðsynlegt er að fagaðili safni nógu mörgum púslum og raði saman til þess að geta dregið ályktun um ástand og leggi til úrbætur. Eitt eða tvö púsl geta ekki gefið manni nema vísbendingu að heildarmyndinni.

Púslin/aðferðir geta verið eftirfarandi:

- Skoðun á teikningum
- Mat á húsagerð, byggingarlagi og byggingarefni
- Rakaskimun með rakamæli
- Sjónræn skoðun
- Saga byggingar, tjón, viðgerðir og framkvæmdir
- Skoðun með hitamyndavél
- Skoðun og mat á rakaflæði og byggingareðlisfræði
- Loftræsing og möguleiki til loftskipta
- Önnur efni, efnisval
- Mannmergð
- Sýnataka; byggingarefni, ryksýni, loftskýni.

Leiðbeiningar um skoðun og mat á húsnæði í nágrennalöndum okkar hafa það að markmiði að draga úr áhættu sem fylgir mismunandi aðferðum við skoðun, þannig að öryggi notenda sé tryggt. Á Íslandi eru skoðanir ekki samræmdar, sem leiðir til takmörkunar á niðurstöðum. Þetta getur leitt til ónákvæmra matsaðferða sem endurspeglar ekki raunveruleg loftgæði og tryggja ekki öryggi notenda, sérstaklega ef aðeins er treyst á ryk- eða loftprufur.

Markmið úttekta á rakaskemmdum er að bæta innivist, loftgæði og verðmæti eignar, með það að markmiði að draga úr áhrifum á heilsu íbúa. Lykilskrefin í úttektum felast í að meta rakaskemmdir, rannsaka mögulega lekavandamál og ákveða eftirfylgni í sýnatökum og frekari rannsóknum.

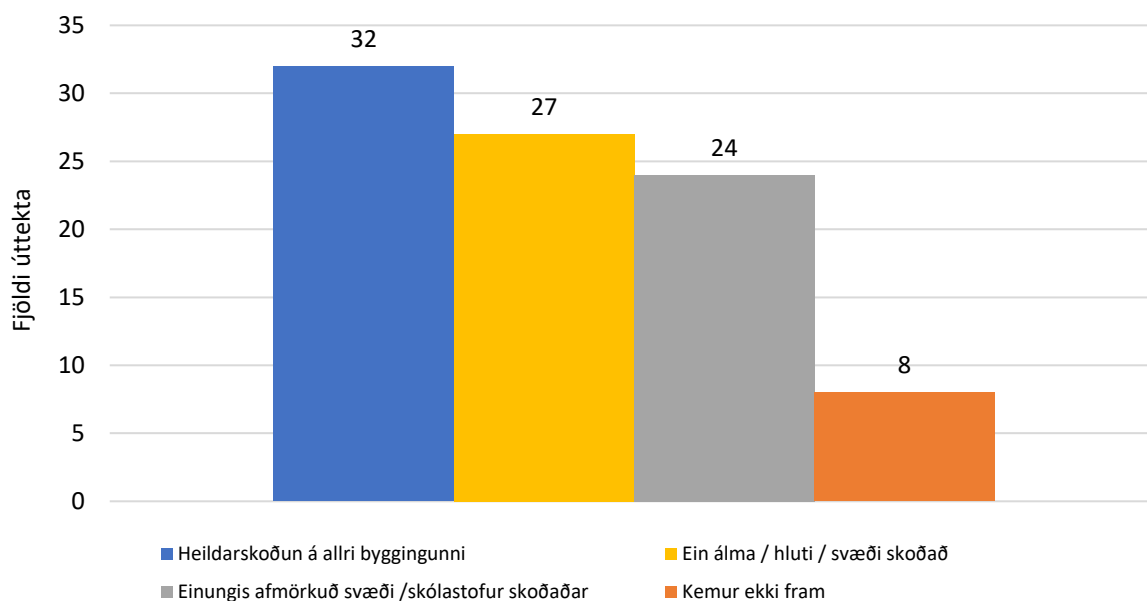
Rannsókn sem einungis byggir á einföldum sýnatökum gefur ekki heildarmynd af rakaástandi húsnæðis hvað varðar rakaskemmdir og myglu.

3.2.1 Niðurstöður á úttektum vegna gruns um rakavandamál og myglu

Eins og komið hefur fram hér að ofan, skiluðu 17 sveitafélög af sér 132 úttektar skýrslum fyrir 87 skólabyggingar, bæði ástandsúttektar- skýrslur vegna gruns um rakavandamál og myglu og loftgæðamælingaskýrslur.

Í 30 skólabyggingum voru úttektir framkvæmdar til að leggja mat á ástand innilofts með ástandsúttektum vegna gruns um rakavandamál og myglu ásamt margvíslegum loftgæðamælingum. Í 42 skólabyggingum voru einungis ástandsúttektir framkvæmdar vegna gruns um rakavandamál og myglu til að leggja mat á ástands inniloftsins.

Í flestum tilfellum hefur einungis hluti skólans verið skoðaður eða í 51 úttektarskýrslu-, en ekki verið tekin heildarskoðun á öllu húsnæðinu eins og sjá má á mynd 8. Þó var hægt að sjá í gögnunum að úttektir sem framkvæmdar voru í hluta húsnæðisins leiddu oft til frekari úttekta á fleiri svæðum í byggingunni og/eða til heildarskoðunar á allri byggingunni. Í 8 úttekta skýrslum var staðsetning úttektar ekki tekin fram.

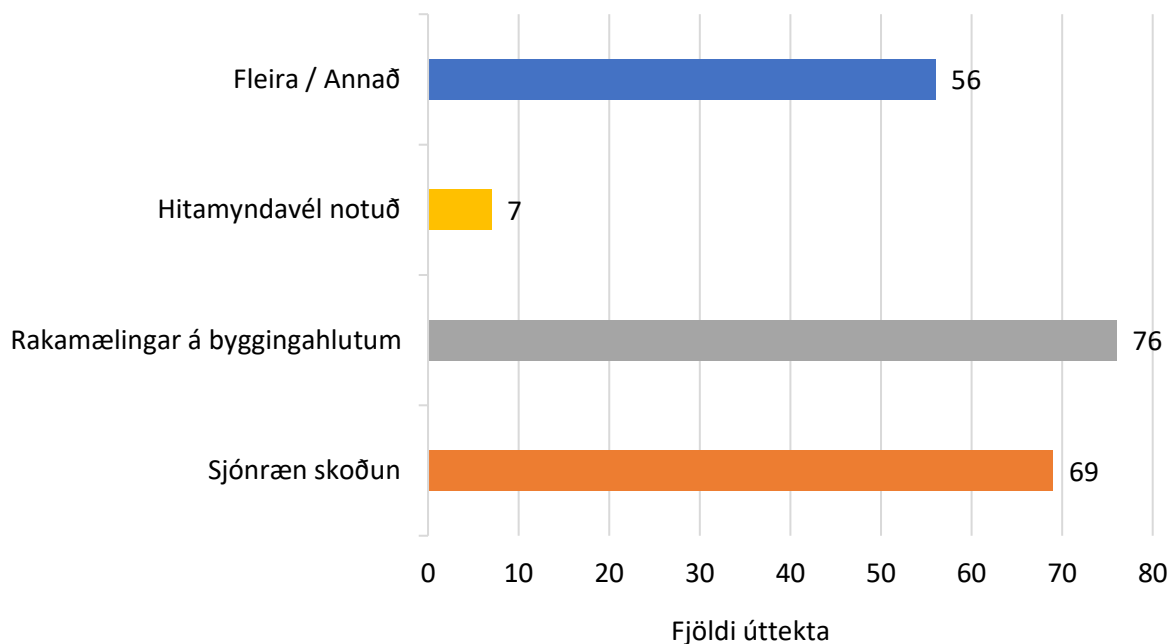


Mynd 8: Umfang ástandsúttekta vegna gruns um rakavandamál og myglu í skólum og leikskólum

3.2.1.1 Aðferðir við skoðun og úttektir

Í flestum úttektum var sjónræn skoðun framkvæmd af einhverju tagi eins og sést á mynd 9. Niðurstöður voru lang oftast skrásettir með textalýsingum og/eða ljósmyndum, en í nokkrum tilfellum voru rakaummerki merkt inn á grunnmyndir. Rakamælingar af einhverju tagi voru

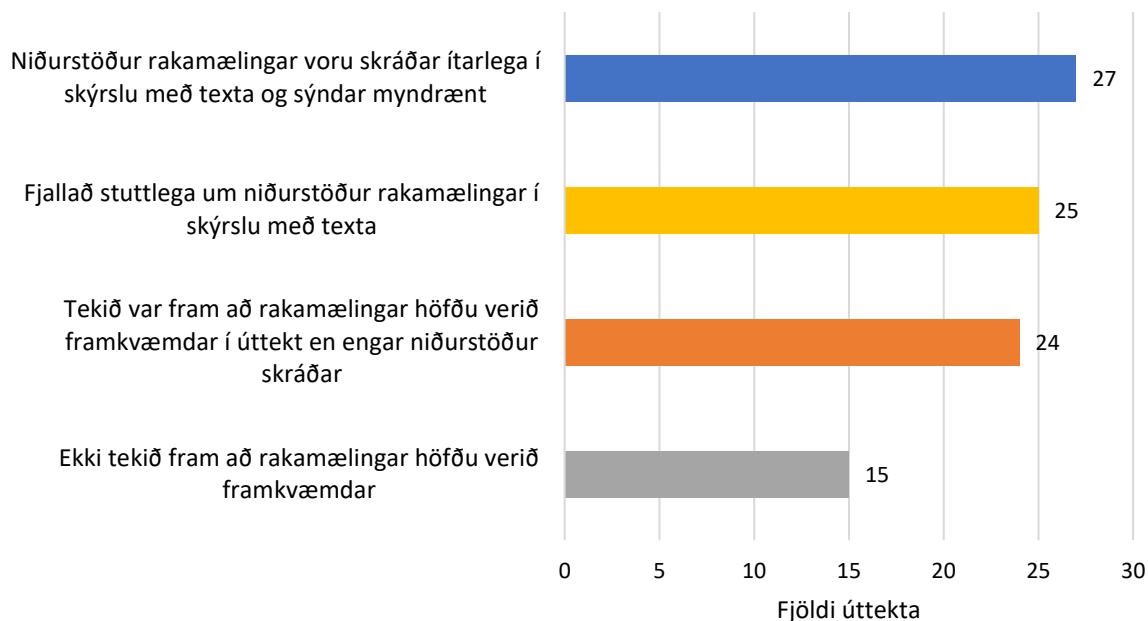
framkvæmdar í flest öllum úttektum í byggingahlutum, en niðurstöður skrásettar á mismunandi hátt. Notast var við rakamæla af ýmsum gerðum og tegundum. Aðalega var notast við snertirakamæla í steypu, rakamæla með pinnum í timbur og innboruðum hlutfallsrakamælum til að fá nákvæmari upplýsingar um hlutfallsrakann í byggingarefninu. Í lang fæstum tilfellum var hitamyndavél notuð til að leggja mat á ástand byggingahluta, m.t.t. kuldabrua og loftleka.



Mynd 9: Upplýsingar um aðferðir sem úttektaraðilar notuðu við skoðun og úttekt

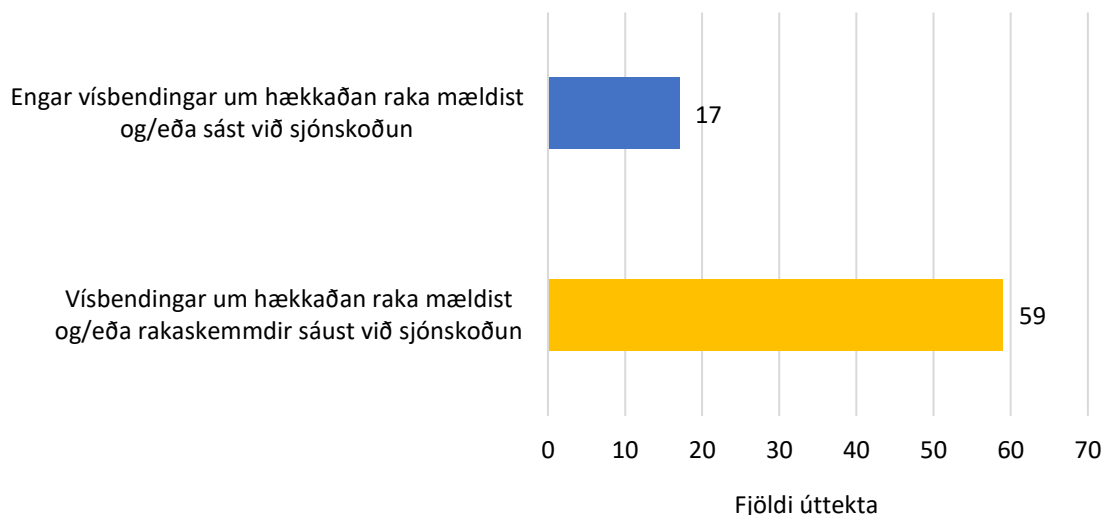
3.2.1.2 Rakamælingar við skoðanir og úttektir

Mikið misræmi var á milli skráningar og umfjöllunar á rakamælingum í byggingarhlutum eins og sjá má á mynd 10, en rakamælingar eru gríðarlega mikilvægar til að kortleggja ástand byggingahluta og byggingar í heild. Í 24 úttektum var tekið fram að rakamælingar höfðu verið framkvæmdar en engar niðurstöður skráðar. Í 25 úttektum var fjallað stuttlega um niðurstöður rakamælinga í texta en erfitt var að gera sér grein fyrir heildarrakaástandi. Í 27 úttektum voru niðurstöður rakamælinga ítarlega skráðar á grunnmynd bygginga þannig að auðvelt var að sjá yfirlit yfir heildarástandið og einnig var fjallað um niðurstöður í texta.



Mynd 10: Fjöldi úttekta þar sem rakamælingar voru skráðar í skýrslu og hvernig rakamælingarnar voru skráðar

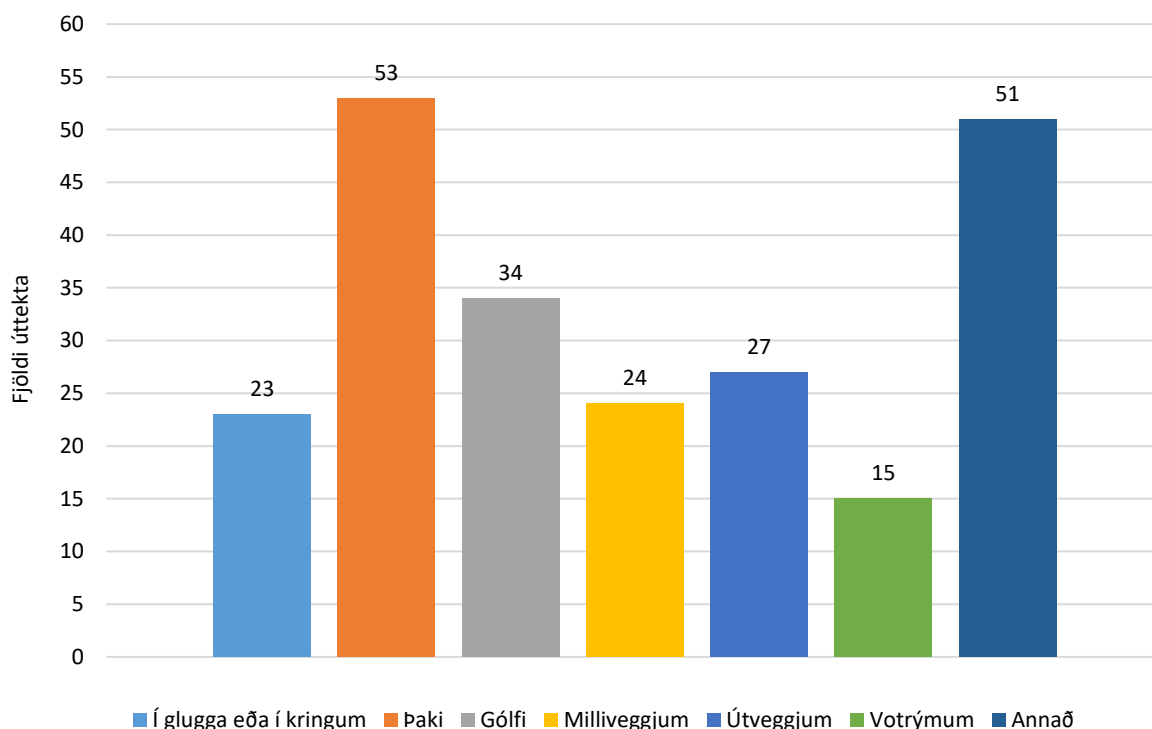
Í 59 úttektum fundust vísbendingar um hækkaðan raka við rakamælingar og/eða rakaskemmdir sáust við sjónskoðun, sjá mynd 11. Í 17 úttektum fundust engar vísbendingar um hækkaðan raka og/eða rakaskemmdir við sjónskoðun.



Mynd 11: Yfirlit yfir úttektir þar sem hækkaður raki mældist og/eða rakaskemmdir sáust við sjónskoðun

Algengustu staðsetningar þar sem vísbendingar um hækkaðan raka mældist og/eða rakaskemmdir fundust í byggingarhlutum var í þökum og gólfi, eins og sjá má á mynd 12. Víða

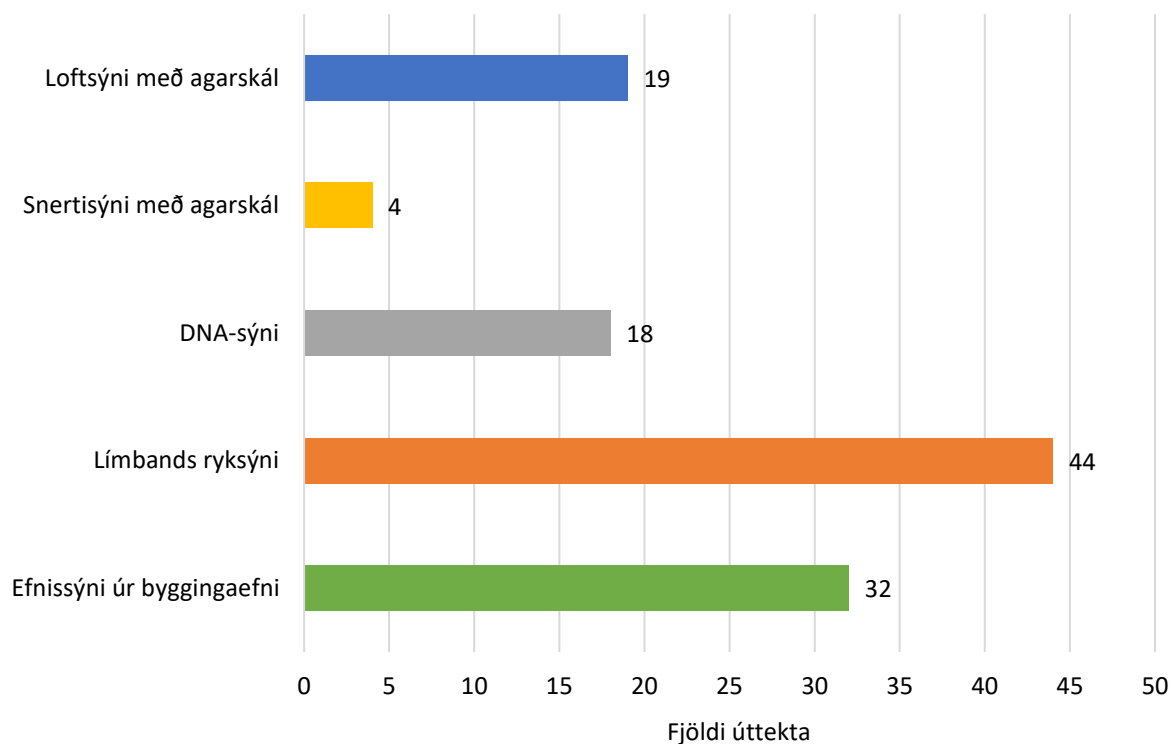
kom fram í úttektarskýrslum að loftun þaka var ábótavant sem leiddi til rakaskemmda víða ásamt ófullnægjandi viðhaldi. Vísbendingar um rakaskemmdir í gólfi komu aðalega fram meðfram útveggjum fyrir neðan glugga eða í botnplötu vegna ófullnægjandi drenunar á jarðvegsvatni frá byggingunni. Í mörgum byggingum vantaði alfarið drenlagnir eða drenlagnir í ólagi sem skapaði mikil rakaálag á botnplötu og/eða útveggi/kjallaraveggi. Algengustu rakaskemmdirnar komu fram í milliveggjum vegna leka frá lögnum. Í gluggum kom víða fram í úttektarskýrslum að frágangur var óbótavant og ófullnægjandi viðhald leiddi til rakaskemmda.



Mynd 12: Algengustu staðsetningarnar þar sem hækkaður raki mældist og/ eða rakaskemmdir fundust, í mörgum úttektum fundust skemmdir í fleiri en einum byggingarluta

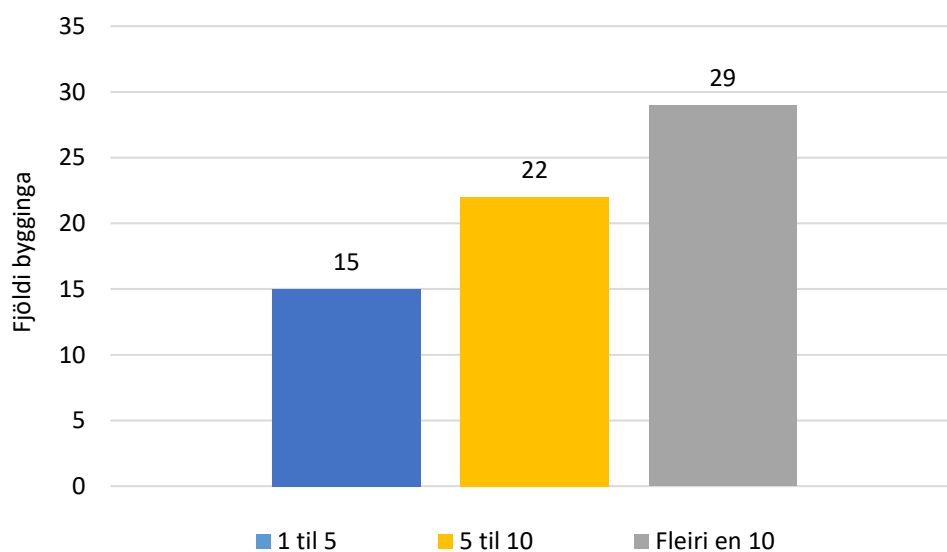
3.2.1.3 Sýnataka

Sýnatökur voru framkvæmdar í 66 byggingum, en í 6 byggingum voru engin sýni tekin eftir að rakamælingar og úttektir voru framkvæmdar. Í meginatriðum eru sýni þrenns konar; annars vegar eru tekin sýni úr byggingarefnum, uppsöfnuðu ryki eða óhreinindum á yfirborði innanstokksmuna eða byggingarluta og sýni úr inniloftinu. Algengast var í úttektum að sýni voru tekin úr uppsöfnuðu ryki eða óhreinindum á yfirborði innanstokksmuna eða byggingarluta, þá annað hvort með límbandsýni, DNA-sýni og snertisýni með agarskál, eins og sjá má á mynd 13. Í 32 úttektum voru tekin efnissýni úr byggingaefnum og í 19 úttektum loftsýni með agarskál.



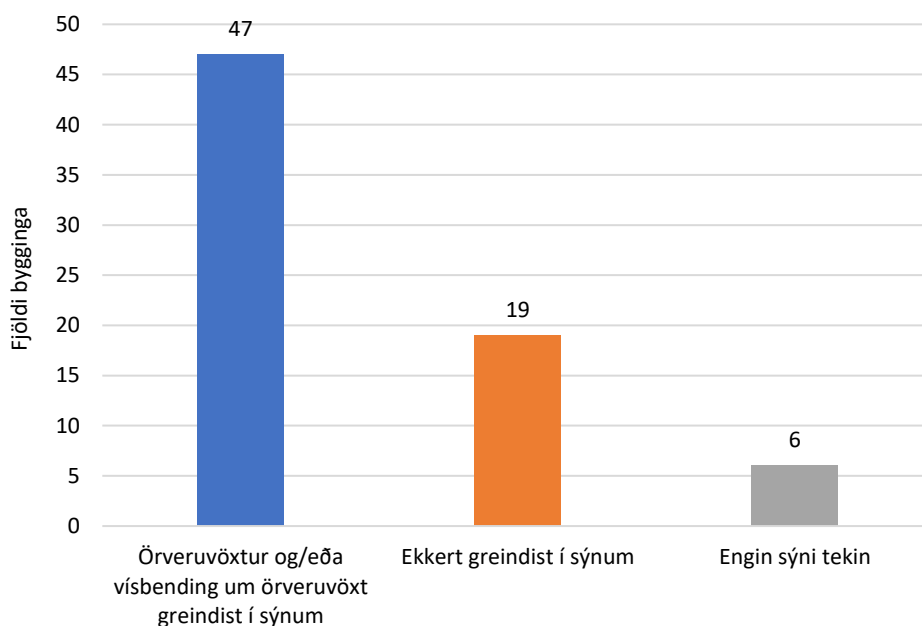
Mynd 12: Sýnatökuaðferðir sem framkvæmdar voru í úttektum, í mörgum úttektum voru nokkrar aðferðir notaðar

Töluverður munur var á fjölda sýna sem tekin voru í hverri byggingu, mynd 14, en algengast var að fleiri en 10 sýni væru tekin í hverri byggingu; úr byggingaefnum, ryki og/eða innilofti.



Mynd 13: Fjöldi sýna tekin í hverri skólabyggingu, ef sýni voru tekin

Örveruvöxtur og/eða vísbendingar um örveruvöxt greindist í 47 byggingum af þeim 72 byggingum þar sem úttektir voru framkvæmdar vegna gruns um rakavandamál og myglu, þó mismikið. Í 19 byggingum greindist ekkert í sýnunum. Í 6 byggingum voru engin sýni tekin eftir að rakamælingar og úttektir voru framkvæmdar.



Mynd 14: Niðurstöður sýnatöku frá úttektum í 66 byggingum

3.3 Mat á gæðum innilofts með loftgæðamælingum

Tilgangur loftgæðamælinga er að meta ástand innilofts. Hægt er að mæla fjölmarga þætti í inniloftinu til að leggja mat á gæði og heilbrigði loftsins. Líkt og fyrr var greint frá eru algengustu mælingarnar sem framkvæmdar eru til að leggja mat og gefa vísbendingar um ástand loftgæða í byggingum hér á Íslandi mælingar á:

- Hitastigi
- Hlutfallsraka
- Styrkur koltvísýrings í lofti
- Rokgjörn lífræn efnasambönd

Til eru mismunandi leiðarvísar og leiðbeiningar hvernig best er að framkvæma loftgæðamælingar. Algengustu mæliaðferðirnar til að leggja mat á gæði innilofts eru annaðhvort að mæla einstaklingsloftgæði eða staðbundin loftgæðin í rýminu. Þegar einstaklingsloftgæði eru mæld er mælitæki yfirleitt fest á einstaklinginn og gefur það nokkuð

nákvæmar niðurstöður um ástand einstaklingsloftgæðanna, en einstaklingsloftgæði umhverfis starfsfólk og nemendur getur verið breytilegt innan sama rýmis. Staðbundnar loftgæðamælingar eru yfirleitt framkvæmdar með einu mælitæki sem er staðsett í rýminu, en niðurstöður eru þá takmarkaðar við staðsetningu mælis í rými en gefa þó góðar vísbendingar um ástand loftgæða í rýminu.

Til að mæla ástand loftgæða er best að nota mælitæki sem eru sérstaklega gerð til að mæla algenga loftgæðapætti innandyrna til að meta ástand loftsins í byggingunni. Í dag eru flestir loftgæðamælar síritar, sem skrá niður mælingar á mismunandi loftgæðapáttum á 1-5 mín fresti yfir ákveðið tímabil. Í leiðbeiningum er yfirleitt mælt með að hafa loftgæðamæli staðsettan í rými í 7-12 daga til að fá sem bestu mynd af gæðum inniloftsins, álagspáttum og mögulegum uppsprettum loftmengunar. Mælt er með að loftgæðamælir sé a.m.k. 1,2-1,5 m frá gólfi og 1 m frá vegg. Passa þarf uppá að mælir sé ekki staðsettur nálægt gluggum, ofnum eða loftræstitúðu, en það getur skekkt mælingarnar verulega. Einnig er hægt að framkvæma rauntímamælingu með ákveðnum tegundum af loftgæðamælum sem mælir þá mæligildi ákveðins loftgæðapáatts á einum tímapunkti, en með þannig mælingum er erfitt að leggja heildarmat á loftgæðin.

Til þess að fá fram stöðu á loftgæðum í rými er árangursríkast að setja upp sírita yfir ákveðinn tíma til þess að sjá breytingar á loftgæðum og fá fram ástandið í takti við notkun rýma. Staðbundnar mælingar eða punkt mælingar gefa eingöngu niðurstöðu á þeim tíma sem mælingin er framkvæmd og endurspeglar ekki endilega loftgæðin í rýminu almennt.

Svifryk eða agnastærð PM_{2,5} eða PM₁₀ er ekki metin eða mæld nema í örfáum tilfellum og er því ekki tekin með í þessa greiningu en þessi þáttur er mikilvægur við mat á loftgæðum.

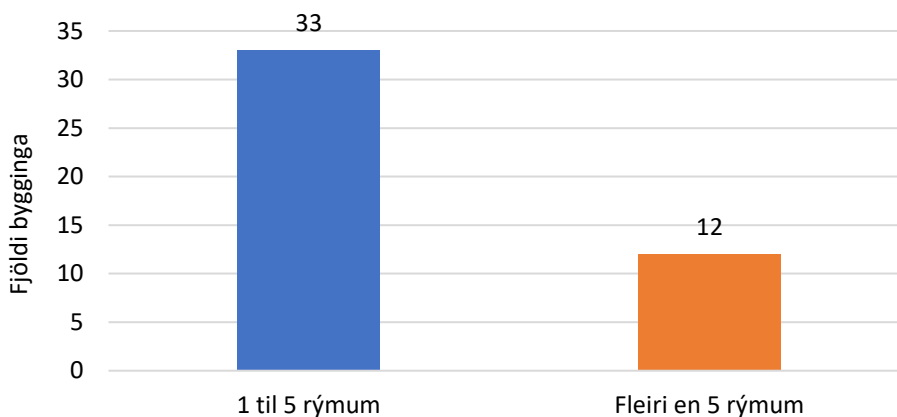
3.3.1 Niðurstöður mælinga á loftgæðum úr úttektum

Líkt og fyrr var greint frá í kafla 3.1.2, þá voru úttektir framkvæmdar til að leggja mat á ástand innilofts í 30 skólabyggingum með ástandsúttektum vegna gruns um rakavandamál og myglu ásamt einhverskonar loftgæðamælingum. Í 15 skólabyggingum voru einhverskonar loftgæðamælingar framkvæmdar. Í 42 skólabyggingum voru einungis ástandsúttektir framkvæmdar vegna gruns um rakavandamál og myglu til að leggja mat á ástands inniloftsins.

Í þessari kortlagningu er aðeins lagt mat á þá loftgæðapætti sem komu fram oftast fyrir í úttektarskýrslum: hitastig, hlutfallsraki og styrkur koltvísýrings í lofti.

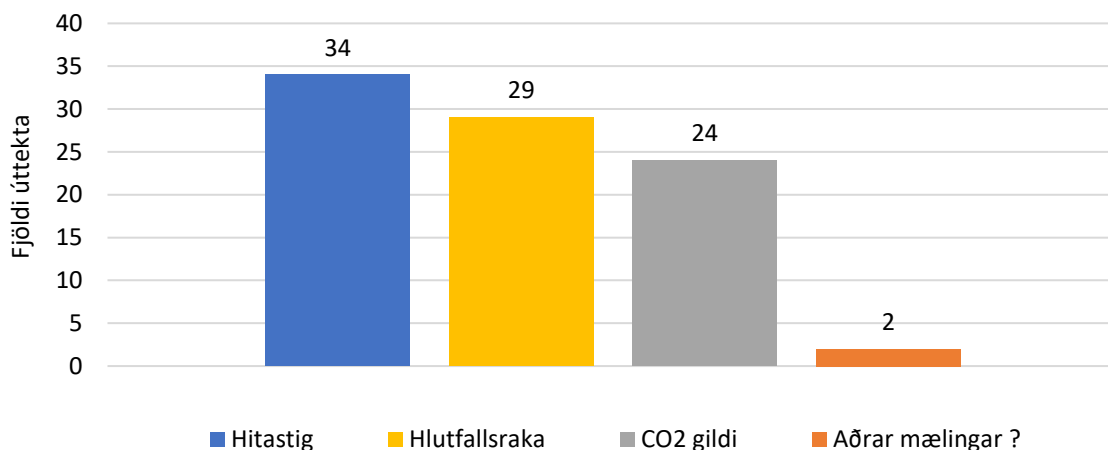
3.3.1.1 Aðferðarfræði og umfang mælinga

Alls voru framkvæmdar loftgæðamælingar í 45 skólabyggingum. Í 33 skólabyggingum voru loftgæðamælingar framkvæmdar í 1 til 5 rýmum en í 12 byggingum voru mælingar framkvæmdar í fleiri en 5 rýmum, sjá mynd 16.



Mynd 15: Fjöldi rýma sem voru loftgæðamæld í 52 skólabyggingum

Í flestum loftgæðaúttektum var notast við síritandi loftgæðamæla og staðbundnar loftgæðamælingar framkvæmdar, þar sem loftgæðamælir var staðsettur á einum stað í rýminu. Í örfáum tilfellum voru rauntímamælingar framkvæmdar og engin sírritun. Mismunandi var á milli úttekta hvaða loftgæðapættir voru mældir, eins og sjá má á mynd 17. Í lang flestum tilfellum var hitastig, hlutfallsraka og magn koltvísýrings [CO₂] í lofti. Hitastig var mælt í 34 úttektum, hlutfallsraki í 29 úttektum, CO₂ magn í lofti í 24 úttektum og rokgjörn lífræn efnasambönd í 2 úttektum. Í örfáum skýrslum voru staðsetningar á loftgæðamælum merkt á grunnmynd. Upplýsingar um hita- og rakastig innandyra ná ekki yfir heildarloftgæði, en geta gefið vísendingar um gæði innivistar eða líðan fólks. Síritamælingar á CO₂ gefa vísendingar um loftskipti í rými. Upptök CO₂ í innilofti koma einkum frá notendum bygginga og því er uppsöfnun CO₂ í samræmi við notkun rýmisins hverju sinni. Þegar uppsöfnun á CO₂ fer yfir viðmiðunarmörk má draga þá ályktun að loftskipti séu ekki fullnægjandi. Þetta getur einnig bent til uppsöfnunar annarra efna í innilofti.

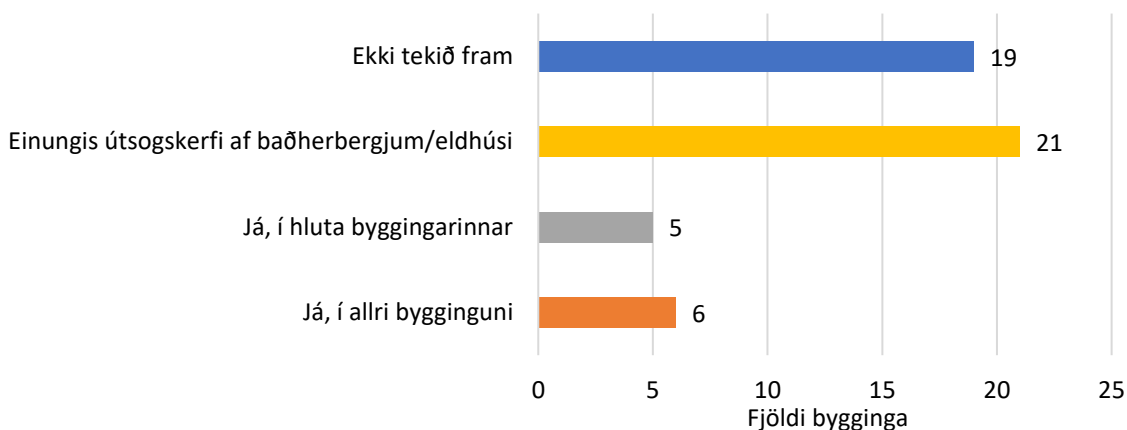


Mynd 16: Loftgæðapættir sem voru mældir í 52 skólabyggingum

3.3.1.2 Loftræsing

Aðalhlutverk loftræsingar er að tryggja gæði innilofts og þægindi rýmisins. Það er gert til þess að bæta loftflæði innandyra með því að skipta óhreina inniloftinu út fyrir hreint útiloft, og þar með þynna mengandi efni í inniloftinu. Loftræsing hefur einnig áhrif á hitastig og rakastig rýmisins.

Margar af skólabyggingunum í þessari kortlagningu eru áratuga gamlar, byggðar á tíma þegar loftræsing og loftgæði innandyra voru ekki í forgangi. Eins og sjá má á mynd 18, þá eru einungis 6 byggingar með vélrænt loftræsikerfi í allri byggingunni og 5 byggingar með kerfi í hluta byggingarinnar. Í öllum þessum byggingum var einnig vélrænt útsogskerfi frá baðherbergjum og eldhúsi. Í 21 byggingum var einungis vélrænt útsog af baðherbergjum og eldhúsi. Í 19 byggingum var ekki tekið fram hvernig eða hvort loftræsikerfi væri til staðar.



Mynd 17: Yfirlit yfir hvort og hvernig loftræsikerfi er í byggingunum

3.3.1.3 Mældir loftgæðapættir

Hitastig

Samkvæmt niðurstöðum mælinga er hitastigið í mældum rýmum í skóla- og leikskólum, í þessari úttekt, að sveiflast mikið, en helst stöðugast í byggingunum með vélrænt lofræsikerfi með varmaendurvinnslu. Í sumum tilfellum er mjög heitt inn í rýmum yfir daginn og í öðrum kalt. Vegna hitabreytinganna í innloftinu er möguleiki á að nemendur og kennarar finna fyrir óþægindum m.a. vegna ófullnægjandi hitastýringu á hitakerfi og/eða vegna kulda frá opnanlegum fögum þegar loftað er út, en í mörgum rýmum er það eina leiðin til loftunar/loftræsingar og þar með erfitt er að komast hjá þessum hitasveiflum.

Líkt og tekið var fram í kafla 2.4.2 um náttúrulega loftræsingu, þá er ávallt óvissa um afköst um opnaleg fög, vegna m.a. áhrifa veðurfars á hana, stærð opnalegra faga, hegðunar og venja og upplifun fólks vegna hita og kulda, hávaða og fleira.

Hlutfallsraki

Samkvæmt niðurstöðum mælinga er hlutfallsraki í mældum rýmum í skóla- og leikskólum, í þessari úttekt, að sveiflast mikið á milli árstíða og vegna notkun rýma, sérstaklega í byggingum með vélrænt loftskiptakerfi. Í mælingum sem framkvæmdar voru yfir vetratímamann fór rakastigið reglulega fyrir neðan 20%HR, sem telst þó eðlilegt hérlendis á þeim árstíma sem mælingarnar fóru fram. Í mælingum sem framkvæmdar voru á öðrum árstímum var rakastigið að sveiflast á milli 25-60%HR.

Hafa þarf í huga að ef rakastig fer undir 20%HR í lengri tíma er talið að auðveldara verði fyrir t.d. ryk að ýrast upp og það getur valdið óþægindum í augum og öndunarfærum. Ef rakastig fer yfir 60%HR í einhvern tíma auðveldar það t.d. viðgang rykmaura, hættu á örveruvexti og eykur líkur á rakaskemmdum og er því óæskilegt.

Með því að laga umhverfisþætti eins og hitastig má búast við því að fólk finni minna fyrir óþægindum vegna of þurrs lofts. Fólk virðist vera ónæmara fyrir öðrum umhverfisþáttum eins og rakastigi ef að hitastig er við hæfi. Loft sem inniheldur sama raka en er við lægra hitastig hefur hærri hlutfallsraka en það er það sem við skynjum. Sem dæmi má nefna ef loft sem er 25°C með 20%HR er kælt í 22°C verður rakastig þess 24%HR.

Styrkur CO₂ í lofti

Samkvæmt niðurstöðum mælinga er meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti í mældum rýmum í skóla- og leikskólum, í þessari úttekt, í lang flestum tilfellum yfir viðmiðunarmörkum

Í nógildandi byggingarreglugerð. Í lang flestum skólum er ekkert vélrænt loftskiptakerfi til tryggja fullnægjandi loftskipti í rýmum, en erfitt getur verið að ná fullnægjandi loftskiptum með útloftun um glugga, sérstaklega þegar nemendafjöldi er orðin mikill í hverju rými. En oft sitja mikið fleiri nemendur í kennslustofu en stofan var upprunalega hönnuð fyrir.

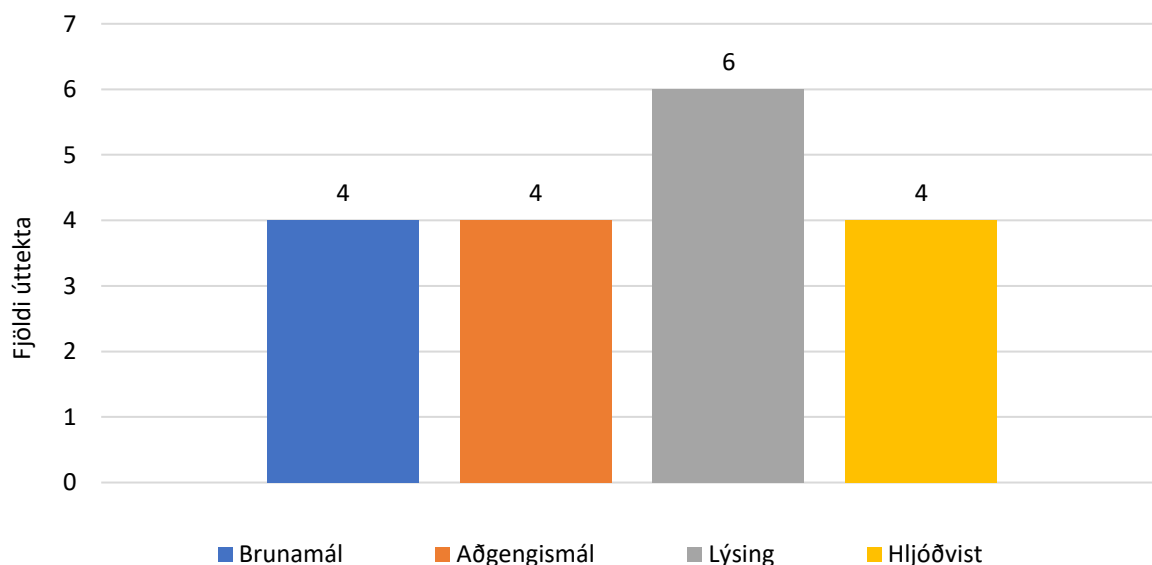
Talið er að loftskipti séu ófullnægjandi í flest öllum rýmum þar sem ekkert vélrænt loftskiptakerfi er til staðar, talið er að þörf sé á úrbótum í þessum rýmum til að tryggja betri loftgæði. Svo að ásættanleg loftskipti náist og hægt sé að uppfylla núverandi byggingareglugerð er mælt með uppsetning á vélrænu loftskiptakerfi sé skoðuð.

Meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti í mældum rýmum þar sem vélrænt loftskiptakerfi var til staðar, voru lang oftast innan viðmiðunarmarka eða fór yfir viðmiðunarmörk einungis í stutta stund. Í einni byggingu var augljóst að vélræna loftskiptakerfið var ekki að virka sem skildi en mikilvægt er að tryggja viðunandi viðhald á loftræsikerfum og að loftræsikerfi séu loftmagnsstíllt svo að kerfin virki sem skildi.

Tekið var sérstaklega fram í 13 úttektaskýrslum að þörf var talin á vélrænu loftskiptakerfi til að uppfylla kröfur nógildandi byggingarreglugerðar.

3.3.1.4 Aðrar tillögur að úrbótum

Í 18 úttektum komu fram aðrar tillögur að úrbótum eins og sjá má á mynd 19. Í 4 úttektum var bent á úrbætur tengdum brunamálum og aðgengismálum, í 6 úttektum var lagt til úrbóta á lýsingu og í 4 úttektum á hljóðvist.



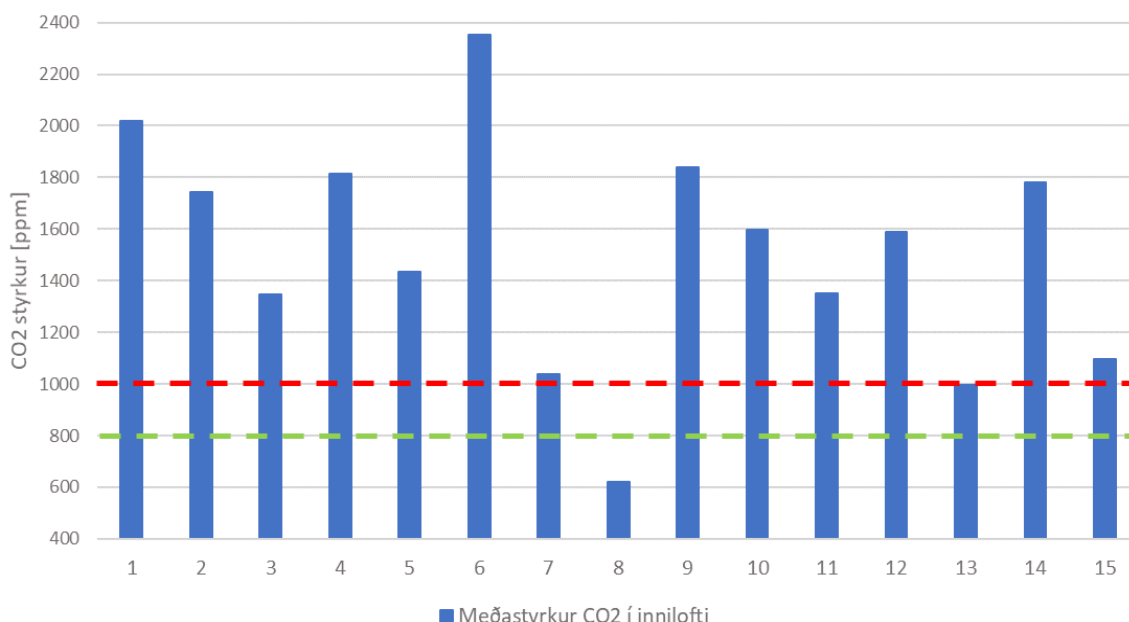
Mynd 18: Aðrar tillögur að úrbótum öruggi, heilsu og vellíðan innandryra

3.3.2 Fyrri rannsóknir og mælingar á CO₂ styrk í innilofti

Fjöldi rannsókna sem hafa verið framkvæmdar hér á Íslandi hafa sýnt að CO₂ styrkurinn í skólastofum er of hár. Lagnafélag Íslands hélt ráðstefnu árið 1997 um loftgæði í skólum, þar sem niðurstöður mælinga sem Jónína Valsdóttir framkvæmdi í sex skólum í Akureyri og Dalvík voru kynntar. Meðalstyrkur CO₂ í skólastofum var 1373 ppm [6].

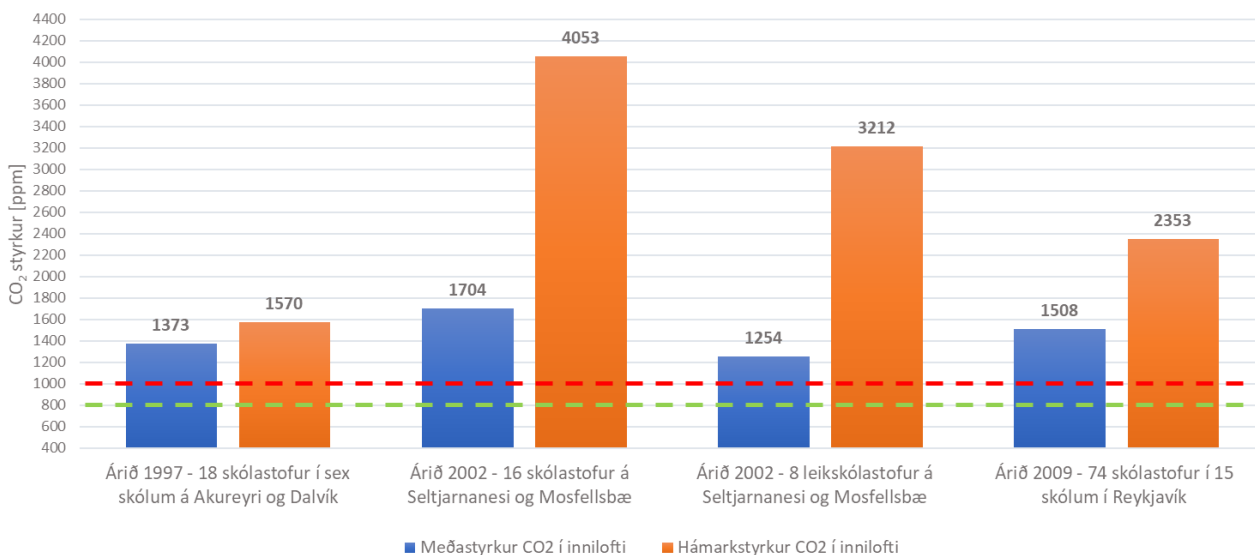
Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis birti skýrslu árið 2002 um loftgæðamælingar í skólum og leikskólum á Seltjarnarnesi og Mosfellsbæ, en rannsókn og úttekt var framkvæmd af Árna Davíðssyni. Meðal CO₂-styrkur í 16 kennslustofum var 1704 ppm. Lægsta mældi gildi var 552 ppm og hæsta 4053 ppm. Í leikskólum var CO₂ að meðaltali 1254 ppm (620-3212 ppm) [2].

Árið 2008 framkvæmdi Vanda Úlfrún Liv Hellsing rannsókn þar sem hún loftgæðamældi 74 skólastofur í 15 skólum í Reykjavík. Aldur skólanna var mismunandi og margir skólar reistir fyrir tíma núverandi byggingarreglugerð. Vanda loftgæðamældi 4-7 stofur í hverjum skóla og sátu að jafnaði 22-32 nemendur í hverri stofu, oft mikið fleiri nemendur en skólastofan var upprunalega hönnuð fyrir. CO₂-styrkur í skólastofunum mældist á bilinu 621–2353 ppm, með meðalstyrk um 1508 ppm. Í 13 af 15 skólum mældist CO₂-styrkurinn yfir viðmiðunarmörkum, eða 1000 ppm, og í öllum nema einum fór hann yfir 800 ppm að jafnaði. Yfirlit yfir niðurstöður má sjá á mynd 20 [12].



Mynd 19: Niðurstöður úr rannsókn Vöndu á meðalstyrk CO₂ í innilofti í 15 skólum [12]

Niðurstöður fyrri rannsókna á CO₂ styrk í lofti í einstaka leikskólum og skólum voru teknar saman á mynd 21. Samkvæmt niðurstöðum rannsókna þá er meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti í mældum rýmum í skóla- og leikskólum í lang flestum tilfellum yfir viðmiðunarmörk í núgildandi byggingarreglugerð [2] [6] [12].



Mynd 20 Niðurstöður fyrri rannsókna á CO₂ styrk í einstaka skólum og leikskólum á Íslandi [2] [6] [12].

3.4 Lög, reglugerðir og staðlar um loftgæði

Litið var yfir lög, reglugerðir og staðla sem skipta máli fyrir loftgæði innandyrna. Í þeim lögum, reglugerðum og stöðlum sem skipta máli fyrir leikskóla- og skólabyggingar, ásamt vinnuverndarlögum, þá koma ekki fram margar reglur, kröfur eða viðmið sem hægt er notast við þegar leggja á mat á ástand innilofts í leikskóla- og skólabyggingum.

Í lögum um leik- og grunnskóla nr. 90/2008 og nr. 91/2008 er einungis tekið fram að allur aðbúnaður á að tryggja öryggi og vellíðan nemenda og starfsfólks, svo sem hvað varðar húsbúnað, hljóðvist, lýsingu og loftræstingu. Í reglugerð um hollustuþætti nr. 941/2002 er hvergi talað um loftgæði né sett fram viðmið.

Byggingarreglugerð fjallar sérstaklega um loftræstingu skóla og kröfur um meðal- og hámarkstyrk koltvísýrings í lofti. Hins vegar er einungis fjallað mjög almennt um varnir gegn raka í byggingum. Engin krafa er byggingareglugerð um hitastig innandyrna en vísað er til innivistar staðalsins ÍST EN ISO 7730:2005¹² sem viðmið. Engin krafa er um rakastig í byggingum. Í 9 gr. Reglna Stjíd. B nr. 581/1995 koma einungis fram viðmið fyrir húsnæði

¹² ÍST EN ISO 7730:2005

vinnustaða, en þar eru sett fram viðmið um hæfilegt hitastig og að leitast skuli við að halda hæfilegu rakastigi í vinnurými.

4. Samantekt

Hér hefur verið farið yfir þau gögn sem bárust Umhverfisstofnun frá 17 sveitarfélögum, en gögnin innihéldu rannsóknar- og úttektarskýrslur sem framkvæmdar voru til að leggja mat á gæði innilofts í skóla og/eða leiksskólahúsnæðum þessara sveitafélaga. Kortlagningin var gerð að beiðni Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytisins sem setti af stað átaksverkefni um kortlagningu innilofts í skólum og leiksskólum á Íslandi.

Eingöngu var unnið úr þeim gögnum sem 17 sveitarfélög skiluðu inn til Umhverfisstofnunar og var mismunandi hversu fljótt og vel gögn skiluðu sér.

4.1 Greining gagna

Alls eru 174 skólar og 221 leiksskólar starfrækir á Íslandi í 57 sveitafélögum. Líkt og áður var tekið fram þá skiluðu 17 sveitarfélög inn gögnum. Alls voru afhent 132 rannsóknar- og úttektarskýrslur fyrir 41 leiksskólabyggingar og 46 skólabyggingar, en 115 leiksskólar og 77 skólar eru starfræktir í þessum 17 sveitarfélögum.

Gögnin voru afar mismunandi og ekki hægt að draga ályktanir í öllum tilfellum. Einnig er vert að taka fram að þessi gögn koma frá byggingum sem í flestum tilfellum hafa farið í úttekt vegna athugasemda frá notendum og eru því ekki að endurspeglar stöðuna endilega.

Annars vegar voru gögn skoðuð sem innihéldu upplýsingar um rakaástand og myglu og hins vegar voru gögn skoðuð sem snéru að loftgæðamælingum, síritun eða punktmælingar í rýmum leiksskóla og skólabygginga.

Niðurstöður eru fengnar með því að setja gögn upp í töflu og borin saman á kerfisbundin hátt. Það var afar erfitt að bera saman gögn vegna rakaástands þar sem eingöngu takmarkaður hluti innihélt mat á rakaástandi, rakamælingar eða stöðu byggingarefna. Í einhverjum tilfellum var eingöngu minnst á raka og síðan tekin sýni af yfirborði eða á agarskálar og ályktun dregin af því. Í fáum tilfellum var rakaástand metið sérstaklega og sýni tekin af byggingarefnum og af ryki. Í flestum tilfellum voru upplýsingar í raka- og myglu úttektarskýrslum takmarkaðar og erfitt að bera saman þar sem ósamræmi í aðferðarfræði var tölvuvert.

Greining á loftgæðagögnum var auðveldari þar sem þar ákveðið var að horfa einkum til helstu mælipátta eins og hitastigs, hlutfallsraka og CO₂ styrks í lofti til að meta loftskipti. En þau gögn voru ekki fullnægjandi því það skorti upplýsingar um staðhætti, staðsetningu mæla, mælitæki og oft vantaði túlkun á niðurstöðum.

Greining þessara gagna byggir því á þessum samanburði og gefur innsýn í stöðuna þó niðurstaðan sé ekki endilega fullnægjandi né er hægt að byggja á henni beinar eða ítarlegar aðgerðir til úrbóta.

4.1.1 Aldur bygginga

27 byggingar sem koma fram í þessari greiningu eru byggðar fyrir árið 1980 sem þýðir að þær byggingar eru orðnar meira en 50 ára. Í líftímagreiningum er oft miðað við 50 ára endingartíma á byggingarefnum (t.d. þak, glugga, og mörg yfirborðsefni t.d. gólfefni) og því má reikna með að þessar byggingar séu komnar á tíma varðandi viðhald og endurbætur. Því eldri sem byggingar eru því meiri líkur er á sögu um rakavandamál eða vatnstjón af einhverju tagi auk þess sem loftræsihönnun í eldri byggingum byggir ekki á nógildandi reglugerð.

Þar sem gögnin eru afar mismunandi er þó ekki hægt að álykta sem svo að vandamál liggja frekar í eldri eða nýrri byggingum. Til þess þyrfti að taka slembiúrtak á ástandinu.

Oft á tíðum er aldur bygginga mismunandi í hverri skólabyggingu, þar sem hefur verið byggt við síðar meir eftir að nemendum fjölgar eða starfsemi breytist. Því þarf að aldursflokka eftir hverjum húshluta en ekki byggingu.

4.1.2 Úttektarskýrslur

Eins og kemur fram í niðurstöðum þá bárust 132 úttektarskýrslur frá 17 sveitafélögum úr 87 skólabyggingum. Bæði ástandsúttektarskýrslur vegna gruns um rakavandamál og myglu og loftgæðamælingaskýrslur. Í 72 tilfellum af 87 var framkvæmd einhvers konar athugun á raka og myglu. Í 51 tilfellum af 72 var eingöngu um hluta byggingar að ræða en ekki heildarúttekt og jafnvel var staðsetning í byggingu ekki tekin fram í 8 tilfellum.

Í 30 tilfellum var hvort tveggja framkvæmt, skoðun vegna raka og myglu og einnig loftgæðamæling. Athygli vekur að í 42 tilfellum er eingöngu skoðað með tilliti til raka og myglu en ekki gerðar loftgæðamælingar. Þar sem rakaástand truflar loftgæði og tíðni loftskipta er mikilvægt til þess að tryggja betri loftgæði, þá þyrfti að framkvæma einnig loftgæðamælingu þar sem rakaástand er metið og síðan öfugt. Þessir áhrifaþættir haldast í hendur og gefa betri

niðurstöður fyrir stöðu rýmis og loftgæði. Slík úttekt gefur einnig betri upplýsingar til þess að sníða úrbætur til árangurs.

4.2 Rakaástand og loftgæði

Rannsóknir sýna að rakaástand bygginga hefur áhrif á loftgæði og því eru þær úttektir einnig hafðar til hliðsjónar [14]. Þegar niðurstöður úttektarskýrslna eru skoðaðar má sjá að það er ekki hægt að bera þær saman kerfisbundið vegna ósamræmis í aðferðarfræði. Fjöldi skólabygginga og umfang liggur því ekki ljóst fyrir en niðurstöðurnar benda þó til þess að rakavandamál í skólabyggingum eru umtalsverð. Fjöldi bygginga sem þessi greining nær yfir er heildaryfirlit yfir þær byggingar með rakavandamálum heldur takmarkast við það hvaða gögn bárust til þessarar greinargerðar og einnig að því að heildarúttekt bygginga liggur ekki fyrir nema í fáum tilfellum.

Ljóst er að vandinn er bæði umfangsmikill og flókinn og að skólayfirvöld, sveitarfélög, starfsfólk og nemendur víða um land standa frammi fyrir miklum áskorunum. Einnig er ljóst að myglu- og rakaskemmdir í húsnæði leikskólum og skólum hafa raskað skólastarfi, og þar sem ríkir skólaskylda hjá fjölmörgum grunnskólanemendum hefur þetta rask valdið mörgum þeirra óþægindum og veikindum og við því þarf að bregðast.

Það sem vekur athygli er að skráning á rakaástandi er afar mismunandi og sýnatökur ekki alltaf í samræmi við skoðun né samanburðarhæfar.

Í 15 úttektum eru eingöngu tekin sýni eða skoðað sjónrænt og engar rakamælingar framkvæmdar og í 24 úttektum voru framkvæmdar rakamælingar en ekki skráð neitt um niðurstöður. Það gefur því auga leið að slíkar upplýsingar er ekki hægt að meta né bera saman við niðurstöður þar sem raki er mældur og frávik merkt inn sjónrænt á teikningar.

Til þess að fá fram niðurstöður varðandi loftgæði og rakaástand þarf að samræma vinnubrögð og nálgast úttektir á fyrirfram skilgreindan máta til þess að það sé hægt að bera saman, áhættumeta og mögulega sníða einhver viðmið, mótvægisáðgerðir eða endurbætur.

4.3 Loftræsing og loftgæði

Tilgangur loftgæðamælinga er að meta ástand innilofts. Hægt er að mæla marga þætti í inniloftinu til að leggja mat að gæði og heilbrigði loftsins. Í þessari kortlagningu er aðeins lagt mat á þá loftgæðapætti sem komu fram oftast fyrir í úttektarskýrslum: hitastig, hlutfallsraki og styrkur koltvísýrings í lofti.

Aðalhlutverk loftræsingar er að tryggja gæði innilofts og þægindi rýmisins. Þetta er gert með því að bæta loftflæði innandyra með því að skipta óhreina inniloftinu út fyrir hreint útiloft, og þar með þynna mengandi efni í inniloftinu. Loftræsing hefur einnig áhrif á hitastig og rakastig rýmisins. Margar af skólabyggingunum í þessari kortlagningu eru áratuga gamlar, byggðar á tíma þegar loftræsing og loftgæði innandyra voru ekki í forgangi. Einungis voru 6 skólabyggingar með heildstætt vélrænt loftskiptakerfi í allri byggingunni og 5 skólabyggingar með vélrænt loftskiptakerfi í hluta byggingarinnar. Flestar skólabyggingarnar sem voru rannsakaðar hafa engin vélræn loftskiptakerfi nema þá útsog af salernum og eldhúsi, og því er treyst á að ferskt útiloft berist inn um opnaleg fög og tryggi fullnægjandi loftskipti.

Ósamræmi í úttektaskýrslum hvernig loftgæðamælar voru settir upp í rýmum, og ekki voru staðsetningar merktar inn á grunnmynd nema í örfáum tilfellum. Í flestum úttektum var notast við sírrita loftgæðamæla sem skrásettu mælingar yfir ákveðið tímabil, en mælar voru hins vegar staðsettir í rýmum mislengi, allt frá 2 dögum upp í 12 daga, og því erfitt að bera saman niðurstöður vegna ósamræmis í lengt tímabils og staðsetningu mæla.

4.3.1 Niðurstöður loftgæðamælinga

Þegar niðurstöður loftgæðamælinga eru skoðaðar má sjá að í mörgum tilfellum sveiflast hitastigið mikið yfir daginn. Í sumum tilfellum er mjög heitt inn í rýmum yfir daginn og í öðrum kalt, en helst stöðugast í byggingunum með vélrænt loftræsikerfi með varmaendurvinnslu. Vegna hitabreytinganna í inniloftinu er möguleiki á að nemendur og kennarar finna fyrir óþægindum m.a. vegna ófullnægjandi hitastýringu á hitakerfi og/eða vegna kulda frá opnalegum fögum þegar loftað er út.

Í mörgum tilfellum var hlutfallsraki í inniloftinu að sveiflast mikið á milli árstíða, sérstaklega í byggingum með vélrænt loftræstikerfi. Í mælingum sem framkvæmdar voru yfir vetratímamann fór rakastigið reglulega fyrir neðan 20%HR, sem telst þó eðlilegt héraendis á þeim árstíma sem mælingarnar fóru fram. Í mælingum sem framkvæmdar voru á öðrum árstímum var rakastigið að sveiflast á milli 25-60%HR.

Samkvæmt niðurstöðum mælinga er meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti í lang flestum tilfellum yfir viðmiðunarmörk í núgildandi byggingarreglugerð. Í flestum skólum er ekkert vélrænt loftskiptakerfi til að tryggja fullnægjandi loftskipti í rýmum, en erfitt getur verið að ná fullnægjandi loftskipum með útloftun um glugga, sérstaklega þegar nemendafjöldi er orðin mikill í hverju rými. En oft sitja mikið fleiri nemendur í kennslustofu en stofan var upprunalega hönnuð fyrir. Mælingarnar á meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti í rýmum þar sem

vélrænt loftskiptakerfi var til staðar, voru lang oftast innan viðmiðunarmarka eða fóru yfir viðmiðunarmörk einungis í stutta stund.

Fjöldi rannsókna sem hafa verið framkvæmdar hér á Íslandi hafa sýnt að CO₂ styrkurinn í skólastofum er of hár, en þessar rannsóknir voru framkvæmdar 1997, 2002 og 2009 [2] [6] [12]. Augljóst samræmi er á milli niðurstaðna sem fengust úr þessari kortlagningu og þessara rannsókna, að meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti í mældum rýmum í skóla- og leikskólum er í lang flestum tilfellum yfir viðmiðunarmörk í núgildandi byggingarreglugerð.

Ljóst er að ástandið hefur ekki batnað frá því að þessar rannsóknir voru framkvæmdar og vandinn umfangsmikill. Lang flestar leikskóla- og skólabyggingar uppfylla ekki kröfur í núgildandi byggingarreglugerð um meðal- og hámarkstyrkur koltvísýrings í lofti. Augljóst er að mikil þörf er á úrbótum svo að byggingarnar uppfylli kröfur byggingareglugerðar og svo hægt sé að tryggja gæði og heilbrigði loftsins í leikskóla- og skólabyggingum landsins.

Eitt það mikilvægasta við að nota húsnæði rétt er að ganga úr skugga um að góð loftskipti séu tryggð. Með fullnægjandi loftskiptum er heitt „óhreint“ inniloft ræst út og fersku súrefnisríku lofti veitt inn. Á sama hátt minnka fullnægjandi loftskipti líkur á uppsöfnun annarra óæskilegra efna í loftinu og með því eru fullnægjandi gæði innilofts fyrir fólk sköpuð og viðhaldið [1].

Loftræsing með opnalegum fögum

Opnaleg fög eru ekki alltaf ákjósanlega staðsett (kuldi við glugga eða dragsúgur) eða aðgengileg fyrir notendur og er því takmörkum háð. Í lokaverkefni Gríms Snorrason, í byggingatæknifræði frá HR, voru loftskipti skoðuð í skólastofum með og án loftræsikerfis með varmaendurnýjun. Niðurstöður gáfu til kynna að opnun glugga í kennslustund hafði ekki nægileg áhrif á gæði inniloftsins þegar kennslustofur voru í notkun og voru þá þættir eins og fjöldi nemenda og lengd kennslustunda sterkur áhrifaþáttur. Þannig að þá má vera ljóst að opnun glugga er ekki fullnægjandi aðgerð til úrbóta þó að vissulega hafi verið sýnt fram á að þegar gluggar eru opnir batna loftgæði og í frímínútum eða hádegishléi falli CO₂ styrkur í lofti niður. En opnun glugga er einkum takmörkuð við að það kemur inn dragsúgur, getur rignt inn eða snjóað ef veðrið er ekki ákjósanlegt og því ekki mögulegt að opna glugga við allar veðuraðstæður [20].

4.4 Staðan á loftgæðum og næstu skref

Niðurstöðurnar gefa til kynna að loftgæðum í skólabyggingum er ábótavant miðað við þau gögn sem liggja fyrir. Það skal þó tekið fram að gögnin voru afar fjölbreytt og mismunandi að gæðum og umfangi og því erfitt að bera saman í einhverjum tilfellum. Niðurstöðurnar gefa

samt sem áður sterkt til kynna að það sé þörf á úrbótum og að skoða þurfi vandamálið gaumgæfilega og greina. Til þess að hægt sé að greina vandamálið og fá fram stöðu sem er sem næst raunverulegu ástandi er fyrsta skrefið að samræma vinnubrögð við framkvæmd úttekta á loftgæðum í skólabyggingum. Þannig má fá fram betri mynd af stöðunni og greina orsakir og afleiðingar sem getur lagt grunninn að því að leggja til árangursríkar úrbætur. Tryggja þarf að aðferðarfræðin endurspegli sem best ástandið hverju sinni.

4.4.1 Samhæfing úttekta og aðferða

Við samhæfingu á aðferðum til úttekta þarf að tryggja að úttektir séu faglega unnar og byggðar á rannsóknum sem henta í íslenskum byggingum og taki tillit til fjölbreytileika bygginagarlags og – þátta. Einnig þarf að tryggja einhverja samfellu í skrásetningu á loftgæðum þannig hægt sé að bregðast við ef ástandið versnar eða þá viðhalda og halda áfram árangursríkum úrbótum ef hægt að sjá að ástand batnar.

4.4.2 Hönnun skólabygginga og loftgæði

Við hönnun nýbygginga þarf að huga að þeim þáttum sem snúa að aðgengi og staðsetningu opnalegra faga auk þess að hanna loftræsikerfi sem þjónar tilgangi og notkun byggingar og rýma hverju sinni. Í þessu samhengi gæti þurft að endurskoða kröfur í byggingarreglugerð og eftirfylgni á því sem þar kemur fram auk þess sem leiðbeiningar væru aðgengilegar fyrir hönnuði og rekstraraðila.

Loftræsikerfi

Lagt er til að kanna stöðuna á loftgæðum í þeim skólabyggingum þar sem eru loftræsikerfi, kanna virkni þeirra og árangur við að halda loftgæðum góðum. Athuga hvaða atriði við hönnun, viðhald og/eða stillingar er það sem skilar ásættanlegum niðurstöðum. Gagnaúrvinnsla gæti einnig farið fram á því hverjar kröfur byggingarreglugerðar eru, hvort að þær séu uppfylltar og síðan að bera saman kröfur og virkni við nágrannabjóðir eða þar sem loftslag og byggingarhættir eru álíka og héraendis. Einnig er talin þörf á að bæta eftirlit og viðhald með loftræsikerfum í skólabyggingum, en oft eru þau vanstillt, óhrein og/eða biluð án þess að tekið sé eftir því. Ganga þarf úr skugga um m.a. að kerfið virki sem skildi, að kerfinu sé viðhaldið á fullnægjandi máta og að kerfinu sé breytt á viðeigandi máta ef breytingar verða á rýmum innanhúss og/eða fólksfjölda í rýmum.

Kortlagning loftgæða í skólum Bretlands

Horfa má til verkefna á borð við SAMHE í Bretlandi sem stendur fyrir Schools' air quality monitoring for health and education sem fór fram á árunum 2022-2024. SAMHE var

samstarfsverkefni nokkurra háskóla, rannsóknastofnanna og Menntamálaráðuneytisins í Bretlandi með því markmiði að rannsaka og kortleggja loftgæði í skólum, koma með tillögur að úrbótum sem skólinn gat farið í til að bæta loftgæði ásamt því að fræða starfsmenn skólastofnanna og nemendur um góð loftgæði. Komið var upp nettengdum loftgæðamælum í rúmlega 1300 skólastofum víðsvegar um Bretland sem mældu rokgjörn lífræn efnasambönd (VOC), koltvísýringur (CO₂), svifryk (PM) ásamt hitastigi og rakastigi. Starfsmenn skólastofnanna gátu því fylgst með stöðu loftgæða í rauntíma eftir að hafa fengið viðeigandi fræðslu um loftgæði og loftgæðamælingar. Í kjölfarið var hægt að grípa til viðeigandi úrbóta í samstarfi við forsvarsmenn verkefnisins ef þörf var á. Fræðsla og upplýsingarefni var einnig mjög aðgengilegt á netinu fyrir starfsfólk skólastofnanna í formi bæklinga, netnámskeiða og tékklista.

Forsvarsmenn verkefnisins nýttu svo niðurstöður loftgæðamælinganna til að kortleggja stöðu loftgæða í breskum skólum. Í kjölfarið var sett upp aðgerðaráætlun í samstarfi við breska ríkið hvernig hægt væri að bæta loftgæði í öllum skólum Bretlands, með því markmiði að tryggja heilbriggt skólaumhverfi fyrir alla og stuðla að bættri heilsu nemenda og starfsmanna skólastofnanna. Öll fræðsla og upplýsingarefni er enn aðgengilegt skólastofnunum og almenningi þó loftgæðamælingunum sé lokið.

4.4.3 Lög, reglugerðir og staðlar um loftgæði

Litið var yfir lög, reglugerðir og staðla sem skipta máli fyrir loftgæði innandyrna. Í þeim lögum, reglugerðum og stöðlum sem skipta máli fyrir leikskóla- og skólabyggingar, ásamt vinnuverndarlögum, þá koma ekki fram margar reglur, kröfur eða viðmið sem hægt er notast við þegar leggja á mat á ástand innilofts í leikskóla- og skólabyggingum. Skortur er á viðmiðum eða mörkum um ástand innilofts í reglugerðum og talin er brýn þörf á að endurskoða lög, reglugerðir og staðla sem skipta máli fyrir loftgæði innandyrna. Á sama tíma er mikilvægt að samræma og skýra nánar tiltekna skilgreiningar og orðalag í reglugerðum svo hægt verði að auka samræmi eftirlitsaðila m.a. heilbrigðiseftirlit sveitafélaga og vinnueftirlits.

Mikilvægt er að fræða almenning um þær upplýsingar og leiðbeiningar sem eru til vegna loftgæða innandyrna og um leið samræma leiðbeiningar og uppfæra reglulega. Finna þarf leið til að auka sýnileika fræðslu- og upplýsingarita sem eru til um málefnið. Sem dæmi er til upplýsingarit frá Umhverfisstofnun um inniloft, raka og myglu í húsum sem mikilvægt er að auka sýnileikann á sem víða og uppfæra reglulega. Horfa mætti til nágrannalanda um framsetningu og sýnileika fræðslu og fróðleiks um loftgæði, rakaskemmdir og myglu í byggingum til almennings. Í nokkrum nágrannalöndum eru starfrækar heimasíður í samvinnu

og/eða á vegum ríkisins þar sem gefnar eru út m.a. einfaldar og skýrar leiðbeiningar til almennings hvernig draga á úr hættu á rakaskemmdum, hvernig hægt er að auka loftgæði og hvernig bregðast á við rakavandamálum ef þau koma upp. Sem dæmi má nefna heimasíðurnar www.skimmel.dk frá Danmörku og heimasíðuna www.hometalkoot.fi frá Finnlandi. Einnig mætti horfa til uppsetningu fræðsluefnis til skólastofnanna í SAMHE verkefninu í Bretlandi sem farið var yfir í kafla 4.4.2.

Hægt væri að horfa til annara norðurlanda og útfærslur þeirra á lögum, reglugerðum og stöðlum fyrir loftgæði innandyra.

Síðan er vert að benda á innivistar leiðarvísa (e. IEQ Guidelines) vefsíðuna sem er gagnabanki sem samanstendur af viðmiðum um innivist og loftgæði (Indoor Environmental Quality, IEQ) í mismunandi löndum. Þetta verkefni er samræmt af Vísinda- og tækninefndinni (STC 34), sem er hluti af Alþjóðasamtökunum um loftgæði og innivist (ISIAQ = International Society of Indoor Air Quality and Climate). Gagnabankinn samanstendur af upplýsingum varðandi viðmið og reglugerðir um loftgæði innanhúss og utanhúss, lýsingu, hljóðvist, loftræstingu og varmaþægindi.

Gagnabankinn er aðgengilegur í gegnum vefgátt sem veitir aðgang að upplýsingum sem stuðla að því að bæta loftgæði og viðhalda heilsu, framleiðni og þægindum notenda. Þessar upplýsingar geta gagnast þeim sem vinna að hönnun, rekstri og viðhaldi bygginga til að tryggja að innra umhverfi sé heilnæmt og öruggt.

Vefgáttin býður einnig upp á að félagsmenn ISIAQ, fagaðilar og notendur geti skilað inn athugasemdum eða tilkynnt um villur, sem gerir gagnabankann að samvinnuverkefni sem bætir stöðugt gæði og nákvæmni upplýsinga sem hann veitir. Á Íslandi er hópur sérfræðinga eða íslandsdeild ISIAQ sem kallast IcelAQ sem nú þegar hefur kallað eftir slíkri samvinnu við opinbera aðila.

Ísland hefur ekki skilað inn upplýsingum í þennan gagnabanka og gæti það verkefni verið sett í forgang til þess að ná utan um þær upplýsingar sem nú þegar liggja fyrir um viðmið og reglugerðir héraðs. Á sama tíma er hægt að skoða viðmið og framsetningu þeirra í öðrum löndum. Leggja eitthvað af mörkum í þetta verðuga verkefni og nýta sér aðferðir annarra við að setja viðmið.

Í byggingareglugerðum m.a. í Noregi, Svíþjóð, Danmörku og Finnlandi eru lög og reglur settar fram um heilnæmi innilofts, líkt og gert er á Íslandi, en þó í mörgum tilfellum ítarlegri lög og reglur með áherslu á að tryggja heilnæmi innilofts og með fyrirbyggjandi nálgun. Víða er gert

krafa m.a. um að sérfræðingur framkvæmir byggingaeðlisfræðilega rýni á hönnun, efnisvali og deililausnum hönnuða til að fyrirbyggja vandamál eins og kuldabýr, mygluvöxt og loftleka. Gerð er krafa m.a. í Noregi að sérfræðingur í byggingaeðlisfræði rýni uppbyggingu og efnisval í votrymum og komi á verkstað á byggingatíma í úttekt á frágangi.

Í löndunum sem talin voru upp hér að ofan hafa verið gefnir út ýmsir leiðarvísar og staðlar á vegum ríkisstofnanna um loftgæði og rakaskemmdir í húsum. Búið er að samhæfa m.a. verkferla og leiðarvísa hvernig á að framkvæma sýnatöku vegna gruns um myglu, hvernig sýnatöku á að framkvæma hvar, hvernig á að greina og meta umfang myglu, hvernig á að framkvæma mælingar á rakastigi í byggingarefnum og hvernig á að framkvæma sjónræna skoðun. Ýmsar leiðbeiningar hafa verið gefnar út um viðeigandi aðferðir til að fjarlægja myglu og koma í veg fyrir endurkomu hennar, þar á meðal ráðleggingar um efnisval, loftræstingu og rakavarnir. Í flestum löndum er lögð rík áhersla á reglulegt eftirlit og viðhald til að koma í veg fyrir rakaskemmdir og mygluvöxt í framtíðinni.

Hér á Íslandi er mikil þörf er á samhæfðum leiðarvísi og verkferlum fyrir fagaðila um hvernig húsnæði og byggingar skuli metnar með tilliti til loftgæða, rakaskemmda, myglu og séríslenskra aðstæðna.

Síðan árið 2022 hefur verið í gangi vinna að samhæfðum leiðarvísi fyrir Ísland, verkefni sem fékk styrk frá ASK mannvirkjarannsóknasjóði. Verkefnið ber heitið Rakaástand bygginga: úttektir og mat á óhollustu, myglu- og efnagjöf og er unnið af aðilum sem koma frá opinberum stofnunum eins og Framkvæmdasýslunni – Ríkiseignir (FSRE) og Reykjavíkurborg sem samanlagt eiga og reka mikið magn af fasteignum og skóla- og frístundahúsnæði. Auk þess eru fagaðilar sem tengjast verkefninu frá Háskóla Íslands, Háskólanum í Reykjavík og sérfræðingum frá einkaaðilum á markaði eða þeim Sylgju Dögg Sigurjónsdóttur, Birni Marteinsyni, Ólafi H. Wallevik og Kristni Alexanderssyni.

Verkefnið gengur út á að vinna gögn til þess að útbúa Rb rit fyrir mat á rakaástandi bygginga og er ætlað að styðja við úrvinnslu á Rb blaði frá Húsnæðis- og mannvirkjastofnun (HMS). Verkefnið miðar að því að veita traustan grunn fyrir úttektir á rakaástandi, með það að markmiði að samræma þessar úttektir til að auðvelda skilning og viðbrögð við þeim.

Í verkefninu verða nýttar leiðbeiningar og viðmið frá nágrennalöndunum, og aðlagð að íslenskum aðstæðum eftir því sem mögulegt er. Þátttakendur í verkefninu, bæði frá háskólaumhverfi, opinberum stofnunum og einkageiranum, styðjast við rýnifundi, vettvangsferðir og samráð við innlenda og erlenda sérfræðinga til að ná fram djúpum skilningi á viðfangsefninu.

Til að öðlast frekari upplýsingar um stöðu íslenskra bygginga, verður lagður fyrir spurningalisti hjá FSRE og Reykjavíkurborg til umsýsnaðila fasteigna. Niðurstöður úr þessum könnunum munu nýtast við þróun gagnabanka sem lýsir sérstöðu og sértilvikum í íslenskum byggingum, og þannig varpa ljósi á þróun rakavandamála í gegnum tíðina.

Lokaafurð þessa verkefnis mun því veita okkur leiðarvísi varðandi það hvernig við nálgumst úttektir á rakaástandi, myglu og loftgæðum. Þetta verkefni er því fyrsta skrefið í þeirri vegferð að samræma úttektir á byggingum vegna rakavandamála og loftgæða. Það má búast við því að slíkur leiðarvísir þurfi reglulega uppfærslu á meðan þekkingu fleygir fram. Í framhaldi er síðan hægt að sníða íslensk viðmið fyrir viðgerðir og úrbætur á rakaskemmdu húsnæði.

4.4.4 Loftgæði á rekstartíma

Síritun á loftgæðum og úttekt á rakaástandi bygginga þarf að framkvæma heildstætt og vera í föstum verkferlum sem tryggir samfellu og skilvirkni til þess að mæta þörfum við rekstur á skólabyggingum. Þannig má betur tryggja að viðgerðir og endurbætur vegna rakavandamála verði fyrirsjáanlegar og hægt að skipuleggja skólastarf og framkvæmdir þannig að þær valdi sem minnstu raski, verði hagkvæmari og skilvirkari bæði hvað varðar tímaás og árangur.

- Mikil þörf er á upplýsingariti fyrir fagaðila um hvernig húsnæði og byggingar skuli metnar með tilliti til loftgæða, rakaskemmda, myglu og séríslenskra aðstæðna.
- Þrif: Þörf er á að búa til og samræma þrif ferla fyrir leikskóla- og skólabyggingar. Innanhúss getur ryk, agnir og önnur mengun, m.a. frá útilofti og fólki, valdið ýmsum óþægindum, því eru regluleg þrif mikilvægur þáttur í að viðhalda hreinu og heilnæmu innlofti. Við þrif ætti að forðast hreinsiefni sem innihalda mikil ilmefni, rokgjörn efni og hvað þá eitur, því alltaf verða eftir efnaleifar í umhverfinu. Lagt er til að áhersla verði lögð á innkaup á umhverfismerktum hreingerningavörum og að markviss fræðsla verði haldin fyrir starfsfólk sem framkvæmir þrif, þrif fyrirtæki og starfsfólk skólanna um mikilvægi þrifa og umgengi ásamt leiðbeiningum um hvernig á að velja og nota hreingerningavörur.

5. Lokaorð

Þessi greining á gögnum sem bárust frá sveitarfélögum gefur til kynna að úttektir, mat og staða loftgæða í skólabyggingum á Íslandi sé ábótavant.

Ástandið liggur þó ekki að fullu ljóst fyrir þar sem úttektir og mælingar eru ósamræmdar og gæði þeirra afar mismunandi. Þrátt fyrir að mælingar með síritun séu ekki endilega samanburðarhæfar að öllu leyti gefur síritun á loftgæðum í skólastofum til kynna að niðurstöður eru í takti við rannsóknir sem áður hafa verið framkvæmdar. Síritun á loftgæðum vegna raka, hita og CO₂ gefur því vísbendingar um að ástandið hafi ekki batnað og að úrbóta er þörf. Loftgæði með síritun í byggingum með loftræsikerfi eru í flestum tilfellum fullnægjandi með tilliti til þessara þátta (hita, raka, CO₂). Slíkar loftgæðamælingar gefa þó ekki niðurstöður vegna rakaskemmda eða áhrifa þeirra á innloft. Því ætti ávallt að framkvæma loftgæðamælingu og meta stöðu á rakaástandi við úttektir í skólabyggingum.

Þar sem loftgæði og rakaástand eru áhrifaþættir á heilsu og vellíðan notenda þarf að tryggja að úttektir leiði til úrbóta þegar við á. Þá er lykilatriði að matið sé byggt á gagnreyndum og samræmdum aðferðum. Skilgreina þarf í upphafi úttektar takmarkanir aðferða, umfang og þau mælitæki sem eru notuð til þess að hægt sé að endurtaka rannsókn eða þá sannreyna síðar hvort að árangur hafi náðst.

Þó loftgæði og rakaskemmdir hafi verið í sviðsljósinu síðustu ár er tiltölulega stutt síðan farið var að taka þessi mál til skoðunar á Íslandi og þá í tengslum við heilsu og vellíðan notenda. Það sem skortir helst er fræðsla og þekking til fagaðila sem annast úttektir og þeirra sem vinna við hönnun, úrbætur og rekstur bygginga.

Helsta niðurstaða þessarar greiningar er sú að samræma þarf úttektir og bæta fræðslu í byggingariðnaði hjá skólayfirvöldum, starfsfólki, menntastofnunum, miðstöðvum endurmenntunar, fagaðilum í byggingariðnaði og ekki síst til almennings eða notenda byggingar. Fræðsla og þekking varðandi mikilvægi loftgæða þarf að skila sér til hönnuða og allra þeirra sem koma að framkvæmd og rekstri bygginga ásamt notendum

Á sama tíma þarf að fara fram vel skilgreind athugun og úttekt á loftgæðum í skólabyggingum með slembi úrtaki til þess að ná fram hvar vandamálin liggja og hvað er mögulegt til úrbóta. Samhliða því væri hægt að hanna og þróa aðferðir við úttektir og mælingar sem skila sambærilegum niðurstöðum á hagkvæman máta. Í þessu samhengi má leita til nágrannaþjóða með svipuðu loftslagi og byggingarháttum en ljóst er að einhverjar aðferðir þarf að staðfæra fyrir Ísland.

Við fræðslu og samhæfingu aðgerða má líta á viðmið frá stofnunum eins og World Health Organization (WHO). En varðandi rakaskemmdir þarf að hanna sér íslensk viðmið sem miða þá að úrbótum þar sem heilsufarsleg viðmið hafa ekki verið gefin út af WHO varðandi

rakaástand, önnur en þau að bregðast skuli við rakavandamálum og skemmd byggingarefni fjarlægð.

Lagt er til heildstæða úttekt á ástandi bæði með loftgæðamælingum og rakaástandi til þess að ástandið liggi fyrir við hönnun úrbóta og aðgerða til að bregðast við. Þessi greining gefur þó sterklega til kynna að loftgæðum sem eru mæld með einföldum síritum á lofthita, raka og CO2 er ábótavant í skólahúsnæði þar sem er engin loftræsing þó að umfangið liggi ekki alveg ljóstfyrir.

6. Heimildaskrá

- [1] ASHRAE. (2001). *ASHRAE Standard 62: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* [leiðbeiningar bæklingur]. Sótt af: https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/62-2001/62-2001_Addendum-n.pdf
- [2] Árni Davíðsson. (2002). *Loftgæði í skólum og leikskólum: Mælingar á koltvísýringi, loftraka og lofthita í grunnskólum og leikskólum á Kjósarsvæði*. Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4330.3121>
- [3] Björn Marteinnsson. (2013). *Hvaða rakastig er æskilegt að hafa innandyra og hvað er það vanalega hér á Íslandi?* Vísindavefurinn. Sótt af <https://www.visindavefur.is/svar.php?id=51233Umhverfisstofnun>,
- [4] Byggingarreglugerð nr. 112/2012. (2022). Sótt af <https://island.is/reglugerdir/nr/0112-2012>
- [5] Heseltine, E., & Rosen, J. (2009). WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould.
- [6] Jónína Valsdóttir. (1997). Kerfisbundin athugun á innlofti í skólum á Akureyri og á Dalvík. *Lagnafréttir*, 12(1), 67–70
- [7] United States Environmental Protection Agency. (2002). *Child-Specific Exposure Factors Handbook*. Office of Research & Development, National Center of Environmental Assessment.
- [8] United States Environmental Protection Agency. (2003a). *Particle Pollution and Your Health*. Sótt af: www.epa.gov/air
- [9] United States Environmental Protection Agency. (2003b). *Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality*. Sótt af: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- [10] United States Environmental Protection Agency. (2008). *Mold and Moisture: Mold Remediation in Schools and Commercial Building*. Sótt af: <https://www.epa.gov/mold/mold-remediation-schools-and-commercial-buildings-guide-chapter-1>
- [11] United States Environmental Protection Agency. (2024). *Creating Healthy Indoor Air Quality in Schools*. Sótt af: <https://www.epa.gov/iaq-schools>
- [12] Hellsing, V.Ú.L. (2009). *Indoor Air Quality in junior high schools in Reykjavik* [Meistararitgerð, Háskóli Íslands]. Skemman. https://skemman.is/bitstream/1946/3304/1/Vanda_Hellsing_fixed.pdf
- [13] World Health Organization. (2010). *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected pollutants*. Regional Office for Europe.
- [14] World Health Organization. (2009). *WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. Regional Office for Europe.
- [15] de Gennaro, G., Dambrosio, P. R., Loiotile, A. D., Di Gilio, A., Giungato, P., Tutino, M., Marzocca, A., Mazzone, A., Palmisani, J., & Porcelli, F. (2014). Indoor air quality in schools. *Environmental chemistry letters*, 12, 467-482.
- [16] Ventum. (e.d). *Próunn Loftræstikerfa*. Sótt af <https://www.ventum.is/post/%C3%BEr%C3%B3un-loftr%C3%A6stikerfa>

-
- [17] Umhverfisstofnun. (2015). *Inniloft, mygla og raki í hýbýlum?* Sótt af:
<https://www.ust.is/library/Skrar/utgefid-efni/Annad/Inniloft,%20raki%20og%20mygla2015%20KH.pdf>
- [18] ISO, P. (2006). 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.
- [19] Comité'Europe'en de Normalisation, C. E. N. (2007). Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. EN 15251.
- [20] Grímur Snorrason (2024). *Loftræsting í skólum : samanburður á náttúrulegri loftræstingu og loftskiptakerfi í skólastofum*. [B.Sc. ritgerð, Háskólinn í Reykjavík]. Skemman.
<https://skemman.is/handle/1946/47266?locale=en>