

Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter

- En fallstudie av inomhusparametrarna:
fukttillskott, relativ luftfuktighet och ånghalt

Saba Abd



Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter

En fallstudie av inomhusparametrarna:
fukttillskott, relativ luftfuktighet och ånghalt

Saba Abd

Examensarbete

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Saba Abd

ISRN LUTVDG/TVBH—22/5119—SE(91)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

- Titel:** Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter –
En fallstudie av inomhusparametrarna: fukttillskott, relativ luftfuktighet och ånghalt
- Författare:** Saba Abd
- Handledare:** Birgitta Nordquist. Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi, Avdelningen för Installationsteknik.
- Examinator:** Petter Wallentén. Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi, Avdelningen för Byggnadsfysik.
- Bakgrund:** Under åren 1965-1974 genomfördes en omfattande bostadsproduktion i Sverige som betecknas miljonprogrammet. Då byggdes en miljon bostäder runt om i landet. Idag finns behov av att renovera dessa bostäder. I samband med det kan energisparåtgärder genomföras för att minska energianvändningen. Detta kan uppfyllas genom att åtgärda otäta väggar och byta ut äldre fönster som medför oönskade värmeförluster. För att upprätthålla god inomhusmiljö behöver luftföroreningar såsom fukt föras bort med hjälp av ventilation, vilket i täta byggnader är viktigt för att hålla fuktnivåerna inom nivåer som inte utgör risk för människors hälsa. I Folkhälsomyndighetens allmänna råd för ventilation och inomhusmiljö anges 3 g/m^3 som riktvärde för fukttillskott som inte bör överstigas under längre perioder under vinterförhållanden.
- Syfte:** Examensarbetet syftar till att undersöka fuktförhållanden inomhus och hur de förhåller sig till riktvärden från myndigheter samt kritiska värden som forskning har påvisat med avseende på risk för människors hälsa. Inomhusklimatparametrarna fukttillskott, relativ luftfuktighet och luftens ånghalt studeras.
- Metod:** Utifrån mätningar genomförda inomhus i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter från miljonprogrammet, beräknas och studeras inomhusparametrarna: fukttillskott, relativ luftfuktighet och ånghalt. I det här examensarbetet riktas särskilt fokus mot fukttillskott inomhus. Fuktförhållanden studeras och varaktighetsdiagram tas fram för att analysera de rådande nivåerna under tre mätperioder under tre år, vilka omfattar både vinter och sommarförhållanden. Regressionssamband mellan

fukttillskott och utomhustemperatur studeras. Lägenheterna som studeras har genomgått en renovering efter den första mätperioden. Det är sovrum, vardagsrum och badrum som undersöks för respektive lägenhet.

Slutsatser:

Vid studerande av medelvärden för fukttillskott har det visat sig att fukttillskottet för de flesta av de studerade rummen, förutom ett badrum före renoveringen, håller sig till nivåer lägre än 3 g/m^3 . Medelfukttillskottet har även visat sig vara lägre efter genomförd renovering jämfört med innan renoveringen. Resultaten för badrum visar att beräknade fukttillskotts nivåer har för tillfälliga kortare perioder uppgått till över 20 g/m^3 . Det förekommer inte varaktigt förhöjda fukttillskott ($> 3 \text{ g/m}^3$) i sovrum, vardagsrum och badrum förutom i två badrum under första året (46% respektive 57% av tiden) innan renoveringen. Medelvärdet för de relativa luftfuktigheterna varierar inom ett intervall på ca 25-50%. Relativ fuktighet inomhus har undersökts med hänsyn till nivåer som kan utgöra risk för människors hälsa, vilket är lägre än 30% RF respektive högre än 55% RF. Det har framkommit att kritiska nivåer av relativ fuktighet har förekommit i båda de kritiska intervallen, dock ej varaktigt i de flesta fall i sovrum och vardagsrum. Det har varit förhållandevis fler fall av låga relativa fuktighetsnivåer som varit långvariga jämfört med långvariga höga nivåer. Relativa luftfuktigheter under 30% RF förekommer generellt under förhållandevis korta perioder i de flesta sovrummen. I en lägenhet varje år avviker det med varaktigheter på 55-66% av tiden. I vardagsrum förekommer förhållandevis långa perioder under 30% RF i en lägenhet under det första året (52% av tiden). Under år två understigs 30% RF under hela mätperioden i två av vardagsrummen. Det förekommer ej varaktiga perioder överstigande 55% RF i någon av lägenheterna eller rummen. Bland de 29 studerade sovrummen har det i 5 fall förekommit låga ånghaltnivåer under 6 g/m^3 , vilket kan utgöra risk för hälsobesvär. Ånghalter understigande 6 g/m^3 förekommer ej varaktigt i sovrummen förutom i en lägenhet för varje år (42-70% av tiden). Slutsatsen kan dras att fuktförhållandena i de studerade lägenheterna uppfyller de riktvärden som jämförts med, med undantag i enskilda lägenheter och rum. Resultaten visar även att fuktförhållandena har haft en förhållandevis stor spridning mellan de tolv studerade lägenheterna.

Nyckelord:

Fukttillskott, miljonprogramshus, relativ fuktighet, inomhusklimat, Folkhälsomyndigheten, mekanisk frånluftsventilation.

Abstract

In order to maintain a good indoor environment, air pollutants such as moisture need to be removed by the ventilation. Among the Swedish Public Health Agency's general advices for ventilation and indoor environment, 3 g/m^3 is a guideline value for moisture excess during winter months to not pose a risk to human health. The indoor climate parameters moisture excess, relative humidity and air vapor content are studied to investigate how the indoor humidity conditions relate to guideline values from authorities and critical values regarding risk to human health. Moisture excess, relative humidity and vapor content are studied in mechanically exhaust ventilated apartments. Duration diagrams are produced to analyze the prevailing levels during measurement periods of three years including both winter and summer conditions. The studied apartments were renovated after the first measurement period. Bedrooms, living rooms and bathrooms are examined for each apartment. It has been shown that the average moisture excess for most of the rooms studied, except for one bathroom before the renovation, stays at levels lower than 3 g/m^3 . The average moisture excess has also been shown to be lower after completed renovation compared to before the renovation. Indoor relative humidity has been investigated with regard to levels that may pose a risk to human health, which are lower than 30% RH and higher than 55% RH respectively. It has been found that critical levels of relative humidity have occurred in both critical intervals, although not sustained in most cases in bedrooms and living rooms. There have been relatively more instances of prolonged low relative humidity levels compared to prolonged high levels. Vapor levels below 6 g/m^3 do not occur permanently in the bedrooms except in 1 apartment per year. The conclusion can be drawn that the humidity conditions in the apartments studied meet the benchmark values compared with, with exceptions in individual apartments and rooms.

Förord

Det här examensarbetet omfattar 30 hp och utgör den slutliga delen av civilingenjörsutbildningen inom Väg- och vattenbyggnad på Lunds tekniska högskola. Det skrevs under våren 2022 på avdelningen för Byggnadsfysik vid Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi, LTH.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Birgitta Nordquist för sin närvaro och handledning under arbetets gång. Tack även till min examinator Petter Wallentén för värdefulla synpunkter på arbetet. Slutligen vill jag varmt tacka min familj för allt stöd och uppmuntran som jag fått och fortsatt får genom livets alla skeden.

Lund i maj 2022

Saba Abd

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord	v
Innehållsförteckning	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och Mål	2
1.3 Problemformulering	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Användningsområden.....	2
1.6 Övergripande metod	3
1.6.1 Kvantitativa respektive kvalitativa forskningsmetoder	3
1.6.2 Litteraturstudie	4
1.6.3 Slutsats och generalisering	4
2 Teori och litteraturstudie	5
2.1 Inneklimatparametrar.....	5
2.2 Myndighetskrav	6
2.2.1 Fukt i inomhusklimat.....	6
2.2.2 Ventilationsflöde i bostäder.....	7
2.3 Tidigare studier av fukt i bostäder och inomhusmiljöer.....	7
2.3.1 Teknisk status på svensk bebyggelse i BETSI respektive ELIB	7
2.3.2 Studier av fuktillskott inomhus	8
2.3.3 Studier av relativ fuktighet inomhus och dess inverkan på människors hälsa.....	10
2.3.4 Optimala nivåer för ånghalt inomhus	11
2.4 Sammanställning av riktvärden för fuktillskott, relativ fuktighet och ånghalt inomhus	11
3 Metod.....	13
3.1 Beskrivning av studerade byggnader.....	13
3.2 Tillvägagångssätt.....	13
3.3 Beräkningar och tillämpade ekvationer.....	15
4 Resultat och analys	17
4.1 Enkät svar om boendevanor	17
4.2 Fuktillskott inomhus.....	18
4.2.1 Kronologisk tid.....	19
4.2.2 Fuktillskott som funktion av utomhustemperatur.....	31
4.2.3 Varaktighetsdiagram.....	40
4.3 Relativ fuktighet inomhus	52
4.4 Ånghalt i sovrum	61
4.5 Sammanställning av jämförelse med riktvärden.....	63
4.5.1 Fuktillskott.....	63
4.5.2 Relativ fuktighet, RF	64
4.5.3 Ånghalt	66
4.5.4 Sammanfattning.....	66
5 Diskussion	69

6	Felkällor.....	73
7	Slutsatser	75
	Referenser.....	77

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under åren 1965-1974 genomfördes en omfattande bostadsproduktion i Sverige som betecknas miljonprogrammet. Då byggdes drygt en miljon bostäder runt om i landet (Boverket, 2020). Idag finns behov av att renovera dessa bostäder då många av dem har passerat sin tekniska livslängd (Svensk byggtjänst, 2021). Genom stambyten, förnyelse av elinstallationer, ventilation, fönster, balkonger och fasader kan den tekniska livslängden förlängas (Boverket, 2022). I samband med renovering i bostadshus kan även energisparåtgärder genomföras för att minska energianvändningen och samtidigt förbättra inomhusmiljön. Detta kan uppfyllas genom att åtgärda otäta väggar och byta ut äldre fönster då dessa medför köldbryggor och därmed oönskade värmeförluster. Innan oljekrisen 1973 var energin billig och det var även då som de flesta av miljonprogrammets bostäder byggdes (Renovera energismart, 2010).

Parisavtalet är ett globalt klimatavtal som Sverige ingår i och som trädde i kraft år 2016. Målet med avtalet är att begränsa den globala temperaturökningen, huvudsakligen genom att begränsa utsläpp av växthusgaser till atmosfären (Naturvårdsverket, u.å.a). Som ett led i att uppnå de uppsatta målen antog Sverige år 2017 ett klimatpolitiskt ramverk bestående av ett långsiktigt nationellt klimatmål samt etappmål. Det långsiktiga klimatmålet innebär att utsläpp av växthusgaser till atmosfären senast år 2045 skall vara nettonoll (Naturvårdsverket, u.å.b). År 2018 utgjorde sektorn bostäder och service 39% av den totala energianvändningen i hela landet (Naturvårdsverket, u.å.c).

För att minska energianvändningen för uppvärmningen ska byggnader bland annat göras mycket välisolerade och lufttäta (Renovera energismart, 2010). Därmed är det högaktuellt att säkerställa att inomhusmiljön och luftkvaliteten inte påverkas negativt till följd av sänkt energianvändning i bostäder. En av indikatorerna på god inomhusmiljö är att ventilationen är tillräcklig så att luftföroreningar såsom fukt förs bort (Arbetsmiljöverket, 2022). Fukt tillförs inomhus av människor och deras aktiviteter; duschning, matlagning, diskning, bad, befuktning samt från växter och husdjurs aktivitet, och kallas för fuktproduktion. Ett begrepp som används i sammanhanget är fukttillskott, vilket är skillnaden mellan ånghalten i inomhusluften och ånghalten i utomhusluften (Sandin 2010, s.75). Höga fukthalter kan riskera att orsaka besvär för människans hälsa (Folkhälsomyndigheten, 2022a) och leda till skador på konstruktionsmaterial då nedbrytande mikroorganismer trivs i fuktiga utrymmen med otillräcklig ventilation (Burström och Nilvér 2018, s.448). Genom ventilationen bortförs det oönskade fukttillskottet som finns i inomhusluften. Både i det befintliga beståndet men även efter renovering är det därför bl.a. viktigt att fukttillskott, vatteninnehåll (ånghalt) i luften och relativ fuktighet inte är för högt i en bostad. I Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation anges följande: "I bostäder och lokaler för allmänna ändamål, där människor vistas stadigvarande, bör skillnaden i absolut luftfuktighet mellan ute och inne under vinterförhållanden inte regelmässigt överstiga 3 g/m³" (Folkhälsomyndigheten, 2014).

1.2 Syfte och Mål

Syftet med det här examensarbetet är att studera fuktförhållanden inomhus med fokus på fukttillskott inomhus, men även luftens ånghalt och relativ fuktighet i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter från miljonprogramsområdet Linero i Lund beläget i södra Sverige. Då de studerade lägenheterna har genomgått en renovering omfattas studierna av fukttillskott före respektive efter renovering. Jämförelse görs för hur nivåerna förhåller sig till gällande rekommendationer för att fukttillståndet inte skall utgöra en risk för människans hälsa. En jämförelse av fukttillskott mellan de olika rummen i lägenheterna är även relevant att göra för att få en inblick i hur fukttillskott inomhus skiljer sig mellan de olika ytorna i de studerade lägenheterna samt mellan olika lägenheter.

1.3 Problemformulering

För att bryta ned syftet i konkreta problem har följande frågeställningar formulerats för att uppnå målet med arbetet:

- Vilka nivåer av fukttillskott har de olika rummen i bostäderna? Hur ser det ut före respektive efter renoveringen?
- Hur ofta överstigs fukttillskottet 3 g/m^3 i lägenheterna?
- Vilka nivåer av relativ luftfuktighet och ånghalt förekommer?
- Hur ofta har den uppmätta relativa fuktigheten, RF, inomhus nivåer som kan utgöra risk för människans hälsa?
- Finns det en tydlig koppling mellan fukttillskott och utomhustemperatur?
- Kan erhållna resultat generaliseras?

1.4 Avgränsningar

Mätningarna har genomförts i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter i södra Sverige, vilket är en avgränsning i arbetet då exempelvis kontor samt bostäder med andra ventilationssystem avgränsas från studien. Dessutom kommer kök att exkluderas i det här examensarbetet då vardagsrum, sovrum och badrum är de rum som kommer att studeras i lägenheterna. Vidare begränsas studien till totalt tolv lägenheter. De inneklimatparametrar som studeras är fukttillskott, relativ fuktighet samt ånghalt. Analysen av erhållna resultat för fukttillskott, relativ fuktighet samt ånghalt kommer att förhålla sig främst till människoperspektivet.

1.5 Användningsområden

Regressionsanalys och undersökning av förhållandet mellan fukttillskott och rådande utomhustemperatur utgör en viktig del inom området byggnadsfysik. Samband som undersöks kan komma att utgöra del av underlag för framtida forskning. Likaså kan resultat som erhålles användas som randvillkor vid olika fuktberäkningar.

Varaktighetsdiagram för fuktnivåer i bostäder kan användas inom området installationsteknik framförallt relaterat till ventilation inomhus. Detta gäller såväl förvaltare som forskare inom området. Vidare kan medelvärden som beräknats komma att användas som del av statistiskt material om svenska bostäder.

1.6 Övergripande metod

1.6.1 Kvantitativa respektive kvalitativa forskningsmetoder

Per Svensson¹ redovisar att kvalitativa respektive kvantitativa metoder är två vanliga sätt att genomföra forskning och studier på. För kvalitativa metoder utgörs den bearbetade informationen oftast av ord och texter och målet med en sådan metod är en beskrivning av det studerade fallet. Detta till skillnad från kvantitativa metoder vars information utgörs av siffror och där målet med den valda metoden är att utmynna i en analys. Det är viktigt att kvalitetssäkra arbetet i en forskning, vilket kan göras på olika sätt beroende på om det är en kvalitativ eller kvantitativ metod som används. För kvantitativa metoder används termer som reliabilitet och validitet. Reliabilitet betyder tillförlitligheten hos en mätning, vilket i praktiken innebär att samma resultat bör erhållas vid en upprepad mätning. Således skall resultatet av en mätning vara oberoende av vem som utför mätningen för att denna ska kunna betraktas som tillförlitlig. Reliabiliteten för en mätning kan bero på flertalet faktorer. De främsta utgörs av exempelvis kvaliteten på använd utrustning vid genomförd mätning, eller kvaliteten på forskaren och dennes observationsförmåga. Validitet i en metod innebär huruvida man verkligen mäter det man vill mäta, eller med andra ord hur väl en genomförd studie täcker det avsedda området. En vanlig forskningsmetod är fallstudier, vilka har i syfte att bidra till fördjupad och detaljerad kunskap inom det undersökta fältet. Fördelarna med att genomföra fallstudier inom ramen för forskning är att det framhäver det unika för det studerade fallet samt ökar möjligheten till konkretisering av de samband som framkommer. Nackdelen är att fallstudier omfattas av en begränsad räckvidd och resultaten blir därav svårare att generalisera (Svensson, 2015).

I det här examensarbetet kommer primärt kvantitativa metoder att användas genom bearbetning och sammanställning av stor mängd data från genomförda mätningar under en treårig period. Genom faktiska mätningar kan fukttillskott samt relativa fuktigheten inomhus analyseras på ett objektiva sätt. Vidare har samma förutsättningar varit gällande vid de genomförda mätningarna i hyresgästernas bostäder, vilket gör att erhållna värden analyseras baseras på en likvärdig utgångspunkt. Mätningarna har utförts på lika villkor för samtliga undersökta lägenheter, där exempelvis placeringen av mätinstrument har haft samma position i lägenheterna samt att boenden har delgivit samma information inför genomförandet av mätningarna. Som komplement till efterföljande beräkningar och analys har ytterligare information om rådande förhållanden i de undersökta lägenheterna tagits del av. Den kompletterande informationen som använts baseras på kvalitativt genomförda intervjuer med boenden samt dokumentering fördd av boenden på begäran.

¹ Per Svensson, Chalmers tekniska högskola, föreläsningmaterial den 25 februari 2015

Studien har gjorts på ett begränsat antal lägenheter. Därmed är resultaten för studien inte direkt representativa för andra bostäder som är av samma storlek, med samma ventilationssystem eller som har lika stort antal boende. Det finns flera faktorer som påverkar resultaten som erhållits från mätningarna såsom exempelvis geografiska läget för de undersökta lägenheterna samt boendevanor. Boendevanor kan inte enkelt generaliseras då dessa ser olika ut för olika människor.

1.6.2 Litteraturstudie

Framförandet av arbetet kommer att föregås av en litteraturstudie med syfte att kartlägga den kunskap som man idag besitter inom området. Detta genom tidigare forskning och vetenskap som finns publicerad i vetenskapliga rapporter och artiklar. För att vara försäkrad om trovärdigheten i det införskaffade materialet skall i första hand primärkällor användas. Vidare är autenticiteten en viktig faktor för förankringen av den genomförda studien, varför de använda källorna måste väljas med omsorg. Sökning efter studier inom området har genomförts i databaserna LUBsearch respektive Google Scholar. De främsta sökorden har varit fukttillskott, relativ fuktighet, miljonprogramshus, ånghalt, indoor moisture excess, relative humidity, indoor air humidity.

1.6.3 Slutsats och generalisering

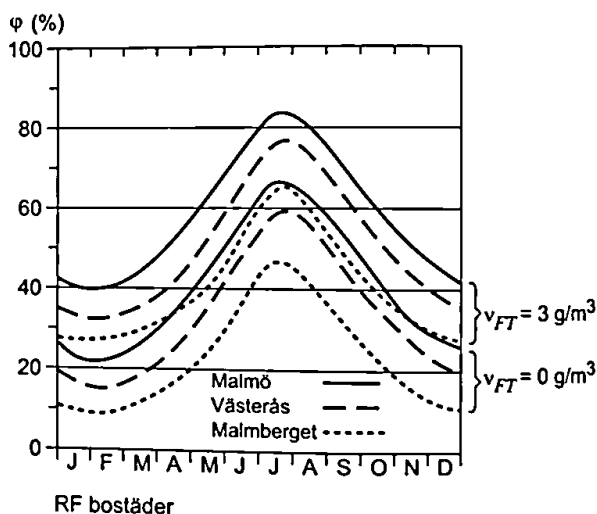
Utifrån de formulerade frågeställningarna skall erhållna resultat studeras och slutsatser dras. De resultat som erhålls i det här examensarbetet gäller för denna fallstudie, men kan genom generalisering komma att appliceras i ett större perspektiv. Resultaten skall sammanfattas och generaliseras i den utsträckning som är möjlig, för att få en antydning om hur dessa förhåller sig till tidigare genomförda studier inom området.

2 Teori och litteraturstudie

2.1 Inneklimatparametrar

Relativ fuktighet

Relativ fuktighet (RF) är vid given temperatur kvoten mellan aktuell ånghalt i luften och mättnadsånghalten (Arfvidsson, Harderup och Samuelsson 2017, s.327). Ju högre temperaturen är desto större blir mättnadsånghalten (Arfvidsson, Harderup och Samuelsson 2017, s.460). Inomhus varierar den relativa fuktigheten och ligger normalt inom intervallet 30-60% RF, där de lägre nivåerna normalt avser vintermånaderna medan de högre RF-nivåerna avser sommarmånaderna (Sandin 2010, s.75), se figur 1 för Malmö, Västerås och Malmberget för två olika fall med fukttillskott inomhus på 0 g/m^3 respektive 3 g/m^3 (Arfvidsson, Harderup och Samuelsson 2017, s.370).



Figur 1. Relativa fuktigheten inomhus i svenska bostäder. För de översta tre kurvorna är fukttillskottet inomhus konstant 3 g/m^3 , medan det för de nedersta tre kurvorna råder nivåer av fukttillskott inomhus på 0 g/m^3 . (Arfvidsson, Harderup och Samuelsson 2017, s.370).

Fuktproduktion

Fuktproduktion i bostäder sker vanligtvis genom avdunstning från människor, husdjur och växter samt från aktiviteter såsom diskning, tvättning, bad, dusch, befuktning och matlagning. Mängden fukt som produceras, alltså tillförs per tidsenhet, beror på aktivitetsnivån. Som jämförelse avger en människa mellan 40-50 gram vattenånga per timme vid vilande tillstånd. Fuktproduktionen kan därmed komma att tiodubblas vid en hög aktivitetsnivå. (Sandin 2010, s.75). En överblick på fuktproduktion vid olika aktiviteter ges i tabell 1 nedan.

Tabell 1. Mängden fukt som produceras inomhus varje timme varierar beroende på aktivitet och antal personer. Den genererade fuktproduktionen bidrar till en högre ånghalt inomhus (Palmer et al. 2009).

Fuktproduktion inomhus i bostäder vid olika hushållsaktiviteter	
Hushållsaktivitet	Fuktproduktion
Människor:	
sovande	40 g/h per person
aktiv	55 g/h per person
Matlagning:	
elektricitet	2 000 g/dag
gas	3 000 g/dag
Diskning	400 g/dag
Bad/duschning	200 g/person per dag
Tvättning	500 g/dag
Klädtorkning inomhus (t.ex användning av kondensumlare)	1 500 g/person per dag

Fukttillskott

Skillnaden mellan ånghalten i inomhusluften och ånghalten i utomhusluften kallas för fukttillskott. I bostäder uppnås nivåer av fukttillskott inomhus på 2-4 g/m³ (Sandin 2010, s.75). Ånghalten utomhus skiljer sig från ort till ort och varierar med årstiderna. Inomhus beror den aktuella ånghalten på fuktproduktion och ventilation (Arfvidsson, Harderup och Samuelsson 2017, s.369).

Mekanisk frånluftsventilation

Genom ventilation med mekanisk frånluft tillförs uteluft byggnaden genom uteluftsventiler som vanligtvis är placerade i vardagsrum och sovrum. Frånluftsfläkten skapar ett undertryck genom vilket uteluft strömmar in. Frånluft bortföres vanligtvis från kök samt våtutrymmen där spiskåpa respektive frånluftsdon finns placerade (Warfvinge och Dahlblom 2017, s.2:13-2:14).

2.2 Myndighetskrav

2.2.1 Fukt i inomhusklimat

Ansvaret för att säkerställa att inomhusmiljön i bostäder inte föranleder olägenheter för människors hälsa åligger den/de som bedriver en verksamhet vars ändamål är att upplåta byggnader för bostäder. Detta regleras i 26 kap §22 Miljöbalken i syfte att säkerställa att gällande föreskrifter följs (Miljöbalk, SFS 1998:808).

För bostäder i Sverige finns det rekommendationer, utfärdade av Folkhälsomyndigheten, avseende fukt och mikroorganismer inomhus. Dessa finns som stöd för exempelvis tillsynsmyndigheten vid bedömning av om bostäder eller lokaler för allmänna ändamål kan/risikerar att föranleda olägenhet för människors hälsa. I *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer* (FoHMFS 2014:14) anges att bedömningen

i första hand bör göras med hänsyn till byggnadens skick vid en okulär besiktning men även andra relevanta aspekter såsom personer med hög känslighet. Vid bedömning av risk för olägenhet för människors hälsa kan det förutom en okulär besiktning av byggnaden även behövas byggnadstekniska undersökningar i form av provtagningar och analyser. Dock bör inte analyser av luftburna mikroorganismer, sporer eller flyktiga organiska ämnen vara enskilt avgörande i frågan om olägenhet för människors hälsa.

Tillsynsmyndigheten kan ställa krav på genomförandet av undersökningar i byggnader där det finns tydliga fuktskador, fuktfläckar, missfärgningar eller synliga bubblor i golvmattor och tapeter. Kondens som uppträder i betydande omfattning på fönstrens insida när utomhustemperaturen är -5 °C eller lägre utgör också en legitim orsak för tillsynsmyndigheten att ställa krav på undersökning av en byggnad. Andra indikatorer är ifall fukttillskottet inomhus under vintertid regelbundet överstiger 3 g/m^3 luft eller om, eller om luftfuktighetens medelvärde överstiger $7\text{ g vatten/kg torr luft}$ under en längre period under eldningssäsongen, vilket motsvarar ca 45% relativ luftfuktighet vid 21 °C . Vidare kan tillsynsmyndigheten även ställa krav på byggnadstekniska undersökningar, provtagning samt undersökningar för att ta reda på eventuell förekomst av fukt eller mikroorganismer som inte går att bedöma genom en okulär besiktning av byggnaden. Det gäller för svåråtkomliga ytor där det kan finnas skäl till misstanke om tillväxt av mikroorganismer. Ett exempel på detta kan vara vid mikrobiell lukt vars källa inte kan lokaliseras (Folkhälsomyndigheten, FoHMFS 2014:14).

2.2.2 Ventilationsflöde i bostäder

För att kunna säkerställa att det råder god luftkvalitet inomhus bör de allmänna råden som utfärdats av Folkhälsomyndigheten tas i beaktande. För bostäder är riktvärdet att uteluftsflödet bör vara minst $0,35$ liter per sekund och kvadratmeter golvarea ($0,35\text{ l/s}\cdot\text{m}^2$). Alternativt bör uteluftsflödet vara minst 4 liter per sekund och person för att uppfylla Folkhälsomyndighetens riktvärde för minst erforderlig ventilation i bostäder (FoHMFS 2014:18). Genom att ha rätt ventilationsflöde kan fukttillskottet inomhus ventileras ut. Om fukttillskottet överstiger 3 g/m^3 luft innebär det att ventilationen är bristfällig. Däremot kan fukttillskottet under kortare tidsperioder tillåtas överstiga 3 g/m^3 i bostadsutrymmen som kök eller våtrum. Det gällande riktvärdet för maximal tillåten fukttillskott inomhus skall förebygga risk för försämrad luftkvalitet till följd av biologisk aktivitet eller kemiska reaktioner som kan förekomma vid höga fuktnivåer i inomhusluften (Folkhälsomyndigheten, 2022b).

2.3 Tidigare studier av fukt i bostäder och inomhusmiljöer

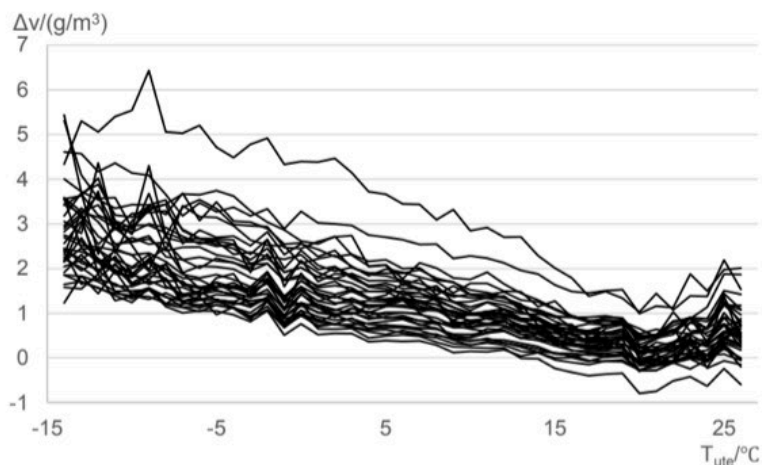
2.3.1 Teknisk status på svensk bebyggelse i BETSI respektive ELIB

År 2009 redovisade Boverket en sammanställning av projekt BETSI vars syfte var att ta fram underlag om den svenska bebyggelsens tekniska status, på uppdrag av den svenska regeringen. I BETSI undersökningen innefattas bland annat flerbostadshus i 30 svenska kommuner. En del av studien omfattade mätningar av inomhustemperatur och luftfuktighet i lägenheter i flerbostadshus under en tidsperiod om 14 dagar. Med hjälp av elektroniska loggar som var utplacerade i respektive bostad registrerades mätvärden

var 15:e minut. För att beräkna fukttillskottet inhämtades därefter motsvarande utomhustemperatur och luftfuktighet från SMHI:s klimatdata. Sammanställningen visade att medeltemperaturen inomhus för flerbostadshus var $22,3 \pm 0,2$ °C. Som jämförelse har ELIB undersökningen från år 1992 erhållits ett motsvarande värde på $22,2 \pm 0,1$ °C, vilket innebär en marginell ökning av uppmätt medeltemperatur inomhus i flerbostadshus. Ökningen är dock inte statistiskt säkerställd. Det har noterats i ELIB undersökningen att lägsta temperaturerna i flerbostadshus var uppmätta för de byggnader som är uppförda före 1940, medan det i BETSI studien inte kunde fastställas ett sådant samband mellan byggnadsår och lägst uppmätta inomhustemperatur. Relativ luftfuktighet inomhus har tagits fram som ett medelvärde av mätningar utförda på de olika orter i Sverige. Resultatet från BETSI har visat att den relativa fuktigheten i flerbostadshus under vintertid ligger kring 30% RF vilket kan likställas med mätningen från ELIB, med undantag för ett större spridningsintervall hos ELIB undersökningen. Medelvärdet av fukttillskott i flerbostadshus från BETSI studien har påvisat något lägre värde än vad som erhållits i ELIB. Hos flerbostadshus i BETSI är fukttillskott i g/m^3 $1,2 \pm 0,2$, medan det motsvarande värdet i ELIB är $2,8 \pm 0,1$ (Hjortsberg et al. 2010).

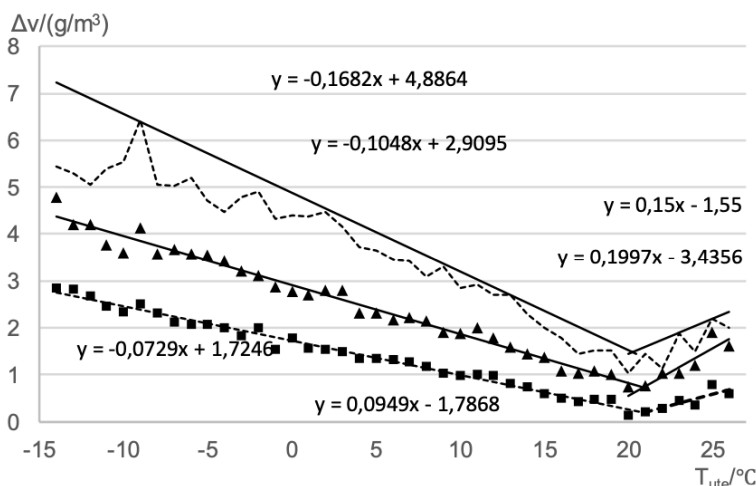
2.3.2 Studier av fukttillskott inomhus

Bagge och Johansson (2019) redovisar medelfukttillskottet som funktion av utomhustemperaturen för 36 lägenheter i en byggnad i Karlstad. Bostadshuset byggdes under 1960-talet och vid en ombyggnation under 2000-talet förseddes byggnaden med mekaniskt frånluftssystem med frånluftsvärmepump. Resultatet av medelfukttillskottet som funktion av uppmätt utomhustemperatur för de studerade lägenheterna presenteras i figur 2 nedan, där det framgår att vid en utomhustemperatur på 0 °C varierar de uppmätta medelfukttillskotten i lägenheterna mellan $0,5 \text{ g/m}^3$ och $4,5 \text{ g/m}^3$. Fukttillskottet inomhus minskar med stigande utomhustemperatur fram till en utetemperatur om 20 °C, där fukttillskottet därefter ökar. Bagge och Johansson menar att detta går i linje med vad som framkommit i tidigare studier; dels genom vad som framkommit av Place Hansen (2017) baserat på 500 bostäder i Danmark, men även i en studie av Kalamees et al. (2005) genomförd i Finland.



Figur 2. Medelfukttillskottet som funktion av utomhustemperaturen visas för respektive studerad lägenhet under mätperioden. Totalt har 36 lägenheter studerats. Samtliga lägenheter har mekaniskt frånluftssystem med frånluftsvärmepump som återvinningssystem (Bagge och Johansson 2019).

I samma studie har inneklimatmodeller för fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen tagits fram med tillhörande regressionslikvationer. Värderna som använts och som i figur 3 visas som svarta kvadrater är dygnsmedelvärden från 36 lägenheter. För den nedersta modellen gäller följande. Den nedersta ekvationen representerar regressionslinjen vid utomhustemperaturer över 20° C, medan ekvationen ovanför representerar fallet då utomhustemperaturen understiger 20° C. Modellen i mitten med tillhörande regressionslinje representerar uppmätta fukttillskott i 95-percentilen. Den översta modellen med tillhörande regressionslinje representerar det högsta uppmätta fukttillskottet i någon lägenhet.

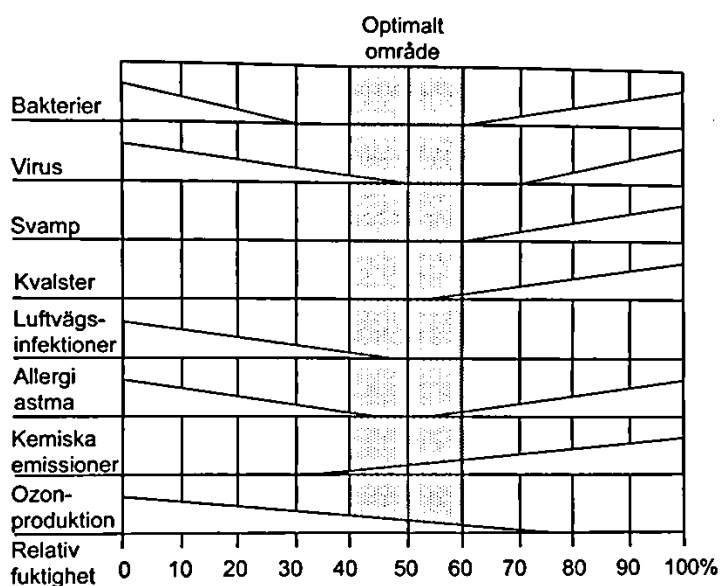


Figur 3. Regressionslinjerna är anpassade utefter dygnsmedelvärden från 36 lägenheter med mekaniskt frånluftssystem i Karlstad. Nedersta regressionslinjen tillhör uppmätt fukttillskott i nivån Medel. Den mellersta regressionslinjen tillhör uppmätt fukttillskott i nivån 95-percentil. Översta

regressionslinjen tillhör fukttillskott i nivån Högst, vilket innebär det högst uppmätta fukttillskott i någon lägenhet. (Bagge och Johansson, 2019).

2.3.3 Studier av relativ fuktighet inomhus och dess inverkan på människors hälsa

Relativa fuktigheten inomhus bör hållas inom specifika nivåer för att inte förorsaka bland annat besvär och olägenheter för människors hälsa. För att undvika risk för luftvägsinfektioner ska relativ fuktighet inomhus därför inte understiga för låga RF. För att förebygga irritation i slemhinnor samt astmabesvär bör relativ fuktighet inomhus hållas inom intervallet ca 40-60% RF vilket bedöms vara det sammanvägda optimala området för relativ fuktighet inomhus, se figur 4 (Warfvinge och Dahlblom 2017, s.1:21).



Figur 4. Förekomst av bland annat allergi- och astmabesvär samt luftvägsinfektioner vid olika nivåer av relativ fuktighet inomhus. Optimalt område för relativ fuktighet ligger mellan 40-60% RF. (Warfvinge och Dahlblom 2017, s.1:21).

I sin rapport skriver Angelo-Gaetz et al. (2016) om en studie som utförts för att undersöka låga respektive höga relativa fuktigheters inverkan på människor. Undersökningen omfattar 122 lärare i USA som efter vistelse i klassrum med olika relativa fuktigheter dagligen under 4-12 veckors period fick rapportera eventuellt upplevda symptom eller besvär. Resultatet från undersökningen visar att vid vistelse i klassrum med RF > 50% ökar risken för förkylnings- och allergisymptom med en faktor 1,27 jämfört med vid vistelse i klassrum med nivåer av relativ fuktighet mellan 30% < RF < 50%. Vid vistelse i klassrum med RF < 30% under 5 dagar ökar risken för astma-, förkylnings- och allergibesvär med en faktor 1,06 jämfört med vid vistelse i klassrum med mellan 30% < RF < 50%. Statistisk signifikans har inte kunnat påvisas.

En annan studie av Suwoo et al. (2006) har genomförts där testpersonerna bestod av 8 ickerökande män i respektive åldersgrupp 20-22 år samt 67-75 år deltog. Inomhustemperaturen i rummet var 25 °C. Vid relativ fuktighet under 10% RF uppstod torrhet i nässlemhinnan och påverkan var större för den äldre testgruppen än för den yngre. Även torrhet i ögon och på huden var symptom som uppstod i samband med vistelse i rum med 10% RF. Vid relativ fuktighet under 30% var vanliga symptom torra ögon och torr hud.

Det har påvisats en signifikant ökning av ögonens blinkfrekvens bland 16 hälsosamma studentdeltagare vid relativa fuktigheter inomhus som är under än 30% RF, visar Wolkoff (2018) i en sammanställning av olika studier som utförts inom området. I en annan studie som genomförts där 3335 personal i 320 olika kontor fick svara på enkätfrågor framstod ett starkt samband mellan upplevd lufttorrhet och rapporterad ögonirritation. I samma studie fick ytterligare 3024 personal från 489 andra kontor svara på enkätfrågor och det var återigen ett starkt samband mellan upplevd torr luft och rapporterad ögonirritation, samt symptom som associerades med upplevd luftfuktighet under sommartid.

2.3.4 Optimala nivåer för ånghalt inomhus

Barreca och Shimshack (2012) beskriver en studie som genomförts i 359 counties i USA mellan januari år 1973 och december år 2002, där man undersökte samband mellan absolut luftfuktighet och influensadödlighet. Resultat har visat att absolut luftfuktighet/luftens ånghalt lägre än 6 g per kg torr luft (motsvarar 5 g/m³) har kunnat associeras med en ökning av influensadödligheten bland människor.

Colas de la Noue et al. (2014) skriver i sin rapport att det så kallade Norovirus vanligtvis är orsaken till gastroenterit, infektion i magtarmkanalen, hos människor vilket kan leda till diarréer och kräkningar. Låga nivåer av absolut luftfuktighet, under 7 g vatten/kg luft (motsvarar 5.8 g/m³) ger optimala förutsättningar för överlevnad av Norovirus under årets kalla månader.

2.4 Sammanställning av riktvärden för fukttillskott, relativ fuktighet och ånghalt inomhus

Resultat- och analysdelen i den här rapporten kommer att förhålla sig till den bakgrundsinformation från myndighetskrav samt forskning som framkommit genom litteraturstudien. Således kommer riktvärdet för högsta fukttillskott på 3 g/m³ att användas i bostädernas sovrum, badrum och vardagsrum för att studera hur de rådande nivåerna förhåller sig till detta riktvärde. För relativ fuktighet inomhus kommer det att undersökas om nivåer lägre än 30% RF respektive högre än 55% RF förekommer och i så fall hur ofta detta sker. Vidare kommer ånghalten inomhus att undersökas för om nivån 5.8 g/m³ (ca 6 g/m³) understigs.

3 Metod

3.1 Beskrivning av studerade byggnader

Lägenheterna är belägna i bostadsområdet Linero, södra Sverige. De totalt 14 bostadshusen byggdes år 1969-1972 och kan därmed betraktas som miljonprogramshus (Boverket, 2020). Huskropparna består av tre våningar, där lägenheterna har mellan 1-4 rum. Antalet boende varierar mellan 1-4 personer beroende på hur stor respektive lägenhet är. Lägenheterna ventileras genom ett mekaniskt frånluftssystem med frånluftsdon placerade i kök respektive badrum. Renoveringen som ägde rum år 2018 avsåg ett stambyte. Huvudmålet var att uppnå 30% energibesparing. Bland de vidtagna åtgärderna justerades värme- respektive ventilationssystemet, nya kökskåpor installerades och fläktar till ventilationen byttes ut. Uteluftsflödena balanserades in till 0,35 l/s m². Frånluftsflödena justerades in i badrum till 15 l/s och 10 l/s i kök med möjlighet till forcering till 25 l/s. Fönster och utfackningsväggar som är belägna på söderfasaden byttes ut på våningarna 1 och 2, och uteluftsventiler placerades ovan fönster som substitut för de tidigare öppningsbara vädringsfönster som fanns i vardagsrum. På den norra fasaden sågades en spalt upp i de öppningsbara vädringsluckorna (Energimyndigheten, 2020). Spalten gick att stänga.

3.2 Tillvägagångssätt

Mätdata

Omfattningen av studien avgränsas till att behandla ett flerbostadshus i Lund där 10-12 st lägenheter i fyra olika byggnadskroppar har varit objekt för genomförda mätningar av bland annat inomhustemperatur respektive relativ fuktighet. I varje lägenhet har mätningarna genomförts i badrum, kök, sovrum och vardagsrum. Mätningarna i köket har dock inte analyserats i denna studien. Det studerade flerbostadshuset är ventilerat med mekanisk frånluftsventilation.

Datafiler från genomförda mätningar av inomhustemperatur och relativ fuktighet i lägenheternas olika rum har erhållits. Mätningarna är genomförda med 15-minuters tidsintervall under åren 2017, 2018 samt 2019 (Energimyndigheten, 2020). Mätperioderna har varit mellan 6-12 månader under respektive år. Mätssystemet som har använts vid mätningen av inomhustemperatur respektive relativ fuktighet består av Onset HOBO samt Testo Solutions Division sensorer. I kök respektive badrum var HOBO mätarna placerade inuti frånluftskanalen. I vardagsrummen var HOBO mätarna placerade på en ungefärlig höjd om 1,7 m. I sovrummen var mätarna placerade nära sängen på ca 1,1 m höjd (Energimyndigheten, 2020).

Enkätundersökningar har även genomförts i lägenheterna. Utvalda resultat från dessa redovisas även i denna studie.

Mätperiod

Mätperioden omfattar januari-september, d.v.s. både vinter- och sommarförhållanden. Mätningarna har skett under år 2017 (före renovering), år 2018 (efter renovering), samt år 2019 som uppföljning. Mätutrustningen har monterats löpande i lägenheterna med en veckas tidsförskjutning. Mätperioden har därför inte varit exakt samma i alla lägenheter, se tabell 2. Mätningarna inomhus har inte skett under hela året och en del månader har därför varit uteblivna från mätningar, vilket beror på när mätningen i respektive lägenhet påbörjades. Som regel har det varit ungefär 6-12 sammanhängande månader där inomhusmätningar har skett.

Tabell 2. Tidsintervall för vilka mätningar i respektive lägenhet har genomförts. I de fall där mätningar uteblivit har luckan markerats med kryss.

	Badrum			Sovrum			Vardagsrum		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Lgh 1	14/1 - 28/3	23/1 - 16/5	5/3 - 7/8	13/1 - 28/3	22/1 - 16/5	5/3 - 10/8	23/1 - 28/3	23/1 - 16/5	5/3 - 30/11
Lgh 2	23/1 - 3/4	20/2 - 28/6	21/1 - 5/3	13/1 - 28/3	20/2 - 26/11	21/1 - 28/6	23/1 - 28/3	20/2 - 31/12	21/1 - 31/12
Lgh 3	31/1 - 2/5	29/1 - 2/7	1/1 - 31/12	31/1 - 2/5	29/1 - 17/12	1/1 - 22/10	31/1 - 2/5	29/1 - 2/7; 10/12 - 17/12	1/1 - 31/12
Lgh 4	8/2 - 6/9	19/2 - 5/7	1/1 - 31/12	16/2 - 17/7	6/3 - 5/7	12/2 - 13/7	28/2 - 6/9	6/3 - 5/7	5/2 - 31/12
Lgh 5	16/2 - 18/9	19/3 - 29/12	1/1 - 31/12	16/2 - 24/2	19/3 - 16/10	19/2 - 5/4	16/2 - 18/9	19/3 - 31/12	1/1 - 5/4
Lgh 6	24/2 - 18/9	27/2 - 31/12	1/1 - 31/12	24/2 - 2/8	27/2 - 2/12	19/2 - 5/4	24/2 - 18/9	27/2 - 4/7	1/1 - 31/12
Lgh 7	16/2 - 18/9	5/2 - 6/3	28/1 - 19/10	4/3 - 10/8	5/2 - 2/7	28/1 - 5/7	4/3 - 18/9	5/2 - 31/12	1/1 - 31/12
Lgh 8	12/3 - 21/8	12/2 - 3/12	1/1 - 31/12	12/3 - 18/8	12/2 - 10/12	1/1 - 10/5	12/3 - 21/8	12/2 - 3/12	1/1 - 18/9
Lgh 9	23/3 - 10/10	12/3 - 11/4	26/2 - 26/6	23/3 - 31/5	12/3 - 11/4	5/3 - 26/6	23/3 - 10/10	12/3 - 11/4	26/2 - 26/6
Lgh 10	28/3 - 18/9	26/3 - 31/12	14/1 - 31/12	28/3 - 3/9	26/3 - 3/9	14/1 - 21/6	28/3 - 18/9	26/3 - 31/12	14/1 - 31/12
Lgh 11	14/1 - 28/3	26/3 - 31/12	14/1 - 31/12	13/1 - 28/3	26/3 - 3/9	14/1 - 21/6	23/1 - 28/3	26/3 - 31/12	14/1 - 31/12
Lgh 12	23/1 - 3/4	20/2 - 28/6	1/1 - 30/1	31/1 - 2/5	29/1 - 17/12	12/3 - 17/8	31/1 - 2/5	29/1 - 2/7; 10/12 - 17/12	12/3 - 31/12

Utomhusklimat

Väderparametrar för utomhusklimatet har inte mätts precis utanför de studerade lägenheterna. Istället inhämtas utomhusklimatdata från en närliggande klimatstation vid V-huset belägen 3 km bortom det studerade bostadshuset. För de fall där data fattas från V-husets klimatstation har motsvarande värden istället inhämtats från andra mätningar genomförda vid V-huset respektive mätningar från Sveby/SMHI genomförda i Lund. VBFN05 visar 5-minutersvärden medan Sveby/SMHI visar timvisa värden för Lund. Således har selektion av önskade värden respektive interpolering varit aktuellt för att erhålla de önskade 15-minuters värdena som tidsmässigt svarar mot respektive genomförd inomhusmätning. I vissa fall är utomhusklimatdatan förskjuten 5 minuter från de faktiska mätningarna som är genomförda inomhus. Detta har dock inte bedömts ha en betydelsefull inverkan på de erhållna beräkningarna och resultaten, varför eventuell osäkerhet har försumrats.

Bearbetning och analys av mätdata

Inomhustemperatur och relativ fuktighet från mätningarna i lägenheterna har sammanställts i Excel-filer. Genom inhämtning av motsvarande tidsvärden för utomhusklimatet från LTHs klimatstation kan mätnadsånghalten inomhus beräknas (Ekvation 1 och 2), och sedan ånghalten inomhus (Ekvation 3) samt följaktligen även fukttillskottet inomhus (Ekvation 5). Innan fukttillskottet inomhus kan räknas ut behöver

den registrerade uteånghalten volymkorrigeras med hänsyn till den volymändring som sker när utomhusluft förs in i en värmd inommiljö (Ekvation 4).²

Beräknade fukttillskott studeras och sammanställs i multigrafier för respektive rum och år, vilket möjliggör att en jämförelse av de studerade objekten kan åskådliggöras över den undersökta mätperioden. För att studera varaktigheten för relativ fuktighet och fukttillskott inomhus i de undersökta lägenheterna görs varaktighetsdiagram. Detta innebär att värdena sorteras om från kronologisk tid till en storleksortering. Utifrån varaktighetsdiagrammen kan percentiler mellan 0-100 avläsas, vilket ger en indikation på hur stor andel av den mätta tiden som ett visst värde av relativ fuktighet respektive fukttillskott under- eller överstigs. Fukttillskott som funktion av utomhustemperatur studeras också genom ett antagande om linjär regression och därefter framtagande av grafer samt regressionsekvationer. Ånghalt inomhus studeras för sovrum, både genom varaktighetsdiagram och ett fukttillskottdiagram.

3.3 Beräkningar och tillämpade ekvationer

Ekvationer som tillämpats vid beräkningarna i Excel presenteras nedan.

Mättnadsånghalten inomhus

$$p_s(T) = a \cdot \left(b + \frac{T}{100} \right)^n \quad (1)$$

$$\begin{array}{llll} 0 \leq T \leq 30 & a = 288,68 \text{ Pa} & b = 1,098 & n = 8,02 \\ -20 \leq T \leq 0 & a = 4,689 \text{ Pa} & b = 1,4868 & n = 12,03 \end{array}$$

$$v_s(T) = p_s(T) \cdot \frac{M_v}{R \cdot (273,15 + T)} \quad (2)$$

T är temperaturen i °C.

$M_v = 18,02$ är vattnets molekylvikt (Arfvidsson, Harderup och Samuelson 1994, s.236).

$R = 8314,3$ är allmänna gaskonstanten (Arfvidsson, Harderup och Samuelson 1994, s.236).

Relativ fuktighet inomhus

$$\varphi = \frac{v}{v_s(T)} \quad (3)$$

φ är relativ fuktighet [-].

$v_s(T)$ är mättnadsånghalt [g/m^3] vid aktuell temperatur T [°C].

v är ånghalt [g/m^3].

² Petter Wallentén, Avdelningen för Byggnadsfysik LTH, intervju den 18 februari 2022.

Volymkorrigerad uteånghalt

$$v_{korr} = \frac{(273,15+T_{ute})}{(273,15+T_{inne})} \cdot v_e \quad (4)$$

v_e är ånghalten utomhus [g/m^3].

Fukttillskott inomhus

$$v_i = v_{korr} + v_{FT} \quad (5)$$

v_i är ånghalten inomhus [g/m^3].

v_{FT} är fukttillskott inomhus [g/m^3].

4 Resultat och analys

4.1 Enkät svar om boendevanor

Resultat från en enkätundersökning, där boenden i de undersökta lägenheterna deltog, har sammanställts i tabell 3 och 4 nedan. Information om antal boende i respektive ålderskategori samt eventuellt innehav av husdjur presenteras i tabell 3. Specifika brukarvanor samt befintlig utrustning i badrum redovisas för varje lägenhet under år 2017, 2018 och 2019, se tabell 4. Boende i lägenhet 10 deltog endast 2017 och boende i lägenhet 6 deltog 2017 och 2018. Boende i lägenhet 11 deltog 2018 och 2019 samt lägenhet 12 deltog 2019.

Tabell 3. Antal boende samt åldersgrupp presenteras för respektive lägenhet. Under år 2019 flyttade tidigare hyresgäster ut från lägenheterna 1 och 9, varefter nya hyresgäster flyttade in.

Lägenhet nr.		Vuxna	Barn			Husdjur
			13-17 år	5-12 år	< 5 år	
Lgh 1	2017&2018	2				
	2019	2				
Lgh 2		2				
Lgh 3		2				
Lgh 4		1				
Lgh 5		2		1		Katt (2019)
Lgh 6		2		1	1	
Lgh 7		1				
Lgh 8		2				
Lgh 9	2017&2018	2			1	
	2019	1		1		Katt
Lgh 10		1				
Lgh 11		2				
Lgh 12		2				

Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter

Tabell 4. Sammanställning av boendens enkätsvar avseende brukarvanor och utrustning i badrum, uppdelat efter lägenhet och år.

Lägenhet nr.	År	Utrustning i bostad				Torkning			Duschning [ggr/dag]			
		Badkar	Duschplats	Duschkabin	Tvättmaskin	I egen torktumlare	Hänger tvätt fritt i bostad	Utanför bostaden	< 1	1-2	3-4	> 4
Lgh 1	2017	x	x					x	x			
	2018		x					x		x		
	2019		x				x	x	x			
Lgh 2	2017	x	x		x		x				x	
	2018	x	x		x		x			x		
	2019	x	x		x		x			x		
Lgh 3	2017	x			x						x	
	2018	x	x					x			x	
	2019	x	x					x		x		
Lgh 4	2017	x					x	x			x	
	2018	x					x				x	
	2019	x					x	x		x		
Lgh 5	2017	x						x				
	2018											
	2019											
Lgh 6	2017	x						x				x
	2018		x					x				x
	2019											
Lgh 7	2017		x		x		x	x		x		
	2018	x	x				x				x	
	2019	x	x				x	x			x	
Lgh 8	2017		x		x	x	x	x			x	
	2018		x		x	x	x	x			x	
	2019											
Lgh 9	2017	x						x		x		
	2018											
	2019		x				x	x			x	
Lgh 10	2017	x	x							x		
	2018											
	2019											
Lgh 11	2017											
	2018			x	x		x				x	
	2019			x	x		x				x	
Lgh 12	2017											
	2018											
	2019	x						x		x		

4.2 Fukttillskott inomhus

Fukttillskott inomhus har beräknats för sovrum, badrum och vardagsrum för mätperioderna under år 2017, 2018 och 2019. I de kommande avsnitten kommer detta att visas i diagram med beräknat fukttillskott över kronologisk mättid. Variation i fukttillskott inomhus under mättiden och mellan de olika lägenheterna kan i viss mån följas i diagrammen. I tabeller redovisas därefter beräknat medelvärde och standardavvikelse av fukttillskott för hela mätperioden i respektive rum och år. Fukttillskottet har även studerats för tre vinterdygn i sovrum och badrum, där nivåerna av fukttillskottet kan följas timme för timme.

Samband mellan fukttillskott i sovrum och rådande utomhustemperatur har undersökts för hela mätperioden efter ett initialt antagande om linjär regression. Genom att plotta

mätvärden för utomhustemperatur mot fukttillskott har en linjär regressionslinje anpassats. Detta har gjorts med 15-min mätvärden samt 1h- och 4h- medelvärden. Vidare har ett stickprov genomförts för en lägenhet, där sambandet mellan fukttillskott och utomhustemperatur undersökts enbart under vinterperioden för sovrums, badrum och vardagsrum. De värden som används vid undersökning av vinterperioden är 1h- respektive 4h- medelvärden. Slutligen sammanställs de erhållna regressionskvationer och korrelationskoefficienter från samtliga studerade fall och presenteras därefter i tabeller.

Varaktighetsdiagram med förekommande fukttillskottsnivåer har tagits fram för alla undersökta rum och år. I diagrammen kan varaktigheten för olika fukttillskottsnivåer i de undersökta rummen avläsas. Eftersom att diagrammen är framtagna i Excel har exakta värden, som i texten återges som diagramavläsningar, inhämtats direkt från Excel. Detta för att undvika den osäkerhet som kan föreligga vid en icke-noggrann avläsning från diagram. På så vis ges en mer precis grund för vidare analys.

Förekomst av negativa värden för fukttillskott kommenteras översiktligt i det här kapitlet då det betraktas som en felkälla och behandlas således längre fram i rapporten. Negativa värden för fukttillskott har noterats vid undersökning av fukttillskott över kronologisk tid, samt vid beräkning av medelvärden för fukttillskott under mätperioden.

4.2.1 Kronologisk tid

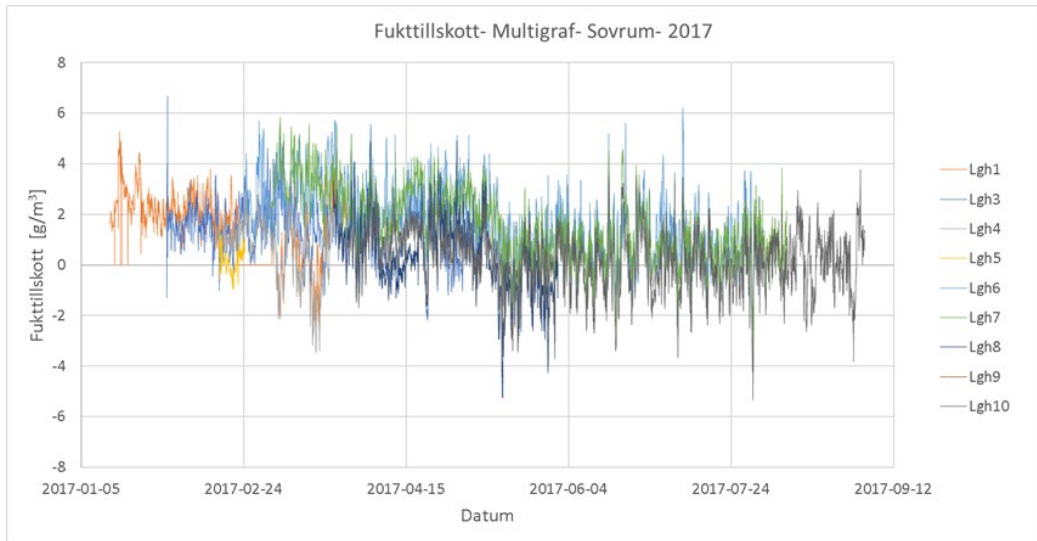
Hela mätperioden för sovrums, badrum och vardagsrum

Under år 2017 (före renovering) har sovrums 3, sovrums 6 och sovrums 7 återkommande förhöjda nivåer av fukttillskott jämfört med resterande undersökta sovrums under samma år, vilket framgår från figur 5 nedan. Fukttillskottsnivån 3 g/m^3 överstigs i de flesta sovrums, men hur ofta detta sker skiljer sig mellan de olika lägenheterna och går inte att fastställa med precision utifrån diagrammet. Som högst uppgår fukttillskottet till $6,6 \text{ g/m}^3$, vilket sker i sovrums 3 i slutet av januari månad det aktuella året.

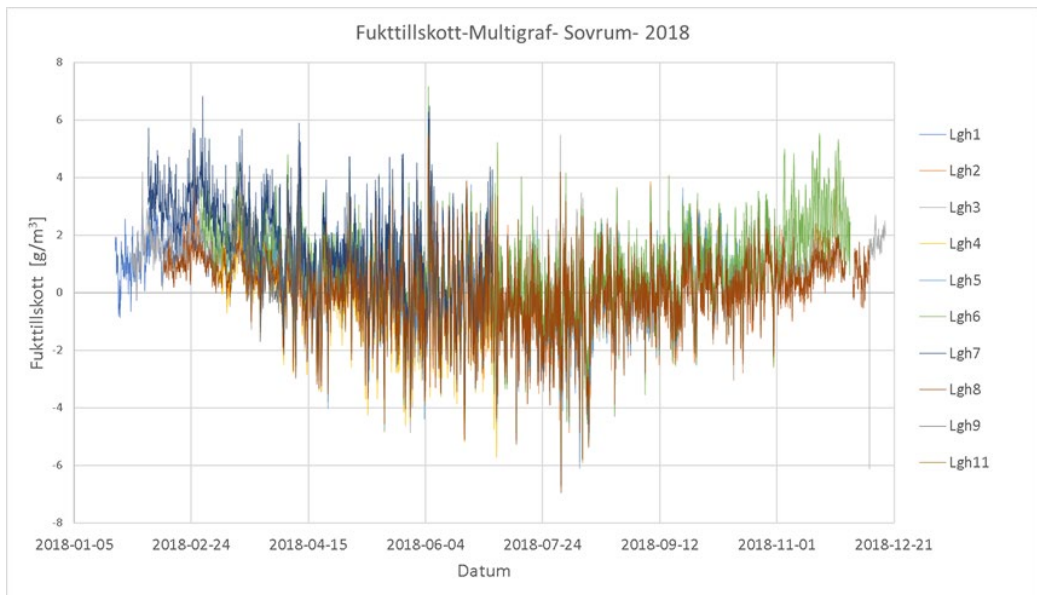
För mätperioden under år 2018 visar figur 6 att sovrums 6 och sovrums 7 har fukttillskottsnivåer som är högre än de resterande undersökta sovrums. Detta gäller både under vinter- och sommarmånaderna. Den högsta nivån av fukttillskott har uppnåtts i sovrums 6 under juni månad, där fukttillskottet beräknats till $7,1 \text{ g/m}^3$.

Fukttillskottsnivån i sovrums 7 och sovrums 3 är hög även under mätperioden för år 2019. Högsta nivån uppgår till $7,4 \text{ g/m}^3$ och uppnås under senhösten i sovrums 3, se figur 7.

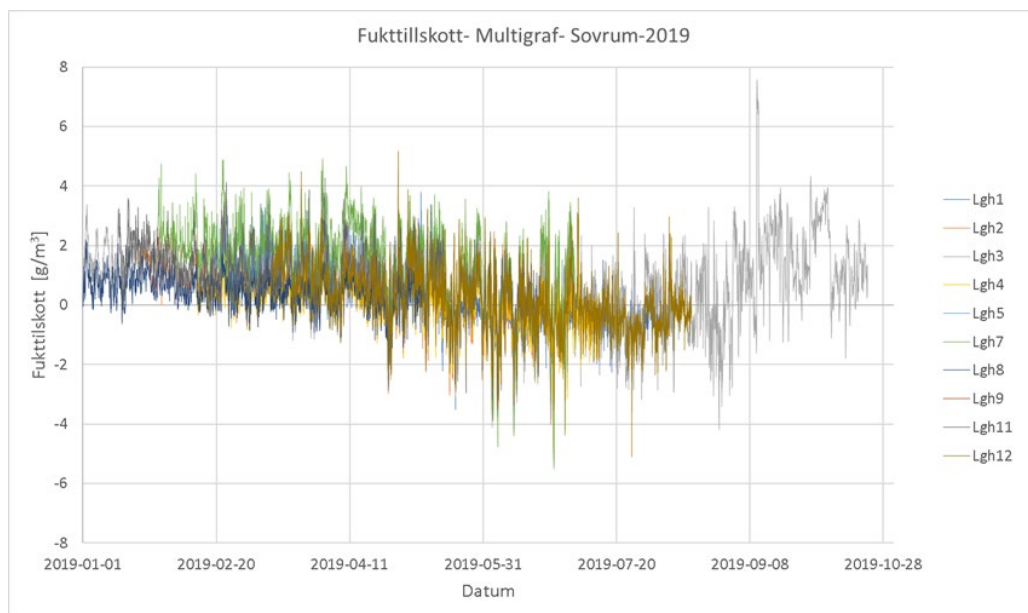
Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter



Figur 5. Fukttillskott för alla undersökta sovrums under mätperioden för år 2017.



Figur 6. Fukttillskott för alla undersökta sovrums under mätperioden för år 2018.



Figur 7. Fukttillskott för alla undersökta sovrum under mätperioden för år 2019.

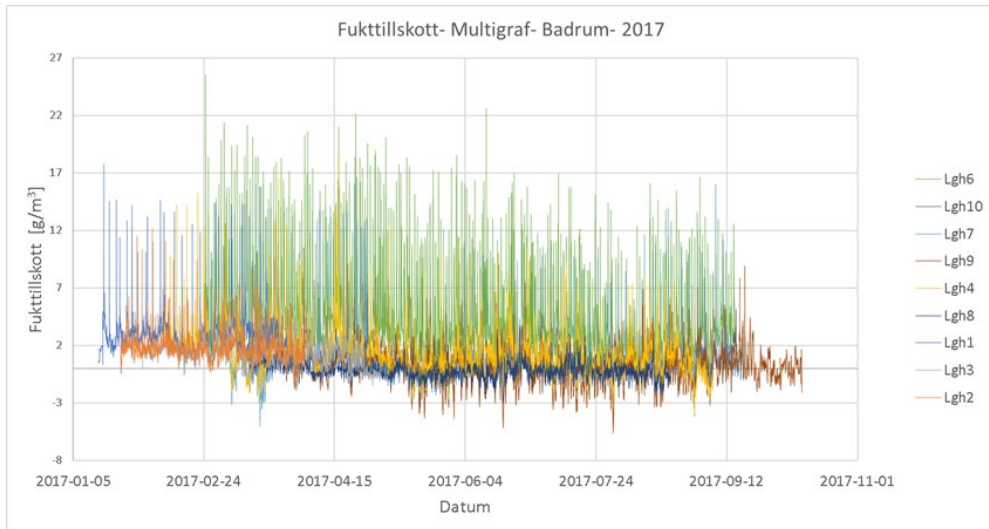
I de undersökta badrummen uppnås momentant relativt höga fukttillskotts nivåer jämfört med sovrummen, vilket sker under alla de undersökta åren. Under år 2017 har badrum 6 under februari månad uppnått högsta momentana fukttillskotts nivå på $25,4 \text{ g/m}^3$. Samma badrum har under hela mätperioden för år 2017 haft nivåer av fukttillskott som momentant legat högre än de resterande badrummen. Badrum 1, 4 och 7 är också bland de badrum där fukttillskottet återkommande uppnår höga nivåer under år 2017, vilket kan ses i figur 8. Näst högst fukttillskotts nivå för mätperioden under år 2017 uppgår till $18,3 \text{ g/m}^3$ i badrum 4, och sker under april månad. Badrum 1 har under januari månad haft fukttillskotts nivåer som uppgick till $17,7 \text{ g/m}^3$.

Höga nivåer av fukttillskott i badrum under år 2018 förekommer under vintermånaderna särskilt för badrum 1, 5 och 7. Även badrum 11 har haft höga nivåer av fukttillskott som dock sjunkit under vintermånaderna, se figur 9.

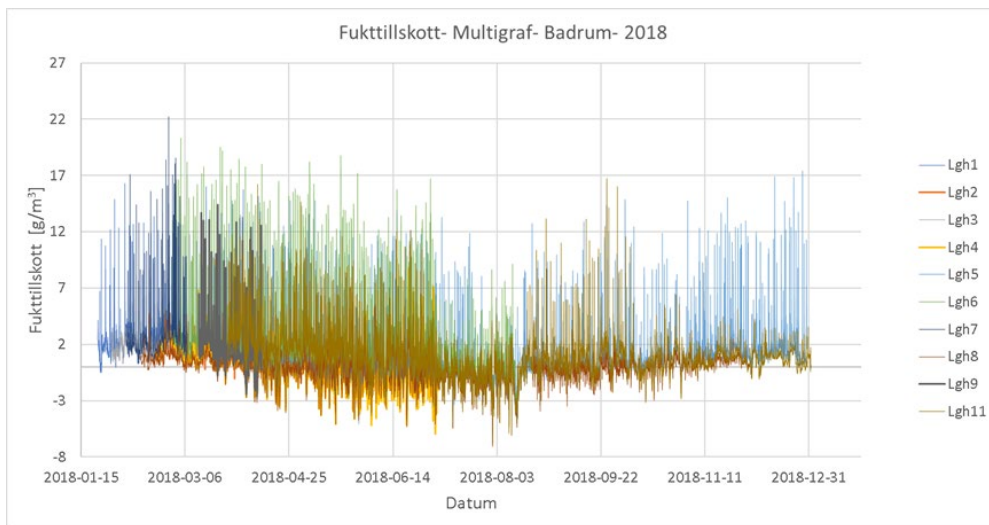
Under år 2019 är lägenheterna 1, 2 och 11 de vars badrum haft högsta nivåer av fukttillskott, vilket har skett under vintermånader samt även under senhösten, se figur 10. Badrum 2 har under februari månad haft fukttillskotts nivåer som uppgick till $20,2 \text{ g/m}^3$.

Sammantaget har det noterats att respektive års högsta fukttillskotts nivå i badrum successivt sjunkit från år 2017 till år 2019. I jämförelse med sovrum har fukttillskottet i badrum uppgått till högre nivåer momentant, vilket även kan ses figurerna 8-10.

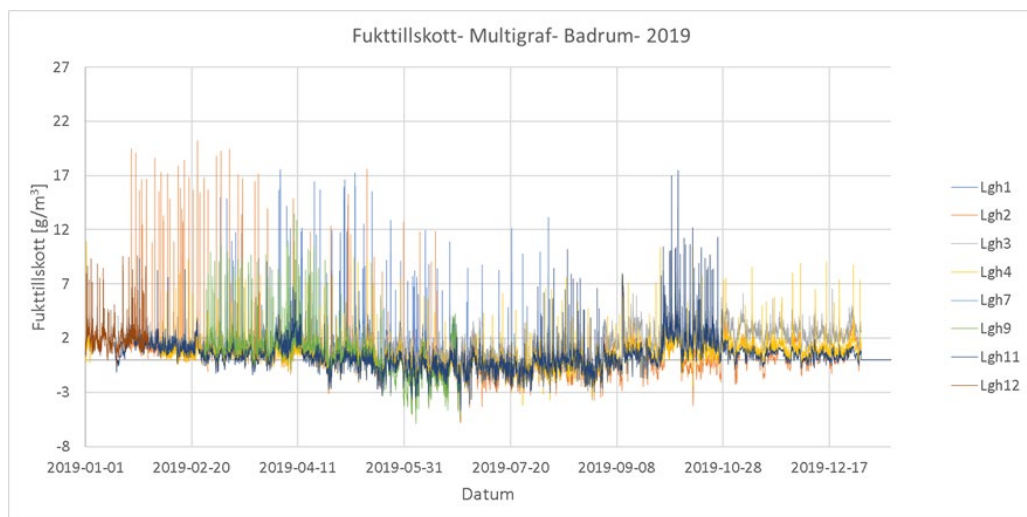
Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter



Figur 8. Fukttillskott för alla undersökta badrum under mätperioden för år 2017.



Figur 9. Fukttillskott för alla undersökta badrum under mätperioden för år 2018.

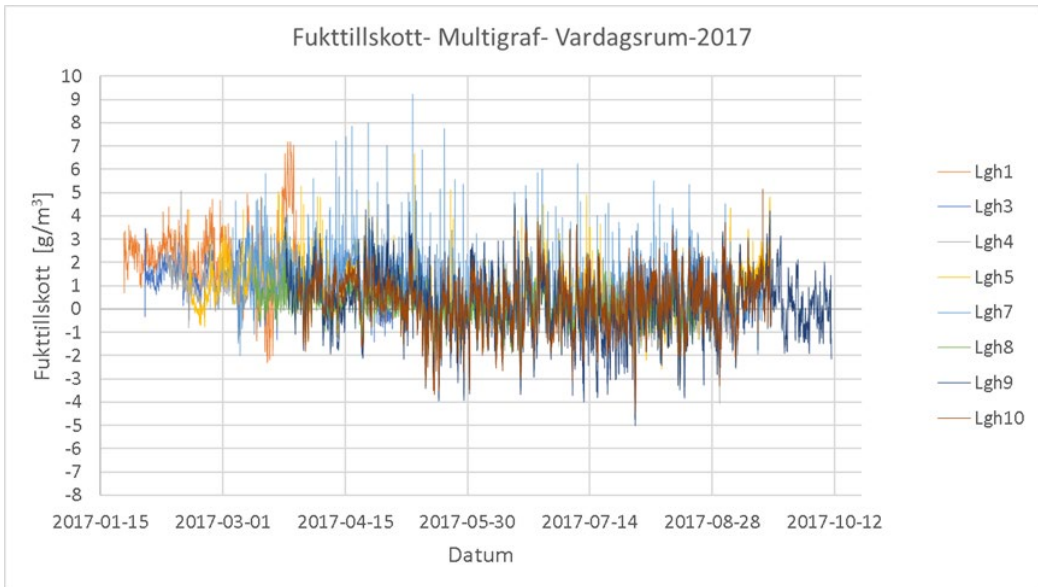


Figur 10. Fukttillskott för alla undersökta badrum under mätperioden för år 2019.

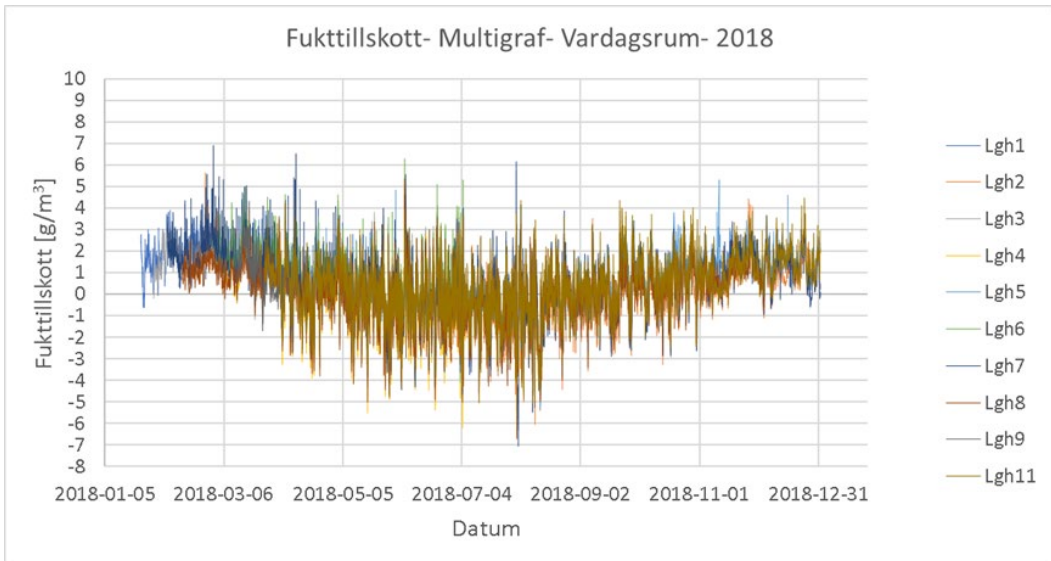
För vardagsrummen under år 2017 noteras att de allra högsta nivåerna av fukttillskott under mätperioden uppnås under vår- och sommarmånaderna. Dock har det löpande under året varit nivåer av fukttillskott som överstiger 3g/m^3 . Utifrån figur 11 framgår att vardagsrum 1, 5 och 7 har återkommande momentant höga fukttillskottsnivåer jämfört med resterande undersökta vardagsrum under samma mätperiod.

Under år 2018 har vardagsrum 6 och 7 haft högsta pikarna där fukttillskottsnivån uppgick momentant till $6,1\text{ g/m}^3$ respektive $6,8\text{ g/m}^3$. Detta skedde i juni månad för vardagsrum 6, och februari månad i vardagsrum 7. Se figur 12.

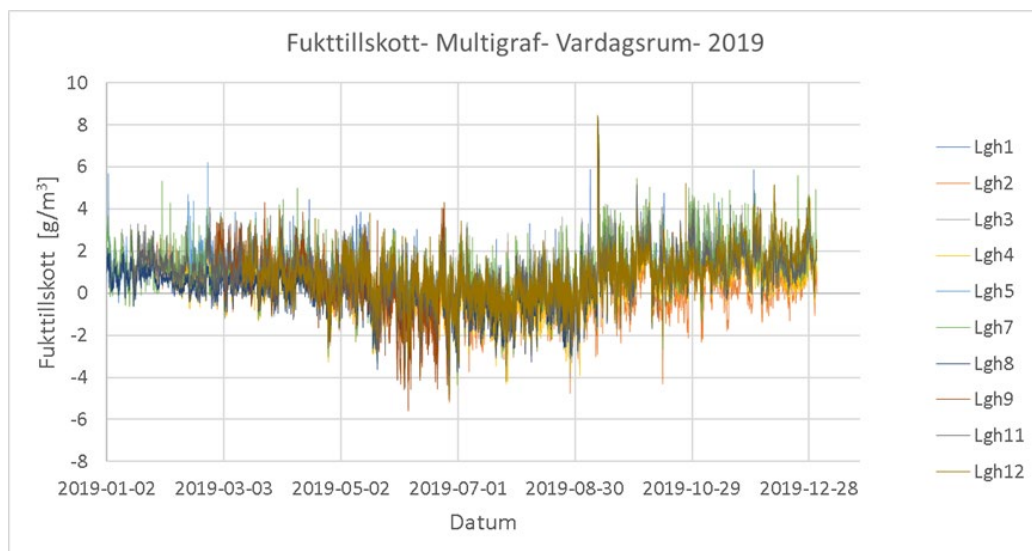
År 2019 hade vardagsrum 12 högsta fukttillskottsnivån på $8,2\text{ g/m}^3$, som ägde rum under september månad, se figur 13. Denna nivå är således den högsta bland alla vardagsrum under samtliga år. Vardagsrum 12 undersöktes dock inte år 2017 och 2018. Utöver vardagsrum 12, hade vardagsrum 5 det näst högst uppmätta fukttillskottet på $6,2\text{ g/m}^3$ vilket var för februari månad.



Figur 11. Fukttillskott för alla undersökta vardagsrum under mätperioden för år 2017.



Figur 12. Fukttillskott för alla undersökta vardagsrum under mätperioden för år 2018.



Figur 13. Fukttillskott för alla undersökta vardagsrum under mätperioden för år 2019.

Gemensamt för alla de analyserade fukttillskottdiagrammen är att kurvorna som representerar de undersökta lägenheterna är som tätast under fukttillskottsnivån 3 g/m^3 , medan toppar som överstiger 3 g/m^3 förekommer återkommande men varar dock inte under lång tid i förhållande till fukttillskottsnivåerna som understiger 3 g/m^3 . Detta ger en indikation på att de återkommande momentana pikarna som överstiger denna fukttillskottsnivå inte är långvariga. Det kan här inte tydas hur ofta en viss fukttillskottsnivå över- eller understigs, varför varaktighetsdiagram har behövt tas fram för att en sådan bedömning skall vara möjlig att göra. Dessa presenteras längre fram i detta avsnitt.

Medelvärde och standardavvikelse för alla rum och år

För varje lägenhet har medelvärdet av fukttillskott i de undersökta rummen tagits fram för hela mätperioden under år 2017, 2018 och 2019. Detta presenteras i tabellerna 5-7 nedan uppdelat efter sovrum, badrum och vardagsrum i respektive lägenhet. Genom medelvärdena representeras det genomsnittliga fukttillskottet för hela mätperioden under ett år. Standardavvikelsen har också räknats ut för respektive medelvärde och visar vilken spridning som varit aktuell för respektive fall. Ju större standardavvikelsen är desto större är variationen bland de beräknade fukttillskotten i förhållande till medelvärdet.

Bland de undersökta sovrummen under år 2017, 2018 och 2019 har medelfukttillskottet i g/m^3 varierat mellan $0,05 \pm 1,32$ och $1,78 \pm 1,27$, vilket framgår av tabell 5. Inget av de beräknade medelfukttillskotten överstiger fukttillskottsnivån 3 g/m^3 . Negativa medelvärden av fukttillskott förekommer för sovrum 4 och sovrum 5, totalt tre gånger. Vid jämförelse av medelfukttillskott före renovering (år 2017) med fukttillskott efter renovering (år 2019) har det visat sig att 6 av 8 sovrum har medelfukttillskott som minskat efter renoveringen jämfört med före renoveringen. I två av fallen, sovrum 5 och

sovrum 9, har medelfukttillskottet istället ökat efter genomgången renovering i bostaden. Båda lägenheterna 5 respektive 9 har även haft nyinflyttade hyresgäster år 2019, se tabell 3. För de resterande sovrummen har en sådan jämförelse inte varit möjlig att göra då mätningar inte har genomförts under samtliga de önskade åren, vilket gör att underlag fattas för en sådan jämförelse.

Vid jämförelse av medelfukttillskott före och efter renovering är år 2018 inte inräknat, utan jämförelsen utgår endast från år 2017 samt år 2019. Detta beror på att medelvärden av fukttillskott för år 2018 innefattar mätningar från perioden före och efter renovering, vilket gör att en inkludering av år 2018 ger en vilseledande jämförelse.

Badrummen som har undersökts har beräknade medelfukttillskott som varierar mellan $0,02 \pm 1,16 \text{ g/m}^3$ och $3,89 \pm 2,8 \text{ g/m}^3$, se tabell 6. Högsta medelfukttillskottet tillhör badrum 6, som även är det enda badrummet vars medelfukttillskott överstiger 3 g/m^3 . För de undersökta badrummen har negativa medelfukttillskott erhållits totalt 2 gånger, båda gångerna för badrum 8. En jämförelse av medelvärden av fukttillskott före och efter renovering har varit möjlig i sex badrum. I tre av fallen hade medelvärdet sjunkit efter renoveringen (år 2019) jämfört med före renoveringen (2017). I de resterande tre fallen har medelfukttillskottet istället ökat efter renoveringen. Lägenhet 9, som är en bland de vars medelfukttillskott i badrum ökat efter renoveringen, hade nyinflyttade hyresgäster år 2019.

I de vardagsrummen som undersökts har medelfukttillskottet i g/m^3 varierat mellan $0,06 \pm 0,75$ och $2,15 \pm 1,35$, se tabell 7. Det har i två av fallen erhållits negativa medelvärden. Inget av de beräknade medelfukttillskotten har överstigit 3 g/m^3 för vardagsrum.

Vid en jämförelse före (år 2017) respektive efter (år 2019) renovering kan det konstateras att medelfukttillskottet minskar i fem av sju vardagsrum. I två fall, för vardagsrum 5 samt vardagsrum 9, har medelfukttillskottet istället ökat efter renoveringen jämfört med före. Båda dessa lägenheterna hade nyinflyttade hyresgäster år 2019.

Bland de rum som undersökts har ett övervägande antal fått en minskning av beräknade medelfukttillskott efter att lägenheterna renoverats år 2018.

Tabell 5. Medelvärde och standardavvikelse av fukttillskott under hela mätperioden för respektive sovrum och år.

	SOVRUM Fukttillskott [g/m^3]					
	2017		2018		2019	
	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.
Lgh 1	1,78	1,27	1,15	1,03	0,25	1,03
Lgh 2			0,05	1,32	0,49	1,00
Lgh 3	1,34	1,03	0,40	1,31	0,74	1,24
Lgh 4	0,53	0,99	-0,11	1,37	-0,04	0,76
Lgh 5	0,14	0,45	-0,07	1,27	1,20	0,70
Lgh 6	1,71	1,38	0,83	1,50		
Lgh 7	1,60	1,34	1,65	1,60	1,50	1,31
Lgh 8	0,07	0,75	0,06	1,18	0,45	0,55
Lgh 9	0,31	1,38	1,11	1,18	0,12	1,51
Lgh 10	0,22	1,14				
Lgh 11			0,06	1,27	0,96	1,02
Lgh 12					0,25	0,98

Tabell 6. Medelvärde och standardavvikelse av fukttillskott under hela mätperioden för respektive badrum och år.

BADRUM Fukttillskott [g/m^3]						
	2017		2018		2019	
	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.
Lgh 1	2,78	1,35	1,63	1,47	0,77	1,49
Lgh 2	1,64	0,96	0,02	1,16	0,21	1,42
Lgh 3	1,11	0,85	0,64	1,43	1,26	1,32
Lgh 4	1,07	1,60	0,08	1,55	0,28	1,08
Lgh 5	1,17	1,74	0,48	1,58		
Lgh 6	3,89	2,80	1,34	2,02		
Lgh 7	0,47	1,50	2,67	2,03	0,81	1,43
Lgh 8	-0,19	0,70	-0,19	1,20		
Lgh 9	0,16	1,42	1,45	1,48	0,38	1,64
Lgh 10	0,46	1,11				
Lgh 11			0,88	1,72	0,35	1,25
Lgh 12					1,88	0,97

Tabell 7. Medelvärde och standardavvikelse av fukttillskott under hela mätperioden för respektive vardagsrum och år.

VARDAGSRUM Fukttillskott [g/m^3]						
	2017		2018		2019	
	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.
Lgh 1	2,15	1,39	1,37	1,17	0,79	1,15
Lgh 2			0,19	1,31	0,14	1,16
Lgh 3	1,10	0,81	0,67	1,39	1,01	1,29
Lgh 4	0,24	1,02	-0,20	1,51	0,13	1,06
Lgh 5	0,72	1,02	0,45	1,19	1,52	0,76
Lgh 6	1,47	1,31	0,84	1,50		
Lgh 7	0,97	1,06	0,51	1,37	0,78	1,16
Lgh 8	0,06	0,75	0,09	1,21	-0,02	0,92
Lgh 9	0,19	1,30	0,92	1,11	0,35	1,48
Lgh 10	0,36	1,08				
Lgh 11			0,41	1,24	0,76	1,08
Lgh 12					0,85	1,13

Fukttillskott under tre vinterdygn i badrum och sovrum

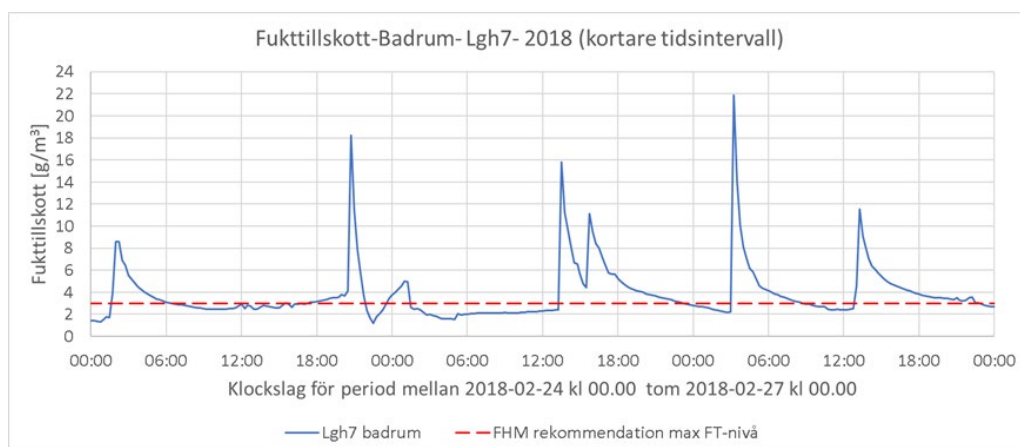
Fukttillskott inomhus studeras under tre vinterdygn i ett badrum med återkommande höga fukttillskottsnivåer. I tabell 8 ges en överblick över de badrummen med högst medelfukttillskott under respektive år. Även de badrum med längst varaktighet av fukttillskottsnivåer över 3 g/m^3 har kartlagts efter att varaktighetsdiagram för fukttillskott tagits fram, vilka presenteras senare i det här avsnittet. Utifrån tabell 8 framgår att badrum 7 vid upprepade tillfällen förekommer bland de badrum med högst medelfukttillskott samt längst varaktighet av höga fukttillskottsnivåer per mätperiod.

Därmed valdes badrum 7 för att studeras under ett kortare tidsintervall. Genom att avgränsa den studerade tidsperioden till tre vinterdygn kunde fukttillskottsnivåerna inomhus följas timme för timme för att se hur de förhåller sig till Folkhälsomyndighetens rekommendation på 3 g/m^3 , samt när på dygnet som denna nivå överstigs, se figur 14. De vinterdygn som studerats är 24/2 (lördag), 25/2 (söndag) och 26/2 (måndag) år 2018.

Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter

Tabell 8. Lägenheter med högst beräknade medelfukttillskott under mätperioden för år 2017, 2018 respektive 2019. Värden i g/m^3 anges inom parentes. Badrum med längst varaktighet av fukttillskotts nivåer som överstiger $3 \text{ g}/\text{m}^3$ anges för respektive år som procent av mättiden.

Högsta FT-medelvärden i badrum [g/m^3]		
2017	2018	2019
Lgh 6 (3,89)	Lgh 7 (2,67)	Lgh 12 (1,88)
Lgh 1 (2,78)	Lgh 1 (1,63)	Lgh 3 (1,26)
Lgh 2 (1,64)	Lgh 9 (1,45)	Lgh 7 (0,81)
Lgh 5 (1,17)	Lgh 6 (1,34)	Lgh 1 (0,77)
Längst varaktighet med FT-nivåer som överstiger $3 \text{ g}/\text{m}^3$ i badrum [%]		
2017	2018	2019
Lgh 6 (57)	Lgh 7 (25)	Lgh 3 (9)
Lgh 1 (46)	Lgh 6 (12)	Lgh 12 (7)
Lgh 5 (11)	Lgh 1 (10)	Lgh 7 (5)



Figur 14. Fukttillskott i badrum 7 under tre vinterdygn år 2018. På x-axeln visas tiden timvis mellan den 24 februari kl 00.00 och den 27 februari kl 00.00.

Utifrån figur 14 kan avläsas att nivån $3 \text{ g}/\text{m}^3$ tillfälligt överstigs flera gånger under de tre undersökta vinterdygnen. Totalt sker detta sex gånger mellan från den 24 februari fram till och med den 26 februari. Tidsintervall där fukttillskott överstiger $3 \text{ g}/\text{m}^3$ har beräknats och sammanställs i tabell 9. I tabell 10 presenteras tiden uppdelat efter respektive undersökt dygn. Gemensamt för de undersökta dygnen är att det under eftermiddagar fram till kvällstid råder förhöjda nivåer av fukttillskott, där värdet $3 \text{ g}/\text{m}^3$ överstigs. Mönster för när de högsta pikarna uppnås har inte kunnat fastställas för den undersökta tidsperioden. I badrum 7 är frånluftsventilationsflödet uppmätt till $15,7 \text{ l/s}$.

Fukttillskottsdiagram har tagits fram för alla undersökta badrum under samma tre dygn som för badrum 7, se figur 15-16. På så sätt kan de rådande nivåerna av fukttillskott jämföras mellan samtliga badrum. Det framgår att badrum 7 och badrum 1 uppnår de högsta nivåerna jämfört med resterande badrum under samma tidsintervall. I badrum 8 ligger värdet för fukttillskott mellan $1\text{-}2 \text{ g}/\text{m}^3$ med undantag för två tillfällen där förhöjda nivåer råder där fukttillskottet uppgår till $5,1 \text{ g}/\text{m}^3$.

Även för alla undersökta sovrum har fukttillskottdiagram tagits fram under samma tidsintervall och presenteras i figur 17. I två av sovrummen, 2 respektive 7, förekommer förhöjda nivåer av fukttillskott under de tre vinterdyggen som studerats. I sovrum 7 uppnås den högsta fukttillskottsnivån som uppgår till $5,7 \text{ g/m}^3$, vilket inträffar kl 01.15 den 25 februari år 2018. Badrummet i lägenhet 7 är beläget inuti byggnaden utan öppningsbart fönster.

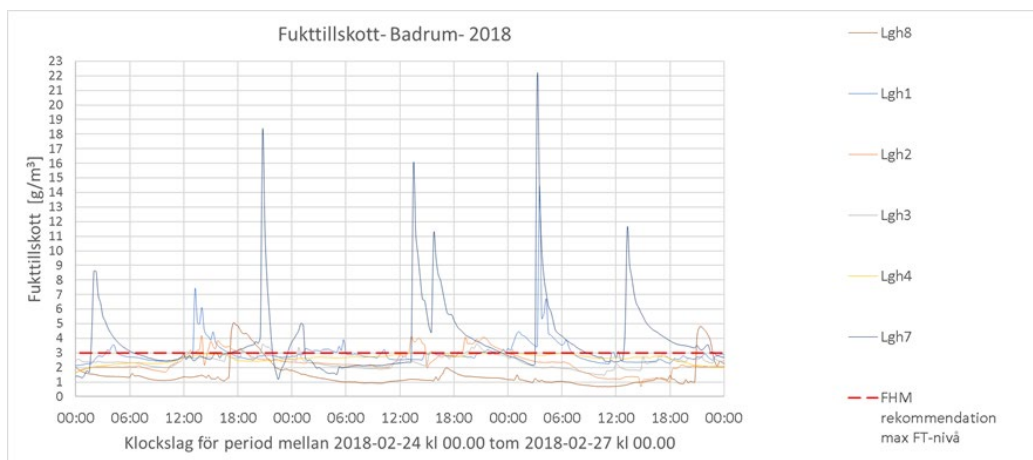
Tabell 9. Tidsintervall för när fukttillskott i badrum 7 överstiger 3 g/m^3 . Den undersökta perioden avser tre vinterdygn under år 2018. De numrerade observationerna kan följas i kronologisk ordning i figur 14.

Observation nr. där $\text{FT} > 3 \text{ g/m}^3$ i badrum 7	Tidsintervall	Motsvarande antal timmar
1	kl 01.45 - 06.15	4 h 30 min
2	kl 17.15 - 22.00	4h 45 min
3	kl 23.45 - 01.15	1h 30 min
4	kl 13.30 - 23.30	10h
5	kl 03.15 - 09.00	5h 45 min
6	kl 13.00 - 23.00	10h
	Totalt:	36h 30 min

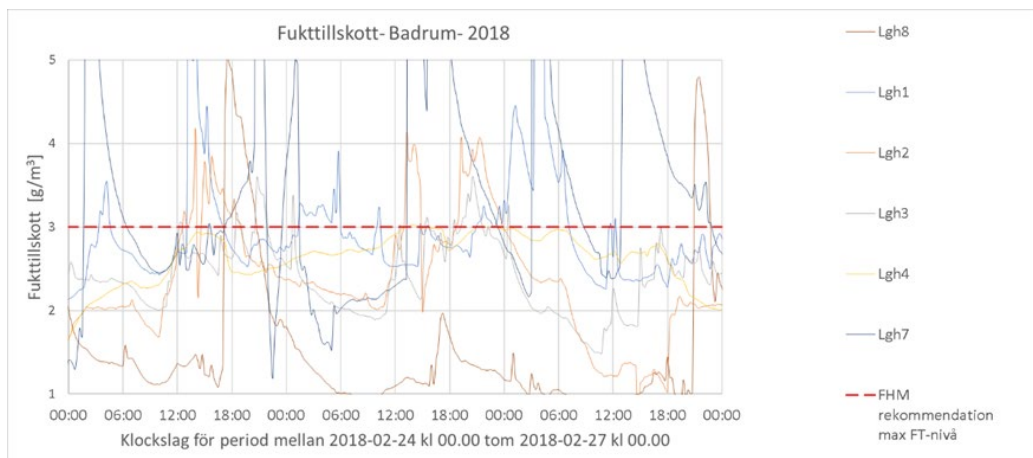
Tabell 10. Antal timmar under respektive observerat dygn där fukttillskottsnivån överstiger 3 g/m^3 .

Observerat dygn	Veckodag	Antal timmar med $\text{FT} > 3 \text{ g/m}^3$
2018-02-24	lördag	9,5h
2018-02-25	söndag	10h 45 min
2018-02-26	måndag	16h 15 min

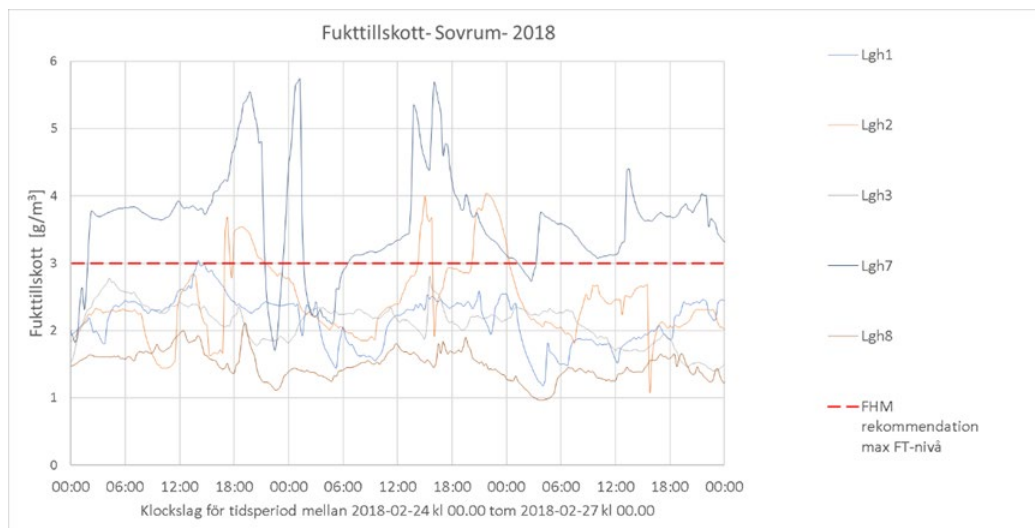
Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter



Figur 15. Fukttillskott i alla badrum under tre vinterdygn år 2018. På x-axeln visas tiden timvis mellan den 24 februari kl 00.00 och den 27 februari kl 00.00.



Figur 16. Fukttillskott i alla badrum under tre vinterdygn år 2018. På x-axeln visas tiden timvis mellan den 24 februari kl 00.00 och den 27 februari kl 00.00. På y-axeln visas fukttillskott mellan 1 och 5 g/m^3 .



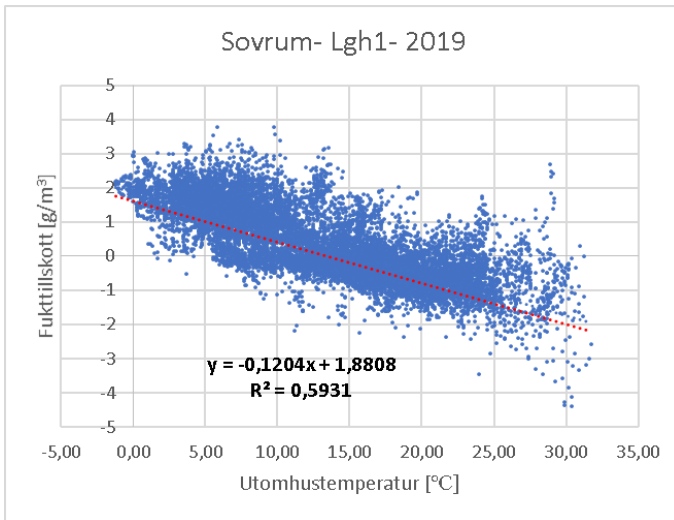
Figur 17. Fukttillskott i alla sovrum under tre vinterdygn år 2018. På x-axeln visas tiden timvis mellan den 24 februari kl 00.00 och den 27 februari kl 00.00

4.2.2 Fukttillskott som funktion av utomhustemperatur

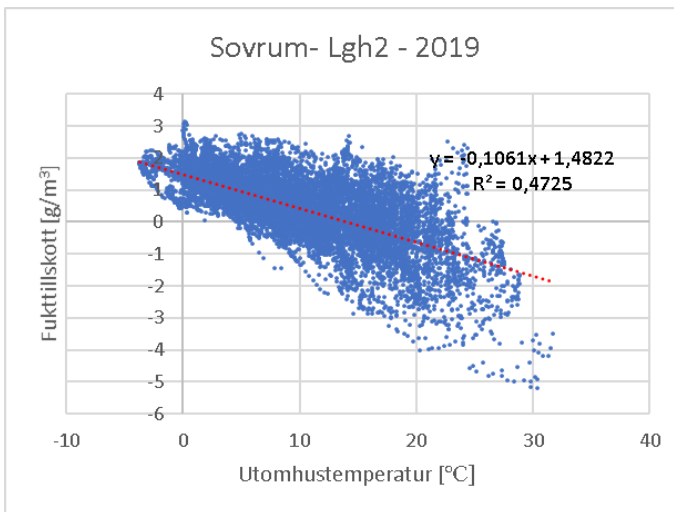
Linjära regressionssamband har tagits fram för att undersöka samband mellan fukttillskott och rådande utomhustemperatur. För varje sovrum har mätperiodens mätningar från år 2019, med 15 minuters värden, plottats i ett diagram varefter linjära regressionsekvationer och korrelationskoefficienter har tagits fram. Dessa presenteras för respektive sovrum i figurerna 18-27. Därefter har det för ett sovrum, sovrum 12, tagits fram ett liknande diagram men den här gången har uträknade 1h- samt 4h medelvärden från mätningarna för hela mätperioden år 2019 använts istället för 15 minuters värden. Diagrammen som erhållits presenteras i figur 28-29. Slutligen har det för sovrum, badrum och vardagsrum för lägenhet 11 tagits fram linjära regressionssamband med tillhörande korrelationskoefficienter utifrån 1h- samt 4h medelvärden från mätningarna för vinterperioden år 2019. Dessa diagram presenteras i figur 30-35. I slutet av avsnittet har samtliga linjära regressionsekvationer samt korrelationskoefficienter presenterats överskådligt i tabellerna 11-13.

Hela mätperioden i alla sovrum – 15 min värden

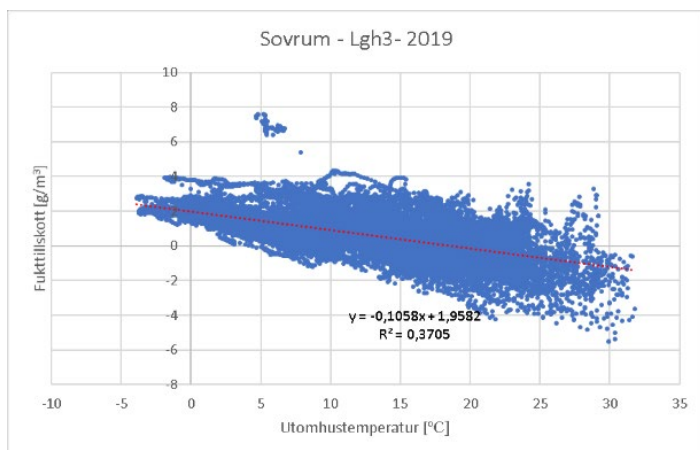
De linjära regressionsekvationerna som erhållits för respektive sovrum vid plottning av 15-minuters värden för hela mätperioden har samtliga en negativ lutningskoefficient, vilket indikerar på att fukttillskott inomhus i de undersökta sovrummen sjunker med stigande utomhustemperatur. Skärningen med y-axeln ger fukttillskottet för utomhustemperaturen 0 °C, vilket varierar mellan 0,79-2,97 g/m³ för de olika sovrummen. Korrelationskoefficienterna, som är ett statistiskt mått på hur stark en korrelation är, anges som R² och har för de olika fallen varierat mellan värdet 0,37 och 0,59.



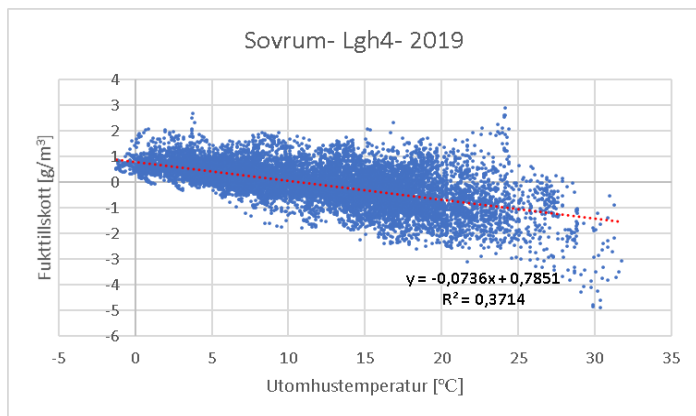
Figur 18. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 1 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



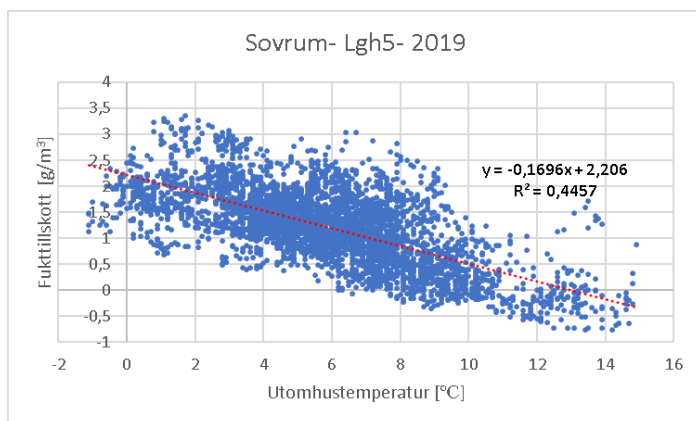
Figur 19. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 2 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



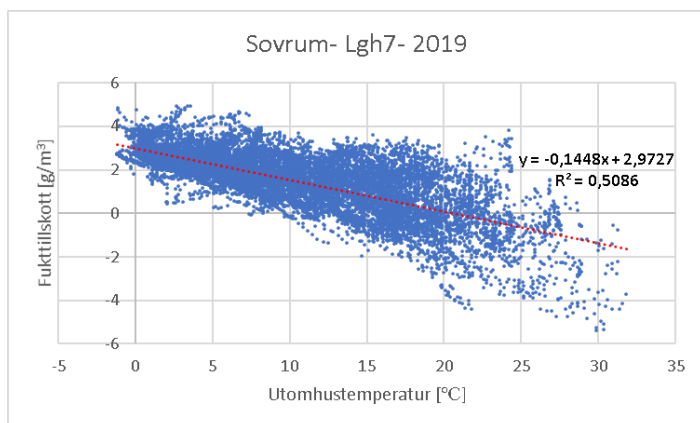
Figur 20. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 3 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



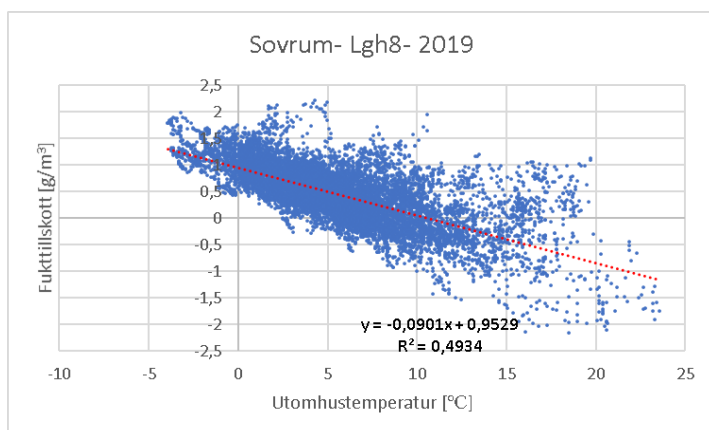
Figur 21. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 4 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



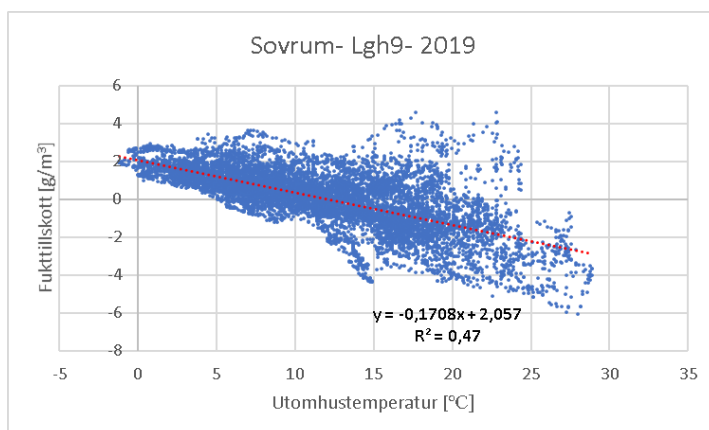
Figur 22. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 5 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



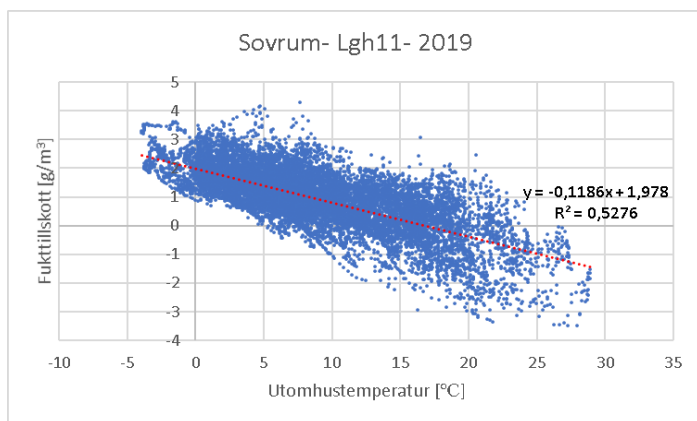
Figur 23. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 7 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



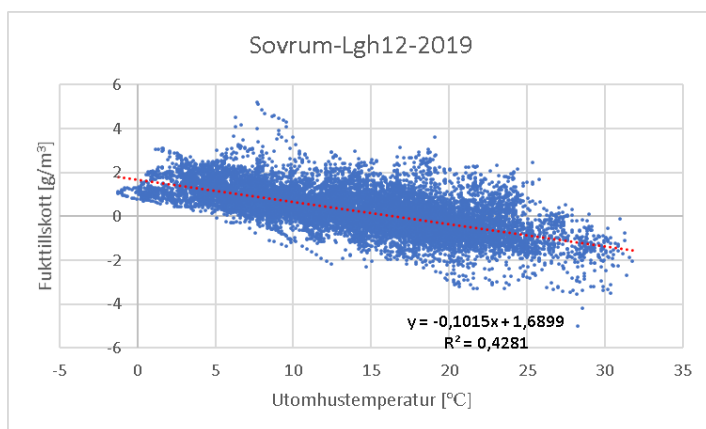
Figur 24. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 8 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



Figur 25. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 9 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



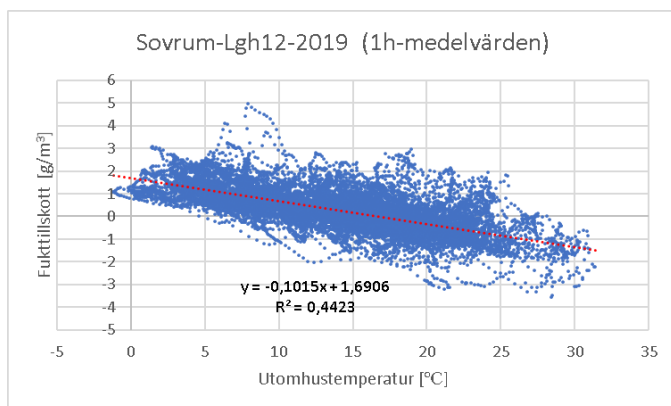
Figur 26. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.



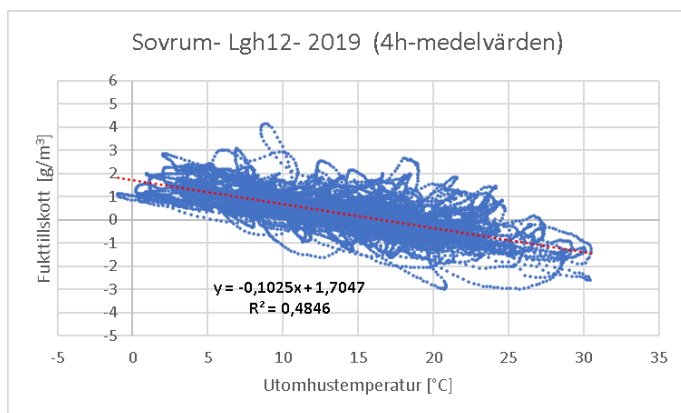
Figur 27. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 12 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 15 minuters mätvärden använts.

Hela mätperioden i ett sovrum – 1h- och 4h medelvärden

Regressionssamband för sovrum 12 har även studerats, för hela mätperioden år 2019, med 1-timmars och 4-timmars medelvärden plottade för fukttillskott och motsvarande utomhustemperatur. Lutningskoefficienterna för fallen med 1h-medelvärden samt 4h-medelvärden har båda haft värdet -0,10, vilket är detsamma för när 15-minuters värden plottades under hela mätperioden år 2019 för sovrum 12 där lutningskoefficienten som erhöles också var -0,10. Fukttillskottsnivån i g/m^3 har vid utomhustemperaturen $0\text{ }^\circ\text{C}$ varit 1,69 för 15-minutersvärden, 1,69 för 1h medelvärden samt 1,70 vid 4h medelvärden vilket motsvarar regressionslinjens skärning med y-axeln. Korrelationskoefficienterna R^2 har för 15-minuters värden varit 0,43, och för fallen med 1h- respektive 4h medelvärden 0,44 respektive 0,48.



Figur 28. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 12 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 1h medelvärden använts.

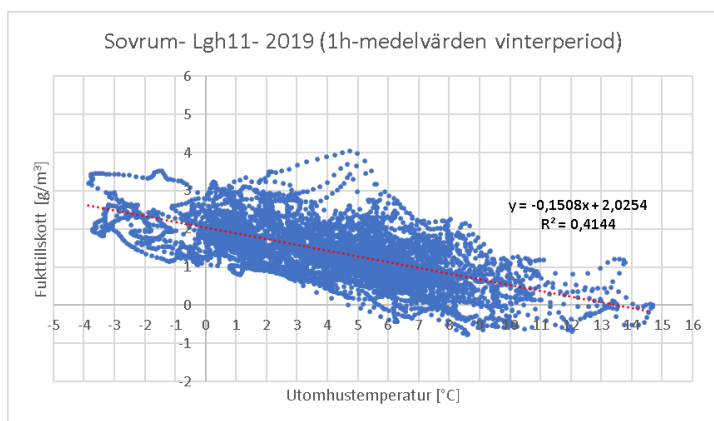


Figur 29. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 12 år 2019. Plottade värden omfattar hela mätperioden där 1h medelvärden använts.

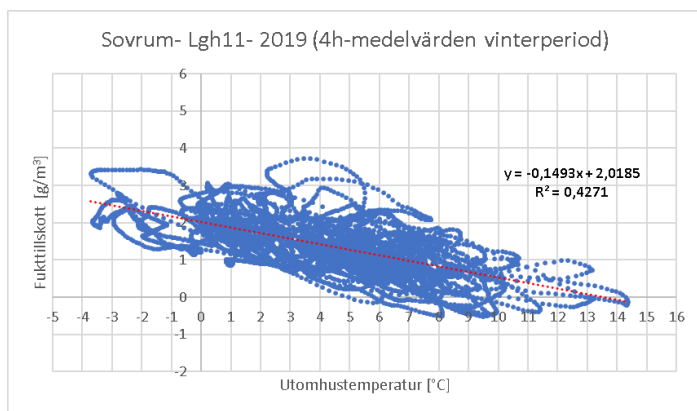
Vinterperiod i sovrum, badrum och vardagsrum – 1h- och 4h medelvärden

Fukttillskott och motsvarande utomhustemperatur har plottats för 1h- respektive 4h medelvärden för vinterperioden år 2019 för sovrum, badrum och vardagsrum i lägenhet 11. Vinterperioden har här begränsats till och med den 31 mars. Skillnaderna mellan linjära regressionens lutning för 1h- respektive 4h medelvärden i respektive rum är liten vid studerande av vinterperioden. För sovrum 11 är lutningskoefficienten -0,15 både vid plottning av 1-timmars medelvärden samt vid plottning av 4-timmars medelvärden. För badrum 11 är motsvarande lutning också -0,15 för både 1h- samt 4h medelvärden. Och för vardagsrum 11 var lutningskoefficienten vid 1-timmars medelvärden -0,14 och vid 4-timmars medelvärden -0,13. Korrelationskoefficienterna R² har även de haft små skillnader vid jämförelse mellan 1h- respektive 4h-medelvärden för sovrum, badrum samt vardagsrum i lägenhet 11. För sovrummet var erhållna korrelationskoefficienter 0,42 för 1h medelvärden samt 0,44 för 4h medelvärden. För badrum 11 var motsvarande värden 0,36 respektive 0,38. Således är skillnaderna små för lutnings- och korrelationskoefficienterna vid jämförelse mellan 1h- och 4h medelvärden i sovrum, badrum samt vardagsrum för vinterperioden.

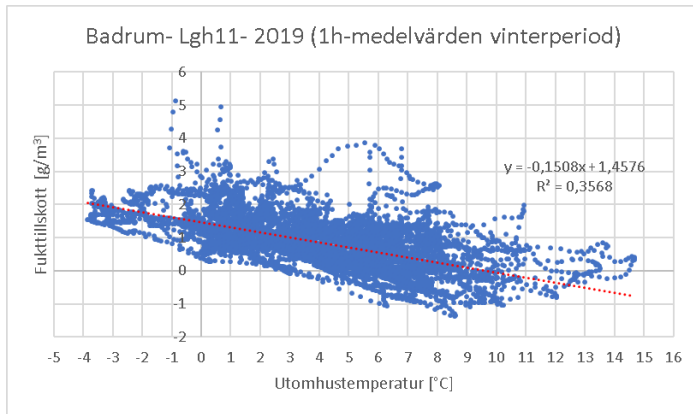
Vid jämförelse av erhållna samband under vinterperioden respektive hela mätperioden år 2019, för sovrum 11, framgår en viss skillnad i lutningskoefficienterna. För det studerade vinterfallet var värdet $-0,15$ medan det för hela mätperioden var $-0,12$. Här skall inflikas att vinterperioden utgick från 1h- respektive 4h medelvärden, medan fallet med hela mätperioden utgick från 15-minuters mätvärden. Korrelationskoefficienten som erhållits för hela mätperioden är $0,53$, vilket är något större än de värdena som erhöles för vinterperioden och var $0,41$ (1h medelvärden plottning) respektive $0,42$ (4h medelvärden plottning) för sovrum 11.



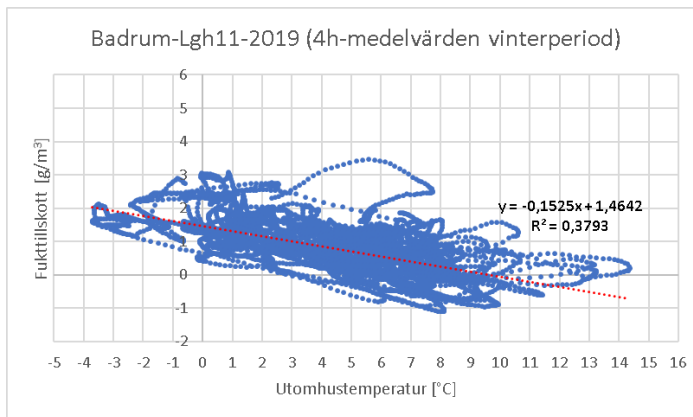
Figur 30. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar endast vinterperioden där 1h medelvärden använts.



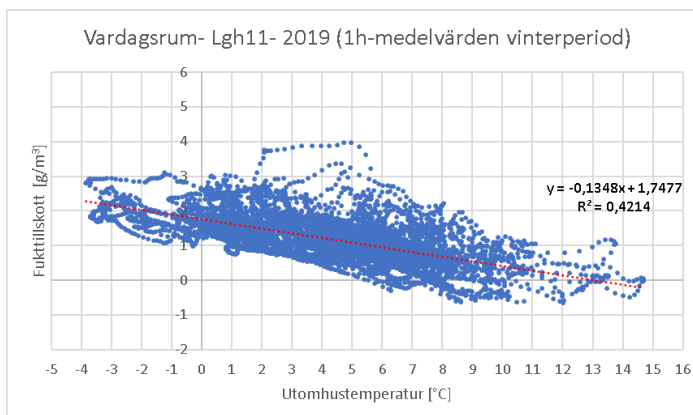
Figur 31. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för sovrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar endast vinterperioden där 4h medelvärden använts.



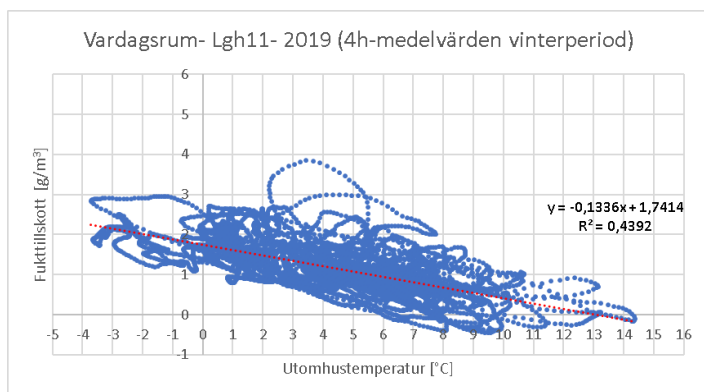
Figur 32. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för badrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar endast vinterperioden där 1h medelvärden använts.



Figur 33. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för badrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar endast vinterperioden där 4h medelvärden använts.



Figur 34. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för vardagsrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar endast vinterperioden där 1h medelvärden använts.



Figur 35. Fukttillskott inomhus som funktion av utomhustemperaturen, för vardagsrum 11 år 2019. Plottade värden omfattar endast vinterperioden där 4h medelvärden använts.

Sammanställning av linjära regressionssamband och korrelationskoefficienter

Tabell 11. Linjära regressionssamband och korrelationskoefficienter utifrån 15 minuters mätvärden för hela mätperioden år 2019.

År 2019 (hela mätperiod)		
Rum	15 min värden	
	Linjär regressions-ekvation	Korrelationskoefficient, R^2
Sovrum 1	$-0,12x + 1,88$	0,59
Sovrum 2	$-0,11x + 1,48$	0,47
Sovrum 3	$-0,11x + 1,96$	0,37
Sovrum 4	$-0,07x + 0,79$	0,37
Sovrum 5	$-0,17x + 2,21$	0,45
Sovrum 7	$-0,15x + 2,97$	0,51
Sovrum 8	$-0,09x + 0,95$	0,49
Sovrum 9	$-0,17x + 2,06$	0,47
Sovrum 11	$-0,12x + 1,98$	0,53
Sovrum 12	$-0,10x + 1,69$	0,43

Tabell 12. Linjära regressionssamband och korrelationskoefficienter utifrån 1-timmens respektive 4-timmars medelvärden för hela mätperioden år 2019.

År 2019 (hela mätperiod)				
Rum	1h medelvärden		4h medelvärden	
	Linjär regressions-ekvation	Korrelationskoefficient, R^2	Linjär regressions-ekvation	Korrelationskoefficient, R^2
Sovrum 12	$-0,10x + 1,69$	0,44	$-0,10x + 1,70$	0,48

Tabell 13. Linjära regressions samband och korrelationskoefficienter utifrån 1-timmars respektive 4-timmars medelvärden för vinterperioden år 2019.

År 2019 (vinterperiod)				
Rum	1h medelvärden		4h medelvärden	
	Linjär regressions- ekvation	Korrelations- koefficient, R ²	Linjär regressions- ekvation	Korrelations- koefficient, R ²
Sovrum 11	-0,15x + 2,03	0,41	-0,15x + 2,02	0,43
Vardagsrum 11	-0,13x + 1,75	0,42	-0,13x + 1,74	0,44
Badrum 11	-0,15x + 1,46	0,36	-0,15x + 1,46	0,38

4.2.3 Varaktighetsdiagram

De framtagna varaktighetsdiagrammen för fukttillskott över mätperioden för respektive år visas i figur 36-54 för sovrum, badrum och vardagsrum. För sovrum presenteras först ett diagram med alla sovrum från år 2017. Sedan visas samma diagram i större skala. Proceduren upprepas sedan för sovrummen år 2018 och 2019. Upplägget upprepas därefter för badrum och vardagsrum. Varaktigheten av förekommande fukttillskotts nivåer har dessutom studerats för alla sovrum under vinterperioden år 2017, fram till och med den 31 mars, vilket visas i figur 42.

På y-axeln anges fukttillskott i g/m³, och på x-axeln anges percentil 0-100% som andel av mätperiod. Det innebär att en avläsning för exempelvis fukttillskotts nivå 3 g/m³ skall tolkas som "Fukttillskotts nivå 3 g/m³ understigs under x% av mätperioden" för det rum som avläsningen gäller. På motsvarande vis erhålls varaktigheten för när en specifik nivå av fukttillskott överstigs. Detta genom subtraktionen (100-x)%, vilket för samma exempel tolkas som "Fukttillskotts nivå 3 g/m³ överstigs under (100-x)% av mätperioden". Värden som här återges som diagramavläsningar är i själva verket exakta värden som inhämtats direkt från beräkningarna i Excel.

Sovrum

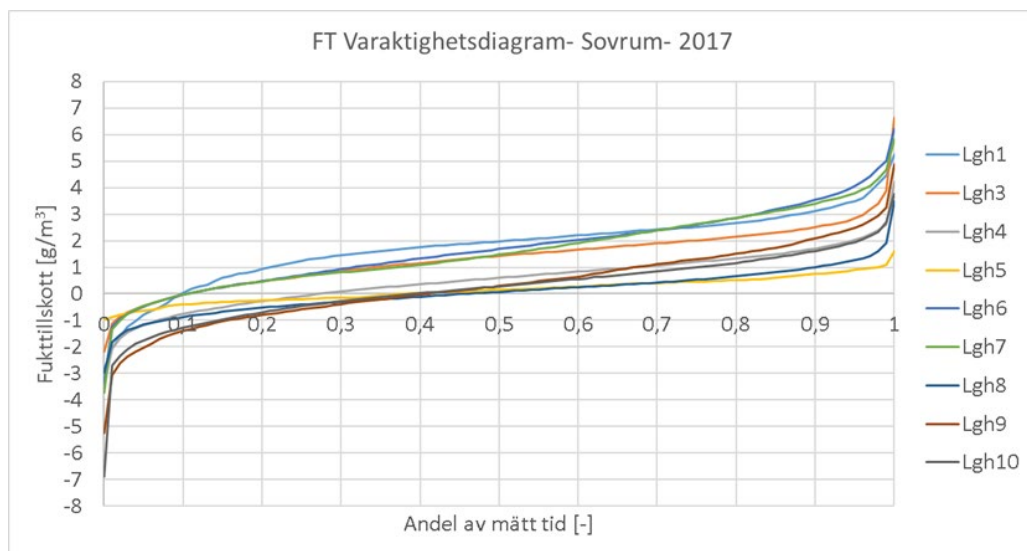
Lägenheterna vars sovrum under år 2017 oftast haft fukttillskott som överstigit värdet 3 g/m³ är lgh 1, lgh 6 samt lgh 7. För lgh 1 var fukttillskottet under 3 g/m³ ungefär 87% av mätperioden (87:e percentilen). Motsvarande andel för lgh 6 och lgh 7 var 82%. Detta innebär att sovrummet i lgh 1 har under 13% av mätperioden haft fukttillskotts nivåer som legat över 3g/m³. För lgh 6 och lgh 7 är motsvarande andel 18%, se figur 36-37.

Under år 2018 har sovrummet i lgh 7 under ca 79% av mätperioden (79:e percentilen) haft fukttillskotts nivåer som understigit 3 g/m³. Det innebär att sovrum 7 har under 21% av mätperioden haft fukttillskotts nivåer som överstigit 3 g/m³. För resterande lägenheters sovrum har motsvarande andel varierat mellan 1-7%, vilket kan ses i figur 38-39.

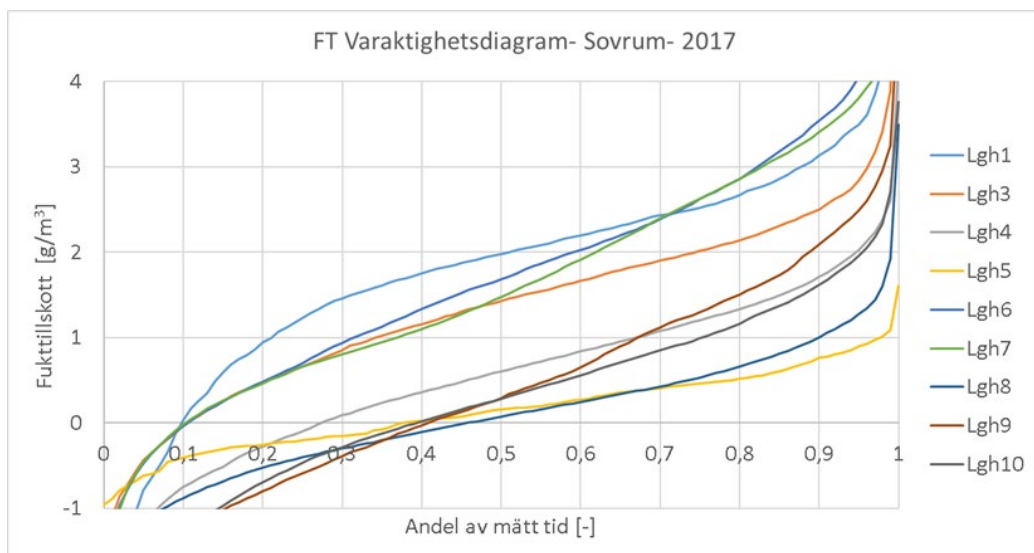
Översta kurvan i figurer 40-41 representerar sovrummet i lgh 7 för år 2019, och avläsning på x-axeln ger att under 92% av mätningstiden (92:e percentilen) har fukttillskotts nivåer som understigit 3g/m³ förelegat. Det innebär att 8% av mätningstiden har haft fukttillskotts nivåer som varit större än 3g/m³. Motsvarande andel för resterande

undersökta sovrum under år 2019 är mellan 1-2%, vilket gör att sovrum 7 sticker ut bland de resterande sovrummen.

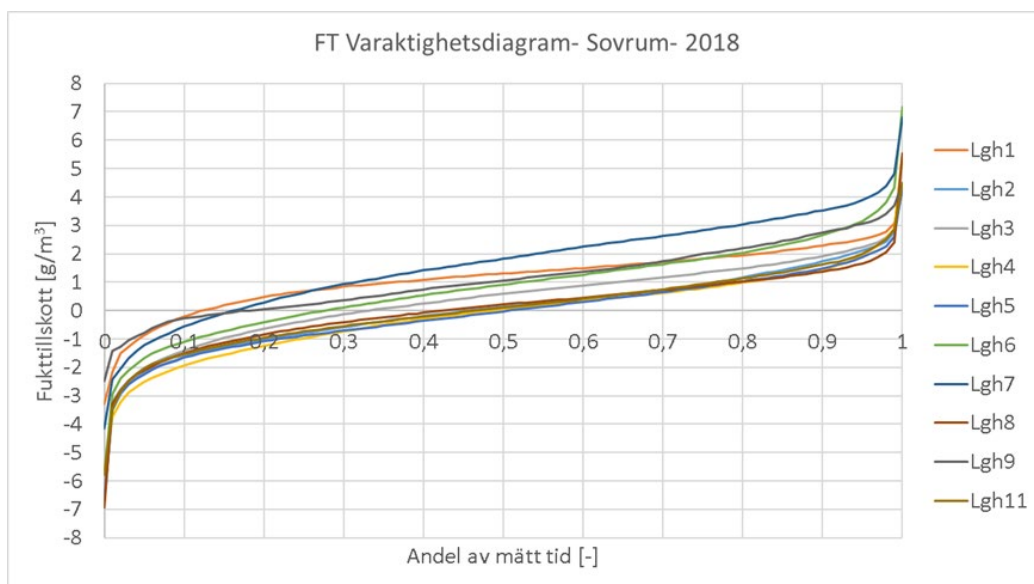
Sovrummen i lägenheterna studeras även med avseende på hur ofta fukttillskotts-nivån 3 g/m^3 understigs under enbart vinterförhållanden, se figur 42. Vinterperiod definieras här som starten av det innevarande året och pågår fram till slutet av mars. Därefter bedöms vädret vara sådant där fönster möjligen öppnas mer för vädring, varför vinterperioden begränsats till den 31 mars. I 7 av de totalt 9 studerade sovrummen år 2017 var fukttillskotts-nivån lägre än 3 g/m^3 under majoriteten av tiden ($> 85\%$), såväl för hela mätperioden som för vinterperioden det aktuella året. Varaktigheter med fukttillskott lägre än 3 g/m^3 har för varje sovrum jämförts för fallet då hela mätperioden år 2017 studerats respektive när enbart vinterperioden år 2017 studerats. Därigenom kan det konstateras att det i båda fallen är 7 av 9 sovrum som understiger fukttillskotts-nivån 3 g/m^3 , både för hela mätperioden år 2017 respektive för enbart vinterperioden år 2017. Exakt avlästa varaktigheter som erhållits vid denna jämförelse presenteras i tabell 14.



Figur 36. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017.

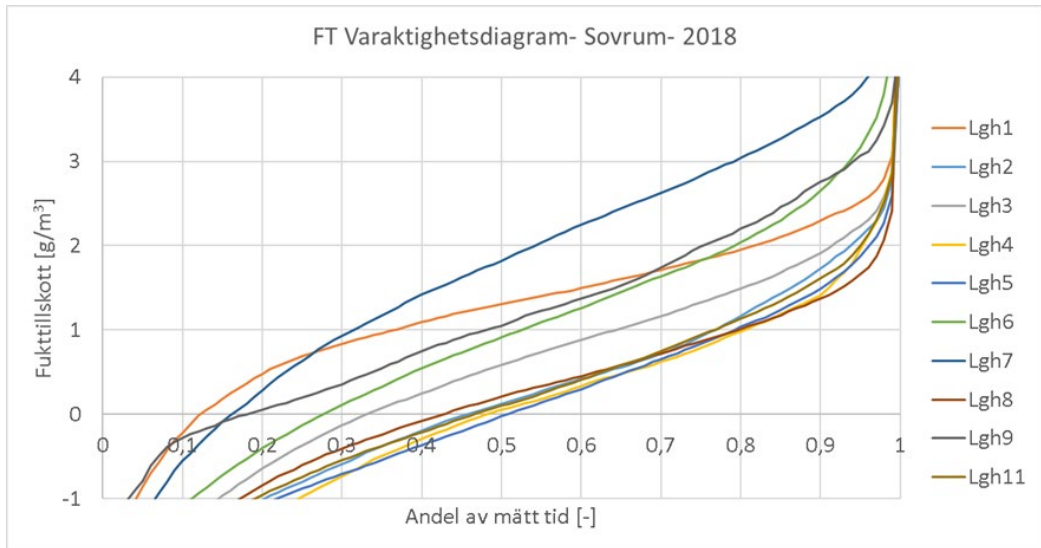


Figur 37. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och 4 g/m^3 .

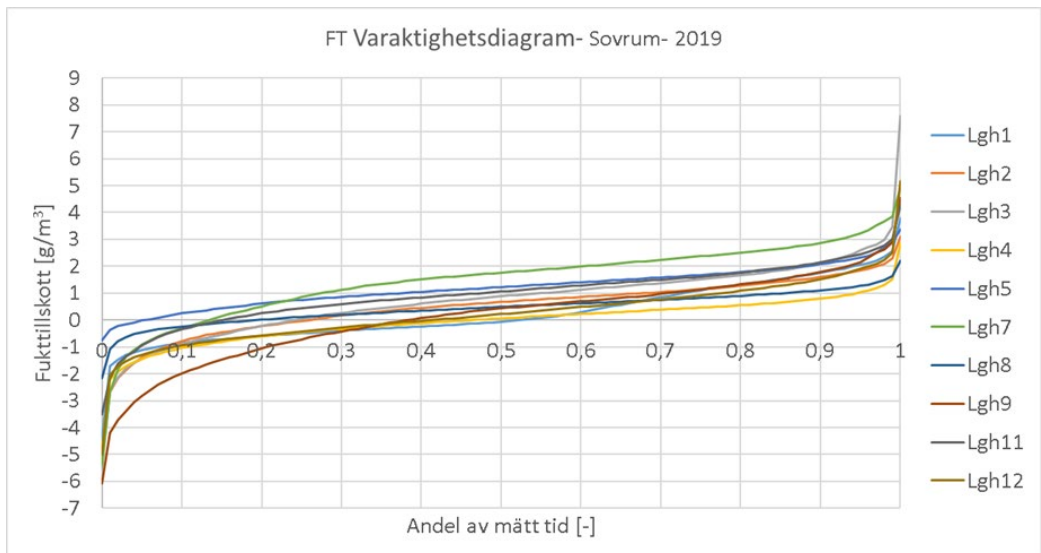


Figur 38. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018.

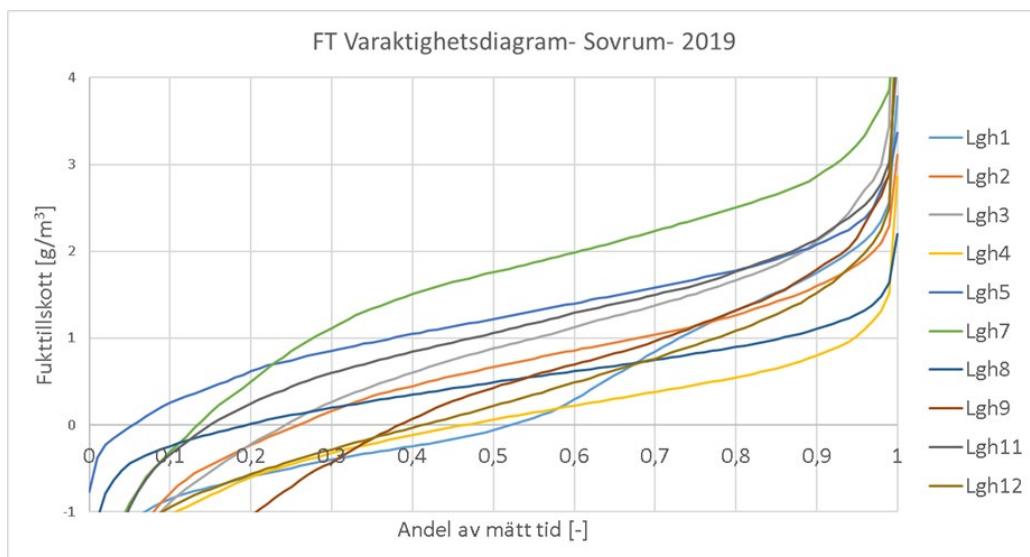
Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter



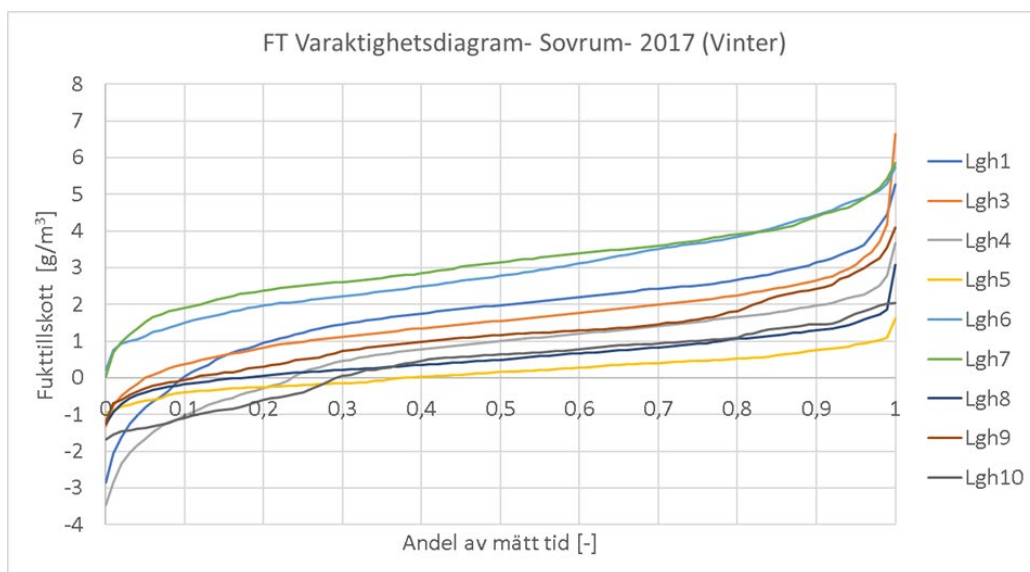
Figur 39. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och $4 \text{ g}/\text{m}^3$.



Figur 40. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019.



Figur 41. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och 4 g/m³.



Figur 42. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser enbart vinterperioden under år 2017.

Tabell 14. En jämförelse mellan hur ofta fukttillskottsnivån 3 g/m^3 understigs i respektive sovrum under år 2017 för hela mätperioden respektive för enbart vinterperiod.

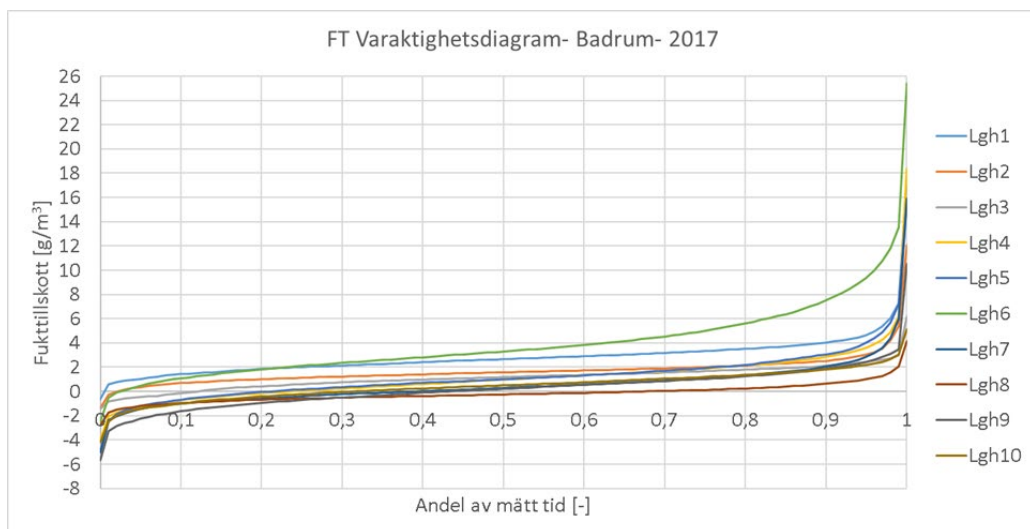
Andel av tid där fukttillskottsnivån $< 3 \text{ g/m}^3$ [%]		
Rum	År 2017	
	Hela mätperioden	Enbart vinterperiod
Sovrum 1	87	87
Sovrum 3	96	94
Sovrum 4	99	99
Sovrum 5	100	100
Sovrum 6	82	56
Sovrum 7	82	44
Sovrum 8	99	99
Sovrum 9	98	96
Sovrum 10	99	100

Badrum

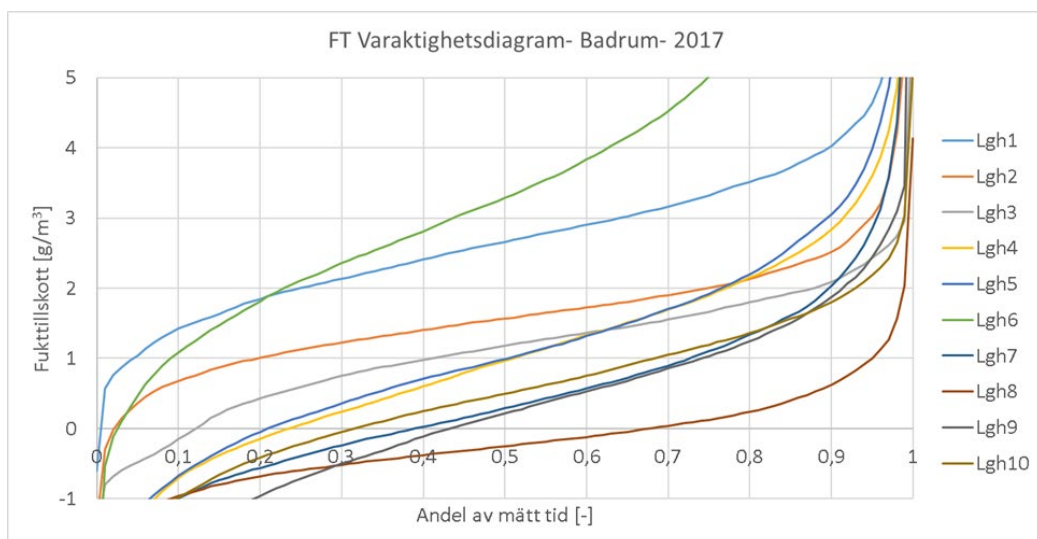
Av figur 43-44 framgår att badrum 6 under 43% av mätperioden (43:e percentilen) för år 2017 har haft nivåer av fukttillskott som varit under 3 g/m^3 , vilket innebär att det under 57% av mätperioden har varit fukttillskottsnivåer som överstigit 3 g/m^3 . För badrum 1 och badrum 5 överskreds fukttillskottsnivån 3 g/m^3 i under 46% respektive 11% av respektive mätperiod år 2017. Resterande undersökta badrum under samma år har haft fukttillskottsnivåer över 3 g/m^3 under motsvarande 1-9% av mätperioden.

Undersökta badrum i lgh 6 och lgh 7 har för år 2018 haft en förhållandevis längre varaktighet av höga fukttillskottsnivåer än vad resterande undersökta badrum har påvisat, vilket framgår från figur 45-46. För badrum 6 har 88% av mätperioden (88:e percentilen) haft fukttillskottsnivåer som varit lägre än 3 g/m^3 , vilket innebär att det under 12% av tiden förekommit nivåer av fukttillskott som överstigit 3 g/m^3 . I badrum 7 har det beräknade fukttillskottet legat på nivåer lägre än 3 g/m^3 för 75% av mätperioden, vilket innebär att 25% av tiden har haft nivåer av fukttillskott som överstigit 3 g/m^3 . För de resterande badrummen i de undersökta lägenheterna har fukttillskott med nivåer lägre än 3 g/m^3 varat mellan 1-9% av mätperioden för år 2018.

Under år 2019 har det beräknade fukttillskottet i de undersökta badrummen varit lägre än 3 g/m^3 under 91-99% av mätperioden, se figur 47-48. Det innebär att fukttillskottsnivån 3 g/m^3 överstigits under 1-9% av tiden. I badrum 3 observeras den förhållandevis längsta varaktigheten för fukttillskottsnivåer som överstigit 3 g/m^3 under mätperioden, vilken varade under 9% av tiden.

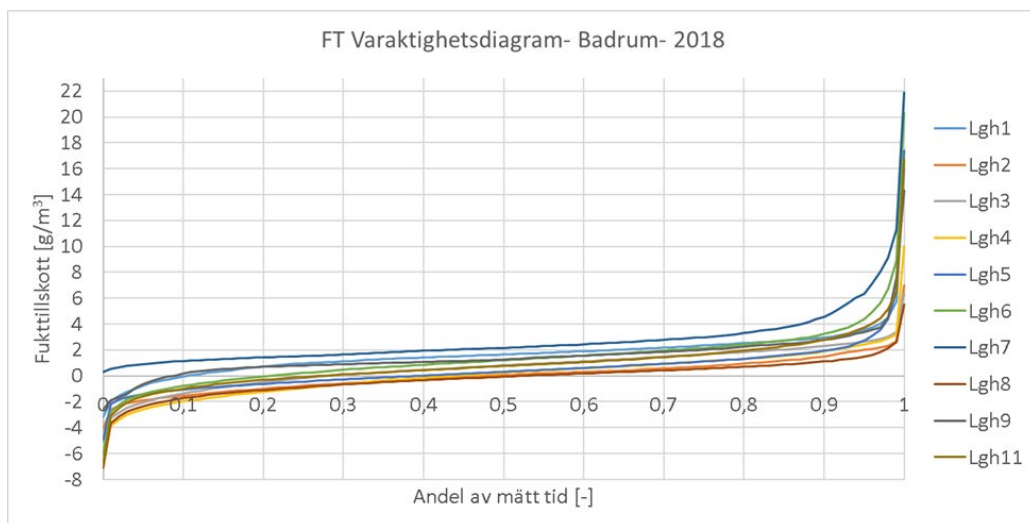


Figur 43. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive badrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017.

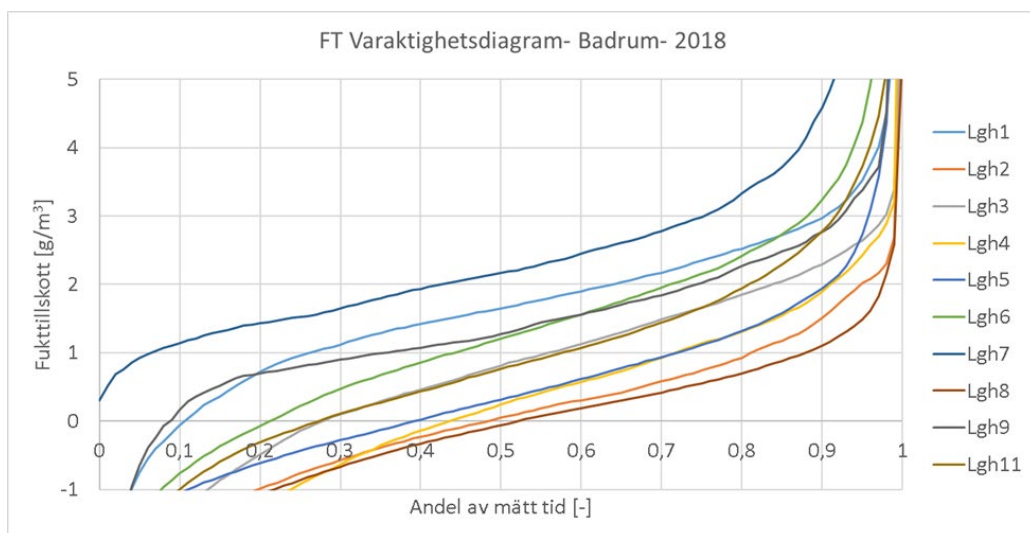


Figur 44. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive badrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och $5 \text{ g}/\text{m}^3$.

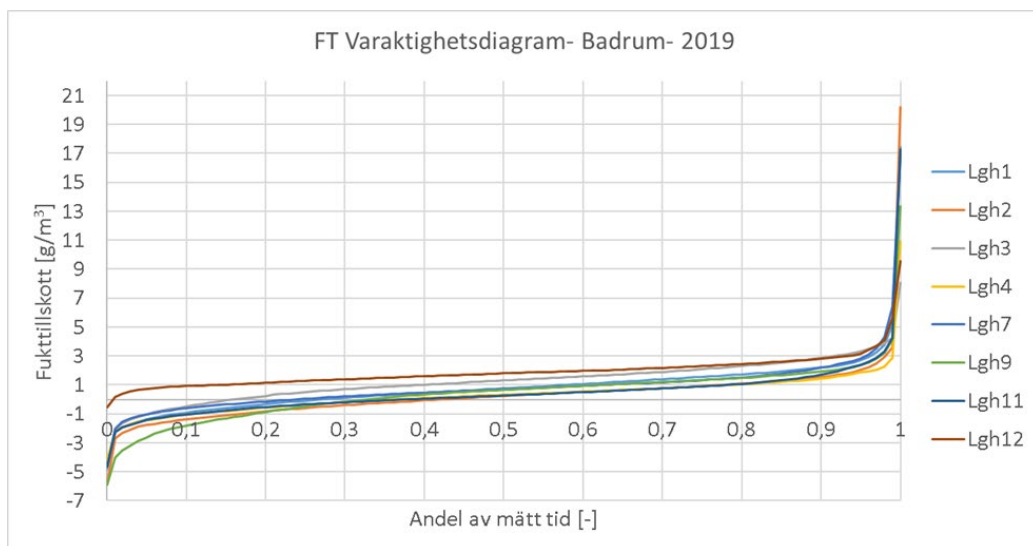
Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter



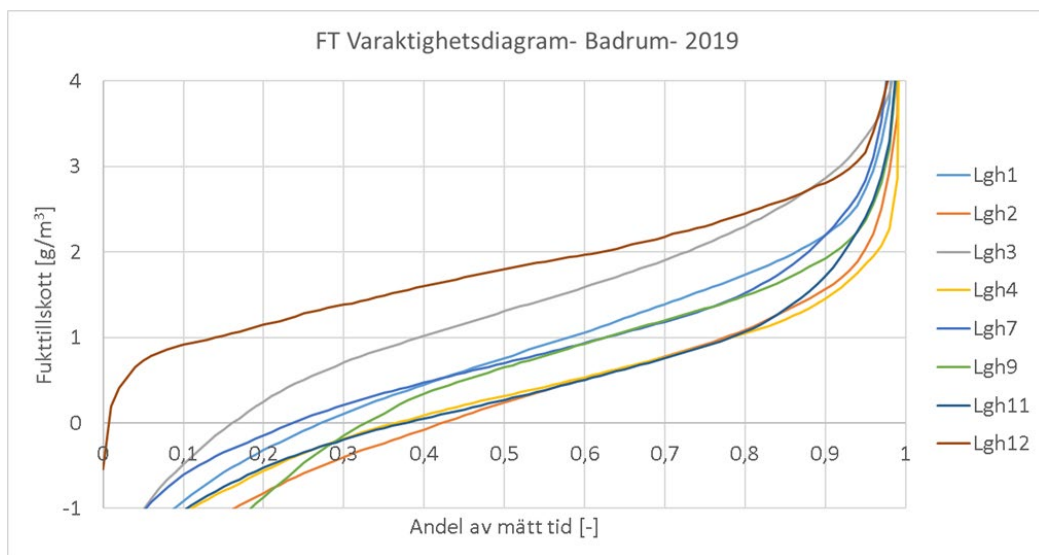
Figur 45. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive badrum kan avläsas som andel av mättid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018.



Figur 46. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive badrum kan avläsas som andel av mättid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och $5 \text{ g}/\text{m}^3$.



Figur 47. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive badrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019.



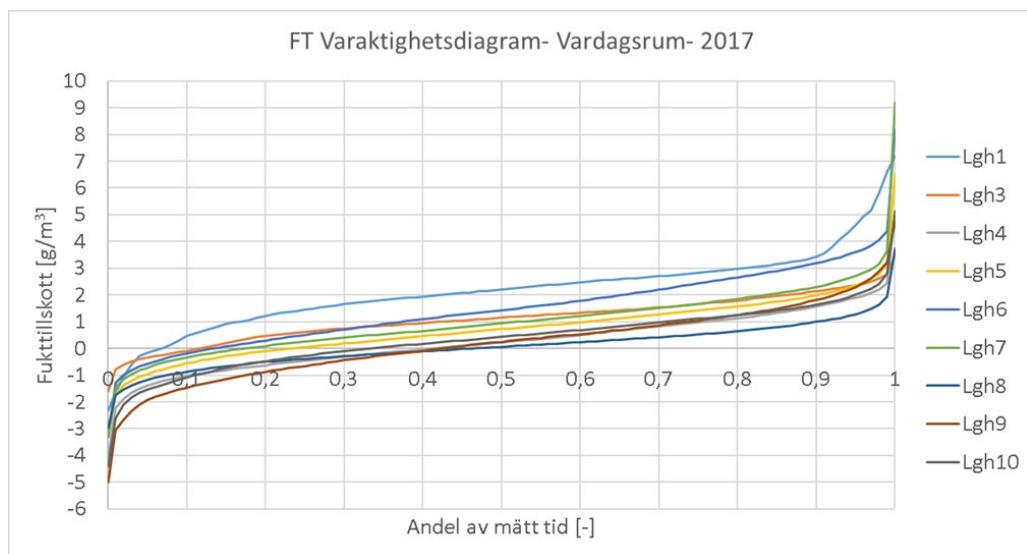
Figur 48. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive badrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och $4 \text{ g}/\text{m}^3$.

Vardagsrum

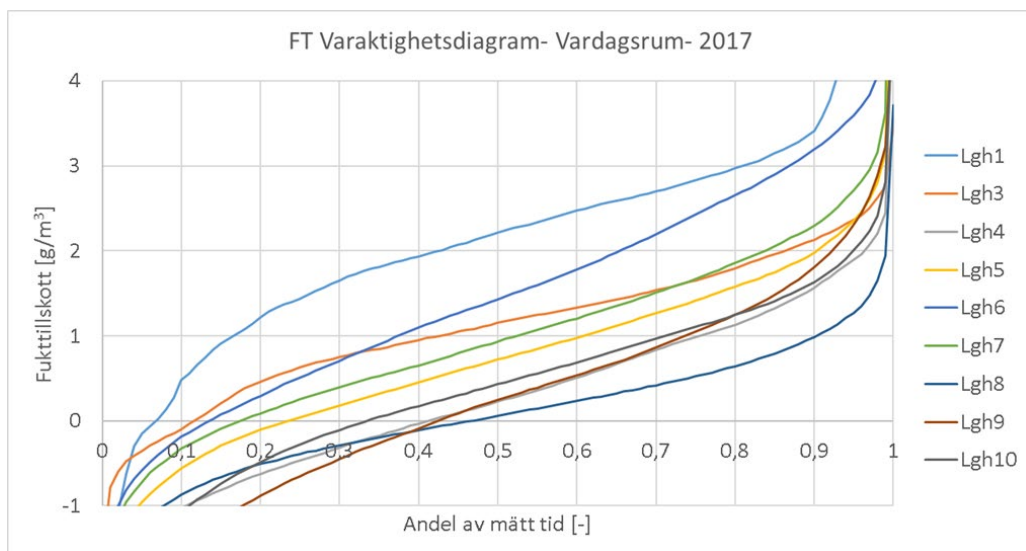
Vid studerande av fukttillskott i vardagsrum under år 2017 var vardagsrum 1 och vardagsrum 6 de där längsta varaktigheter av höga fukttillskotts nivåer förekommit. För vardagsrum 1 kan ur figur 49-50 avläsas att det under 81% av den mätta tiden har varit fukttillskotts nivåer som understigit 3 g/m^3 . Detta innebär att det under 19% av tiden har varit fukttillskotts nivåer som överstigit 3 g/m^3 i lgh 1. För lgh 6 avläses att fukttillskotts nivån 3 g/m^3 har understigits under 86% av mättningsperioden, vilket innebär att 14% av mättningsperioden haft nivåer av fukttillskott som varit större än 3 g/m^3 . I de resterande vardagsrummen har fukttillskotts nivåerna varit lägre än 3 g/m^3 under 97-99% av mättningsperioden för år 2017.

År 2018 har fukttillskotts nivån 3 g/m^3 har understigits för 94-99% av mättningsperioden i de undersökta vardagsrummen, se figur 51-52. Det innebär att fukttillskott över värdet 3 g/m^3 har varit aktuellt i 1-6% av mätperioderna för respektive vardagsrum. Lägenheterna med förhållandevis högre nivåer av fukttillskott i vardagsrum under år 2018 är lgh 1 och lgh 6, där 6% av mättningsperioden har haft nivåer av fukttillskott som varit större än 3 g/m^3 .

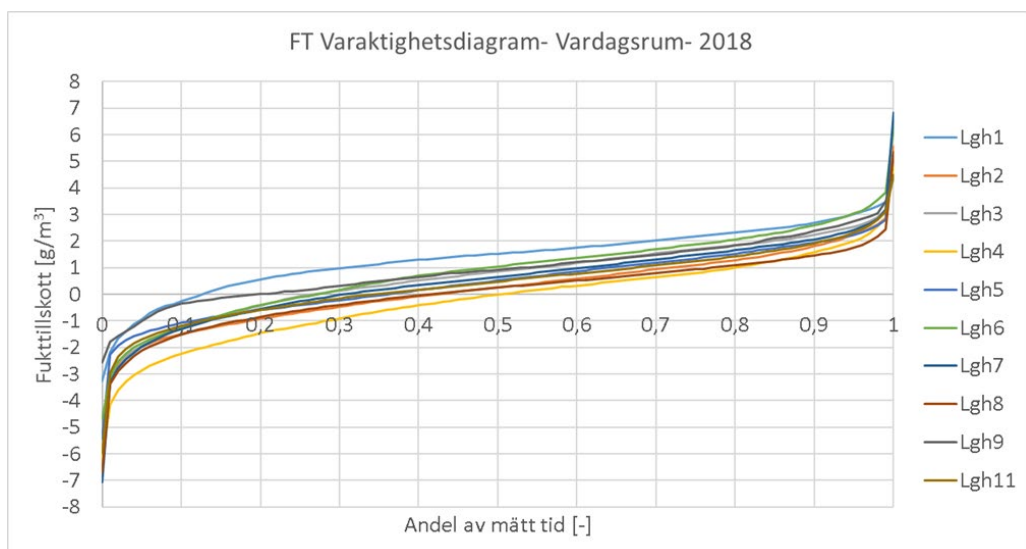
De vardagsrum som undersökts år 2019 har haft fukttillskotts nivåer som varit lägre än 3 g/m^3 under 94-99% av mätperioden, se figur 53-54. Detta innebär att fukttillskotts nivåer som överstiger 3 g/m^3 varit förekommande under mellan 1-6% av den undersökta mätperioden. För vardagsrum 3 har det under 94% av den mätta tiden förekommit nivåer av fukttillskott som understiger 3 g/m^3 , vilket således innebär att 6% av den mätta tiden haft nivåer av fukttillskott som varit högre än 3 g/m^3 .



Figur 49. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017.

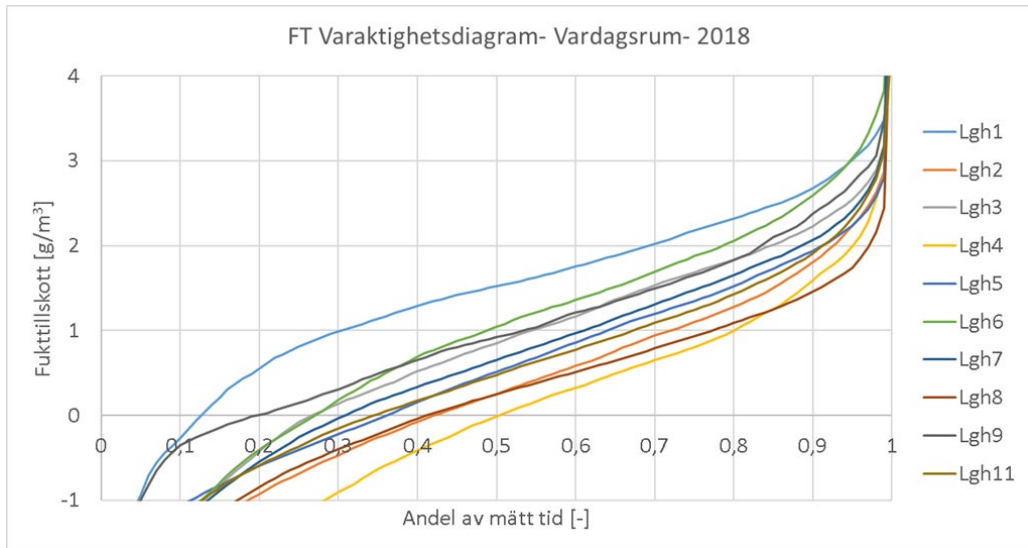


Figur 50. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och 4 g/m^3 .

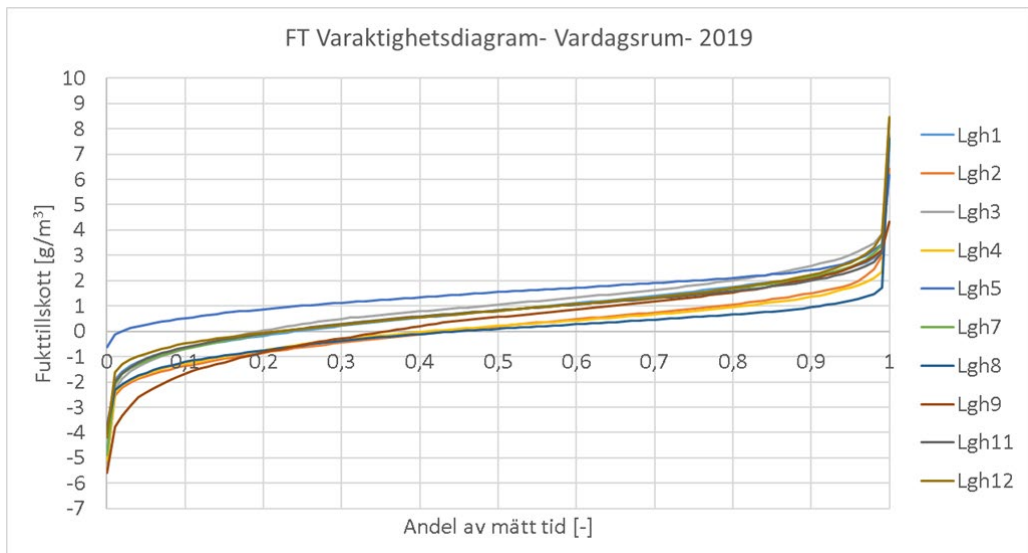


Figur 51. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018.

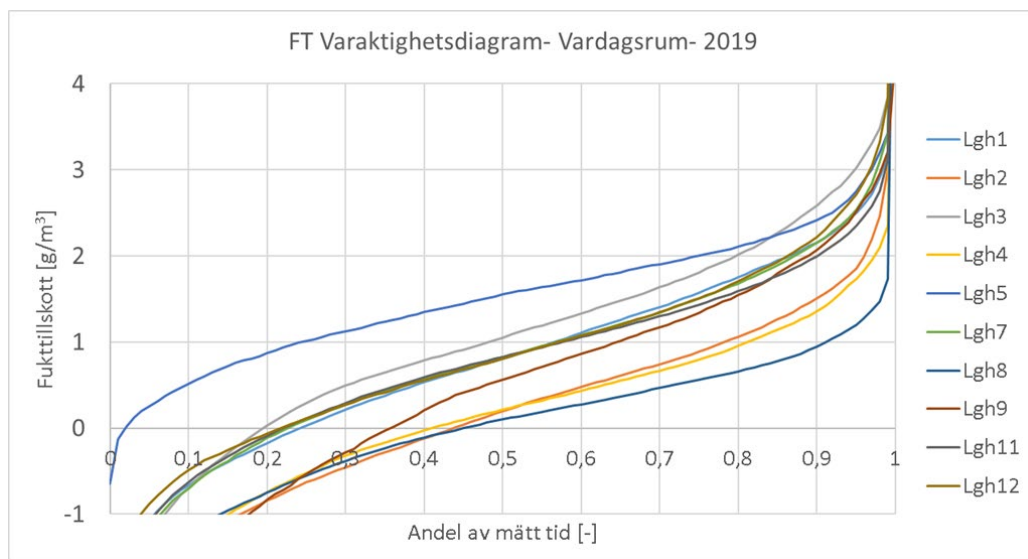
Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter



Figur 52. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och $4 \text{ g}/\text{m}^3$.



Figur 53. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019.



Figur 54. Varaktigheten för olika nivåer av fukttillskott i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019. På y-axeln visas fukttillskott för värden mellan -1 och 4 g/m³.

4.3 Relativ fuktighet inomhus

Relativ fuktighet inomhus har mätts i sovrum, badrum och vardagsrum för åren 2017, 2018 och 2019. Mätperioderna för respektive år framgår utifrån tabell 2. Medelvärde och standardavvikelse har beräknats för respektive lägenhet, och presenteras årsvis i tabell 15 för samtliga sovrum, i tabell 16 för samtliga badrum och i tabell 17 för samtliga vardagsrum. De rum som inte studerats är markerade med kryss.

För samtliga studerade rum under åren 2017, 2018 och 2019 har varaktighetsdiagram tagits fram där varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet kan avläsas på x-axeln som procentuell andel av hela mätperioden under det aktuella året. Dessa presenteras i figurerna 55-63. På y-axeln anges uppmätt relativ fuktighet inomhus i %, och på x-axeln anges percentil 0-100% som andel av mätperiod. Det innebär att en avläsning för exempelvis relativa fuktigheten 30% skall tolkas som ”Relativ fuktighet 30% RF understigs under x% av mätperioden” för det rum som avläsningen gäller. På motsvarande vis erhålls varaktigheten för när en specifik nivå av relativ fuktighet överstigs. Detta genom subtraktionen (100-x)%, vilket för samma exempel tolkas som ”Relativ fuktighet 30 % RF överstigs under (100-x)% av mätperioden”. Värden som här återges som diagramavläsningar är i själva verket exakta värden som inhämtats direkt från beräkningarna i Excel.

Medelvärde och standardavvikelse för hela mätperioden

För de undersökta sovrummen under mätperioden år 2017 har medelvärden för relativ fuktighet inomhus i sovrum varierat mellan ca 30-47% RF. Under år 2018 och 2019 varierade RF-medelvärden i de olika undersökta sovrummen mellan 29-49% RF respektive 32-48% RF, se tabell 15.

År 2017 var det lägsta beräknade medelvärdet av relativ fuktighet för badrum ca 28% RF, medan det högsta medelvärdet under samma år var ca 61% och gäller för badrum 6. År 2018 varierade RF-medelvärdet av de undersökta badrummen mellan 25-46% RF, och för år 2019 var variationen i medelvärden mellan 30-43% RF. Se tabell 16.

I de undersökta vardagsrummen år 2017 varierade medelvärdet av uppmätt relativ fuktighet inomhus mellan 29,9% RF som lägst och 48% RF som högst. Under år 2018 var det lägsta medelvärdet av uppmätta relativa fuktighetsnivåer under mätperioden 23% RF, medan det högsta RF-medelvärdet var 42% RF. För år 2019 var den motsvarande variationen av RF-medelvärden för undersökta vardagsrum inom intervallet 32-44% RF, se tabell 17.

En samlad bedömning av de erhållna medelvärdena för relativ fuktighet inomhus är att det generellt sett, bortsett från enskilda rum och år, legat inom det ungefärliga intervallet 30-50 % RF. Undantag är medelvärdet 23% RF i vardagsrum 2 år 2018 samt 61% RF i badrum 6 år 2017. Även badrum 7 hade år 2018 lågt medelvärde för relativ fuktighet, vilket var 25% RF.

Tabell 15. Medelvärde och standardavvikelse av relativ fuktighet under hela mätperioden för respektive sovrum och år.

SOVRUM Relativ fuktighet [%]						
	2017		2018		2019	
	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.
lgh 1	35,3	4,2	35,1	6,8	48,4	15,3
lgh 2			48,6	7,7	39,2	7,7
lgh 3	32,1	4,7	40,4	11,3	41,9	12,8
lgh 4	40,6	9,4	39,0	7,9	38,8	9,3
lgh 5	29,9	2,5	44,6	9,6	32,5	3,7
lgh 6	46,8	9,3	44,9	9,3		
lgh 7	47,8	8,6	38,3	7,5	37,5	8,6
lgh 8	43,1	11,9	41,3	11,9	29,5	5,0
lgh 9	34,4	6,4	28,5	4,9	36,2	8,2
lgh 10	45,7	11,6				
lgh 11			42,7	7,8	37,8	8,1
lgh 12					46,1	12,7

Fukttillskott i mekaniskt frånluftsventilerade lägenheter

Tabell 16. Medelvärde och standardavvikelse av relativ fuktighet under hela mätperioden för respektive badrum och år.

BADRUM Relativ fuktighet [%]						
	2017		2018		2019	
	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.
lgh 1	37,8	6,4	34,3	8,0	42,1	10,3
lgh 2	34,4	5,9	34,2	8,3	41,1	9,1
lgh 3	28,3	5,0	35,0	10,6	42,6	12,7
lgh 4	45,7	12,9	35,2	8,5	41,2	10,6
lgh 5	48,7	15,6	43,8	11,0		
lgh 6	60,8	14,0	44,3	9,7		
lgh 7	48,2	14,1	25,3	8,5	41,0	13,4
lgh 8	46,4	14,7	42,3	12,9		
lgh 9	44,2	9,6	27,8	5,9	34,6	9,4
lgh 10	47,5	13,7				
lgh 11			46,3	10,3	41,6	12,5
lgh 12					30,2	4,5

Tabell 17. Medelvärde och standardavvikelse av relativ fuktighet under hela mätperioden för respektive vardagsrum och år.

VARDAGSRUM Relativ fuktighet [%]						
	2017		2018		2019	
	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.	Medel	Stdavv.
lgh 1	35,9	5,6	32,7	6,4	43,4	10,3
lgh 2			23,1	2,0	40,6	8,6
lgh 3	29,9	4,4	35,6	9,8	42,4	12,6
lgh 4	42,1	11,4	36,2	6,5	41,6	10,0
lgh 5	44,0	13,8	41,6	9,8	31,8	3,7
lgh 6	47,1	9,4	36,2	6,5		
lgh 7	48,0	12,1	23,5	1,5	39,0	11,1
lgh 8	43,5	12,2	42,3	11,9	41,6	14,5
lgh 9	42,7	8,8	27,3	4,4	36,7	8,5
lgh 10	46,6	12,5				
lgh 11			41,1	7,8	42,9	10,1
lgh 12					43,8	10,3

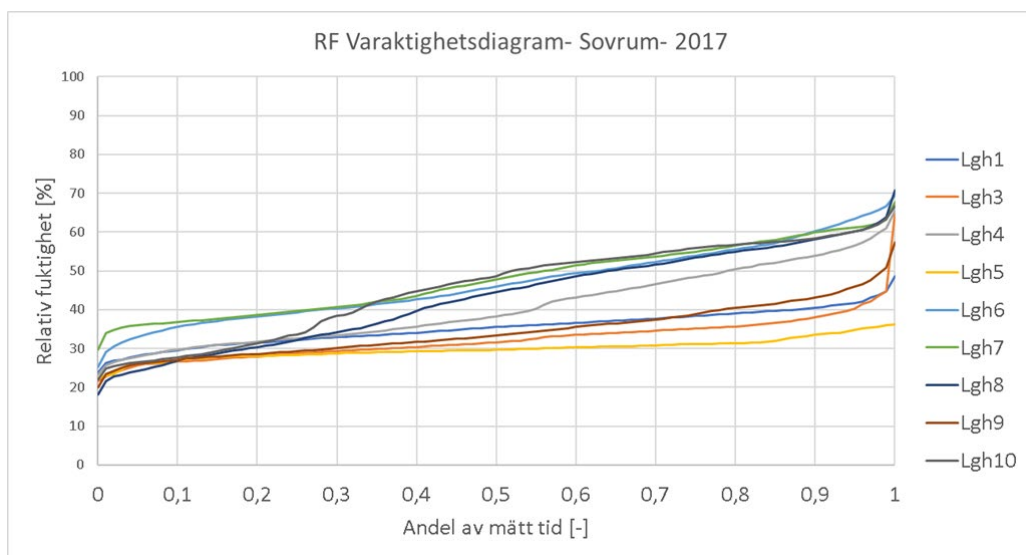
Sovrum

Låga nivåer av relativ fuktighet har ofta varit förekommande i sovrum 3, sovrum 5 och sovrum 9 under år 2017. För sovrummet 3 kan avläsas utifrån figur 55 att det under ca 36% av mätperioden varit nivåer av relativa fuktigheter som är lägre än 30% RF. För sovrum 5 är den motsvarande nivån 55%, vilket innebär att det under 55% av mätperioden har varit nivåer av relativ fuktighet i sovrummet som varit lägre än 30% RF. För sovrum 9 kan avläsas att RF-nivåer lägre än 30% RF har förekommit i 29% av mätperioden för år 2017. Relativ fuktighet större än 55% RF har som längst varit aktuellt i 28 % av mätperioden för sovrum 10, och 24% av mätperioden i sovrum 7.

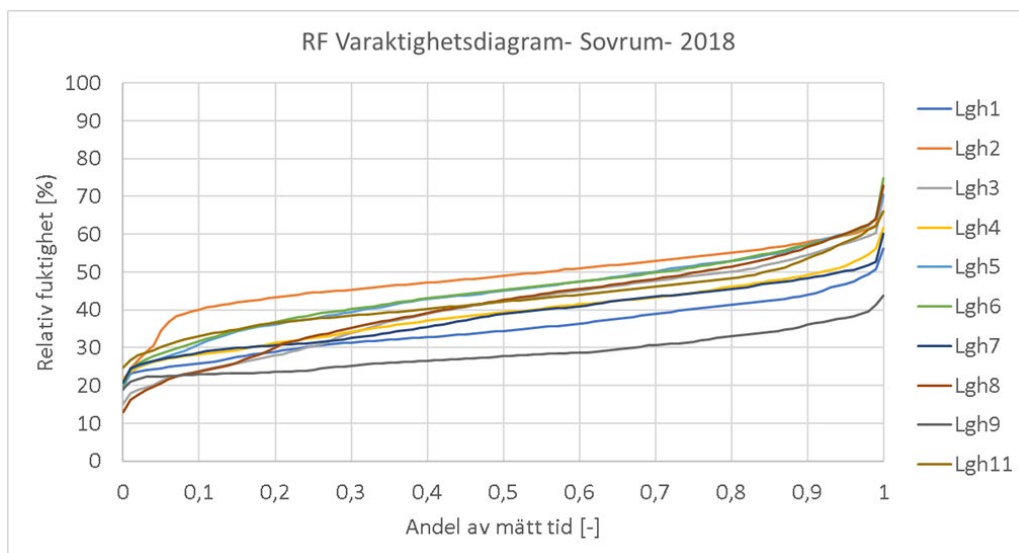
Lång varighet av relativ fuktighet med nivåer lägre än 30% RF kan noteras särskilt för sovrum 1, sovrum 3, sovrum 8 och sovrum 9 under år 2018. För sovrum 9 kan från diagrammet i figur 56 avläsas att ca 66% av mätperioden har haft fuktighet som varit lägre än 30% RF. För sovrum 1 och sovrum 3 har 23% respektive 24% av mättiden haft nivåer av relativ fuktighet som varit lägre än 30% RF, och för sovrum 8 uppgår

motsvarande varaktighet till 19% av mättiden. För resterande undersökta sovrum under år 2018 har nivåer av relativ fuktighet lägre än 30% RF varat under mellan 3-16% av respektive sovrumets mätperiod. Relativ fuktighet högre än 55% RF har varit aktuellt för 20% av mättiden för sovrum 2, och för 14% av mättiden i sovrum 5.

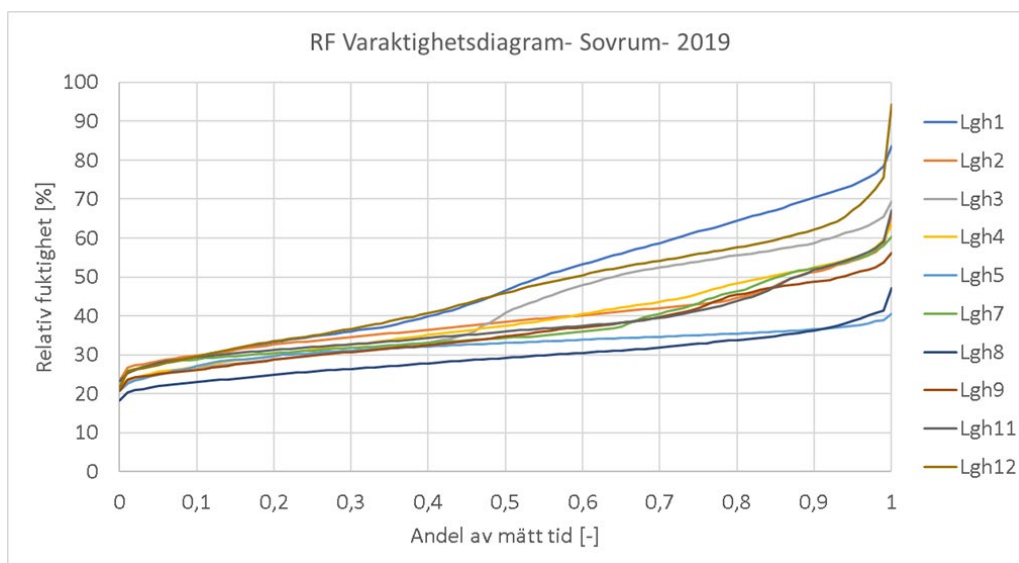
Under år 2019 hade sovrum 3, sovrum 8 och sovrum 9 längst varaktighet av relativ fuktighet lägre än 30% RF. I sovrum 8 har det vid 55% av mätperioden varit nivåer av relativ fuktighet som understiger 30% RF, medan motsvarande varaktighet i sovrum 3 samt sovrum 9 är 25% av mätperioden för respektive sovrum. För resterande undersökta sovrum det aktuella året kan utifrån diagrammet i figur 57 avläsas att nivåer av relativ fuktighet lägre än 30% RF har varat mellan 10-21% av mätperioden för respektive sovrum. Relativ fuktighet inomhus med nivåer högre än 55% RF har varit aktuellt för 27% av mätperioden för sovrum 12, samt för 36% och 21% av mätperioden i sovrum 1 respektive sovrum 3.



Figur 55. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive sovrum kan avläsas som andel av mättid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017.



Figur 56. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018



Figur 57. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive sovrums kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019.

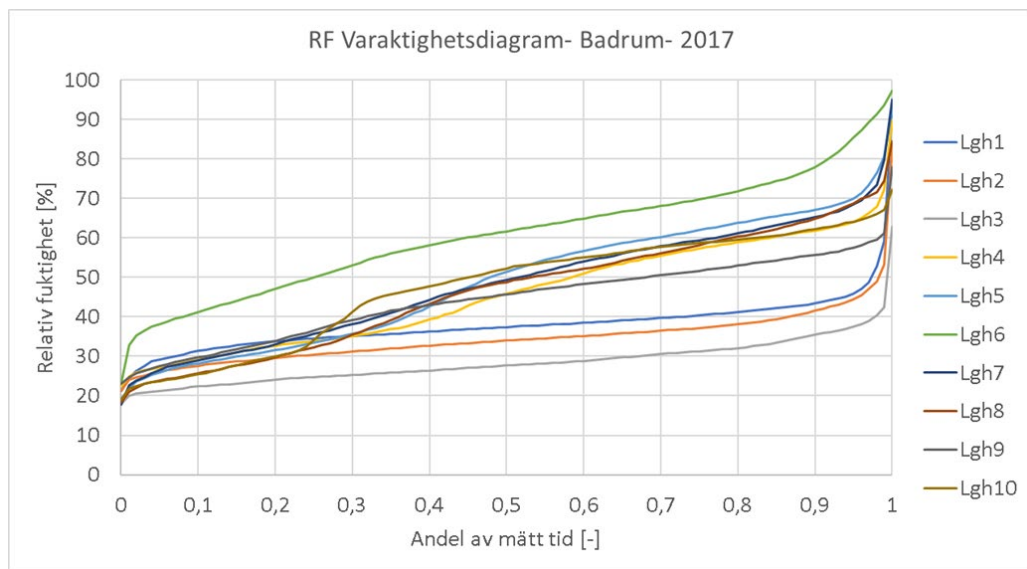
Badrum

Avläsning utifrån figur 58 ger att det under 67% av mätperioden i badrum 3 har varit nivåer av relativ fuktighet som understigit 30% RF år 2017. För badrum 2 och badrum 8 har nivåer av RF lägre än 30% RF varat i 22% respektive 20% av mätperioden. I resterande undersökta badrum under år 2017 understigs nivån 30% RF under mellan 0-20% av mätperioden i respektive badrum. Relativ fuktighet större än 55% RF har varit

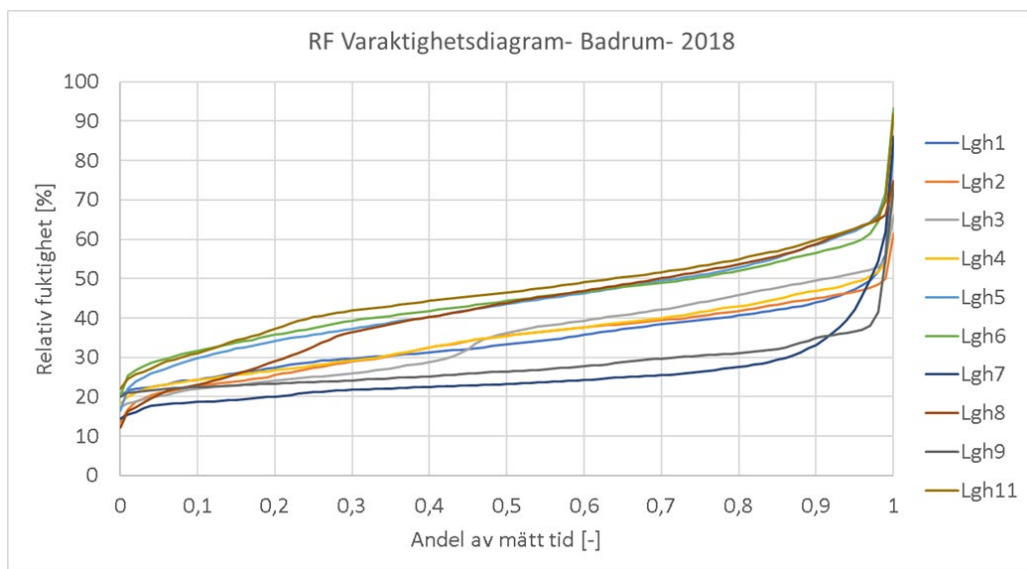
aktuellt för 67% av mätperioden för badrum 6, samt 42% och 40% av mätperioden för badrum 5 respektive badrum 10.

De badrum som under år 2018 haft långa varaktigheter med RF nivåer som understiger 30% RF är badrum 3, badrum 7 och badrum 9. Se figur 59. I badrum 7 har det under 86% av mätperioden varit nivåer av relativ fuktighet som understigit 30% RF. För badrum 9 och badrum 3 var den motsvarande varaktigheten 71% respektive 42% av mätperioden. För resterande undersökta badrum år 2018 har relativ fuktighet med nivåer lägre än 30% RF förekommit under mellan 6-33% av mätperioden. Nivåer av relativ fuktighet som varit större än 55% RF har i badrum 11 förekommit under 19% av mätperioden, samt 16% av mätperioden i badrum 8.

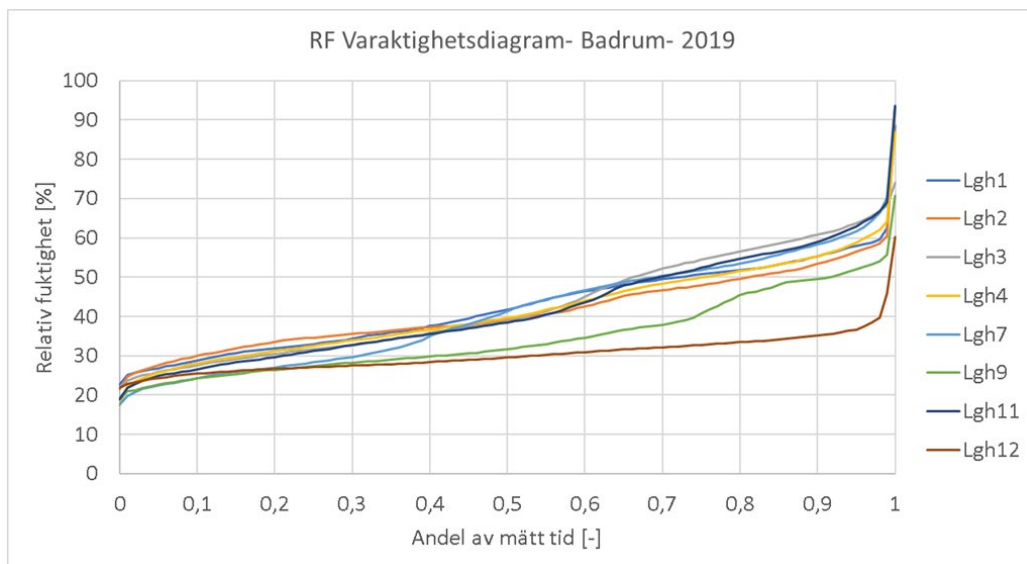
För år 2019 kan de förhållandevis längsta varaktigheterna med relativ fuktighet under 30% RF avläsas för badrum 12, badrum 9 samt badrum 7, se figur 60. I badrum 12 hade 53% av mätperioden nivåer med relativ fuktighet under 30% RF. Motsvarande varaktighet för badrum 9 och badrum 7 var 41% respektive 30% av mätperioden för år 2019. I de resterande undersökta badrummen förekom nivåer av relativ fuktighet lägre än 30% RF under mellan 10-21% av mätperioden. De badrum som under år 2019 haft längst varaktighet av nivåer av relativ fuktighet som överstigit 55% RF är badrum 3 och badrum 11, där det under 23% respektive 19% av mätperioden varit nivåer med relativ fuktighet högre än 55% RF.



Figur 58. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive badrum kan avläsas som andel av mättid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017.



Figur 59. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive badrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018.



Figur 60. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive badrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019.

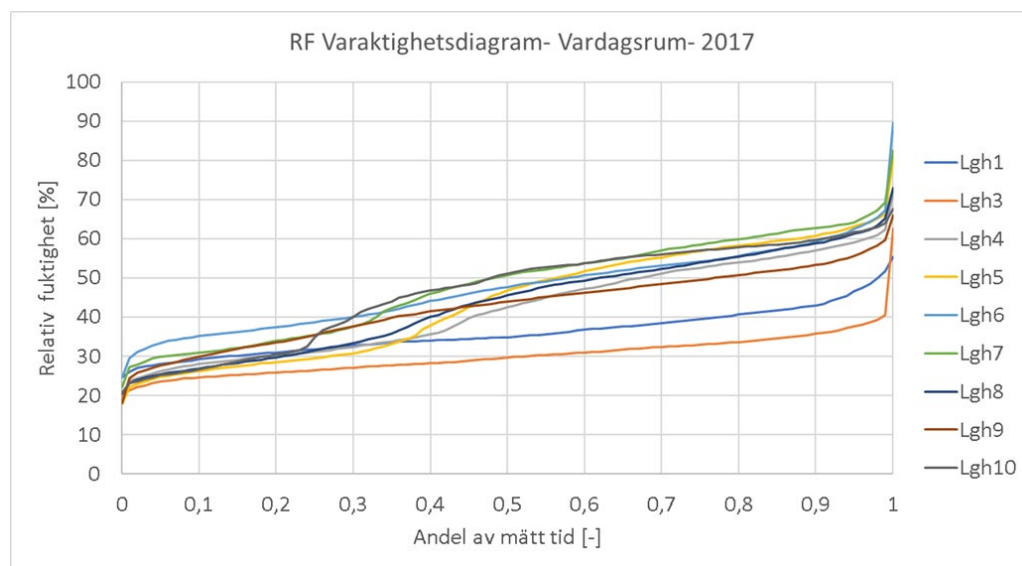
Vardagsrum

År 2017 hade vardagsrum 3, vardagsrum 5 och vardagsrum 8 längst varaktighet av relativ fuktighet lägre än 30% RF. I vardagsrum 3 hade 52% av mätperioden haft uppmätta relativa fuktighetsnivåer som understigit 30% RF, se figur 61. För vardagsrum 5 och vardagsrum 8 var den motsvarande varaktigheten 27% respektive 20% av mätperioden i respektive vardagsrum år 2017. I de resterande undersökta

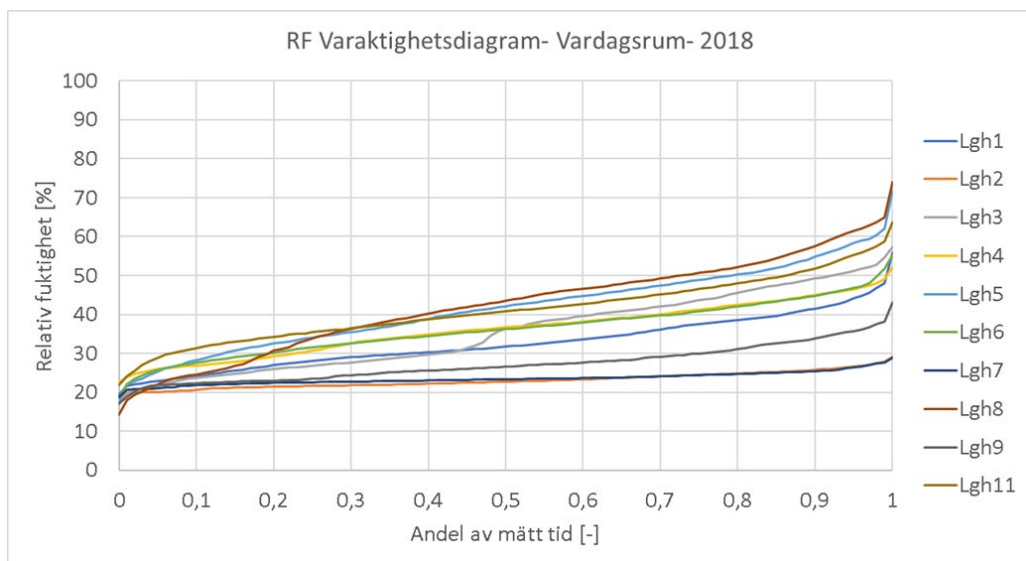
vardagsrummen har varaktigheter av relativ fuktighet med nivåer lägre än 30% RF varat under mellan 5-18% av mätperioden. Relativ fuktighet större än 55% RF har varit för vardagsrum 7 och vardagsrum 10 varit aktuellt under 35% av respektive mätperiod år 2017. För vardagsrum 5 uppmättes nivåer av relativ fuktighet större än 55% RF under 30% av mätperioden år 2017.

För både vardagsrum 2 och vardagsrum 7 kan ur diagrammet i figur 62 avläsas att det under hela mätperioden år 2018 har varit nivåer av relativa fuktigheter som understigit 30% RF. För vardagsrum 1 och vardagsrum 3 kan avläsas att 37% respektive 41% av mätperioden i respektive vardagsrum har uppmätt relativ fuktighet som understigit 30% RF. Motsvarande varaktigheter för resterande undersökta vardagsrum var mellan 6-29% av mätperioden för år 2018. Relativ fuktighet större än 55% RF har varit aktuellt under 14 % av mätperioden för vardagsrum 8.

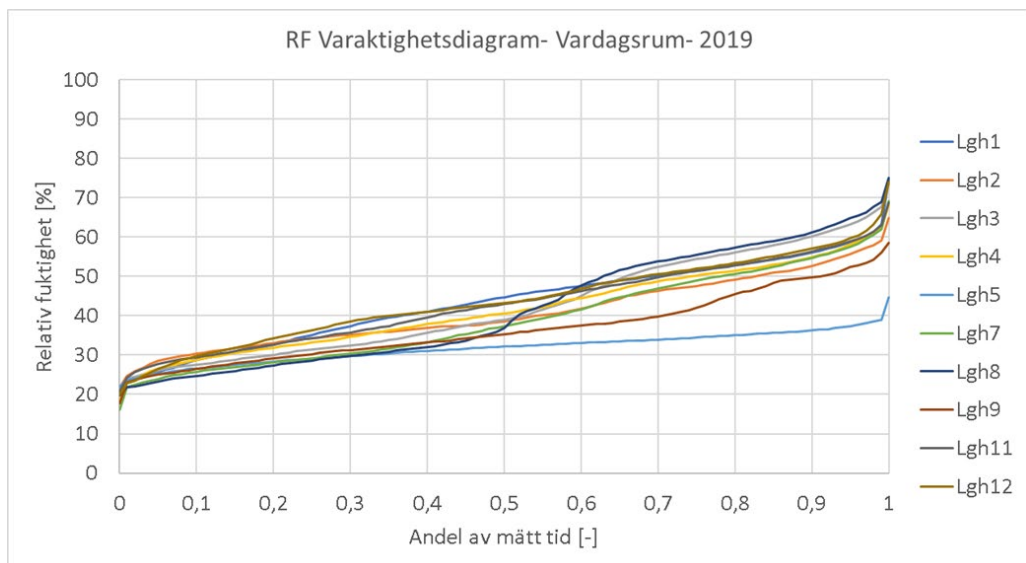
Avläsning från figur 63 visar att vardagsrum 5, vardagsrum 7 samt vardagsrum 8 har haft längst varaktighet av relativ fuktighet med nivåer som är lägre än 30% RF under år 2019. De avlästa varaktigheterna för dessa vardagsrum är 32%, 28% respektive 30% av mätperioden för det aktuella året. I resterande undersökta vardagsrum var uppmätt relativ fuktighet lägre än 30% RF under mellan 8-23% av respektive vardagsrums mätperiod. Relativ fuktighet med nivåer högre än 55% RF har varit aktuellt under 12%, 23% och 26% för vardagsrum 1, vardagsrum 3 respektive vardagsrum 8.



Figur 61. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2017



Figur 62. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2018.



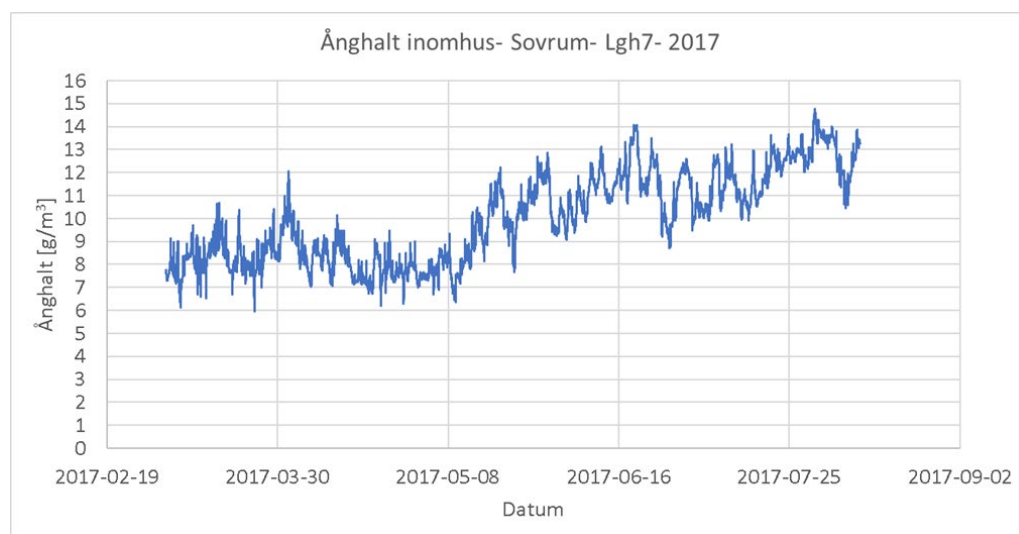
Figur 63. Varaktigheten för olika nivåer av relativ fuktighet i respektive vardagsrum kan avläsas som andel av mätt tid. Varaktigheterna avser hela mätperioden under år 2019.

4.4 Ånghalt i sovrum

Ånghalt inomhus har beräknats för de studerade bostäderna, och för ett sovrum presenteras nedan variationen över året. Varaktighetsdiagram för nivåer av ånghalt inomhus har tagits fram och presenterats för respektive sovrum under åren 2017, 2018 samt 2019. Värden som avläses från varaktighetsdiagrammen har inhämtats från Excel beräkningar, varefter noggranna värden återges här.

Variation över året

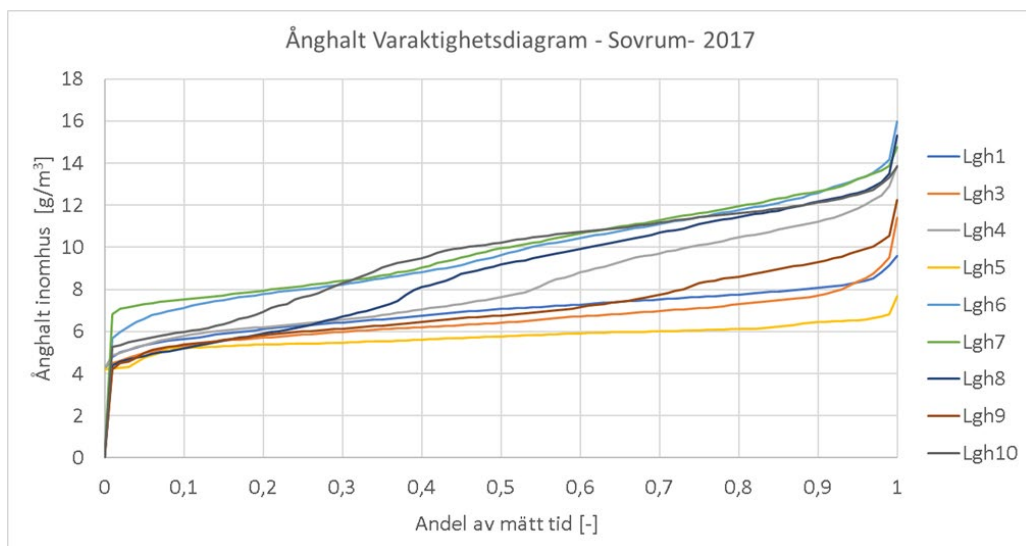
Ånghalten inomhus i ett sovrum under mätperioden år 2017 före renovering presenteras i figur 64 nedan. Det framgår att ånghalten inomhus i sovrummet är lägre under vintermånaderna, för att sedan uppnå högre nivåer under sommarhalvåret. Nivån av ånghalt som är lägre än 7 g/m^3 förekommer vid enstaka fall mellan februari och mars månad, vilket utgör de lägsta nedgående pikarna i figur 64. Nivåer lägre än 6 g/m^3 förekom vid ett tillfälle under vinterperiod, vilket kan ses i samma figur.



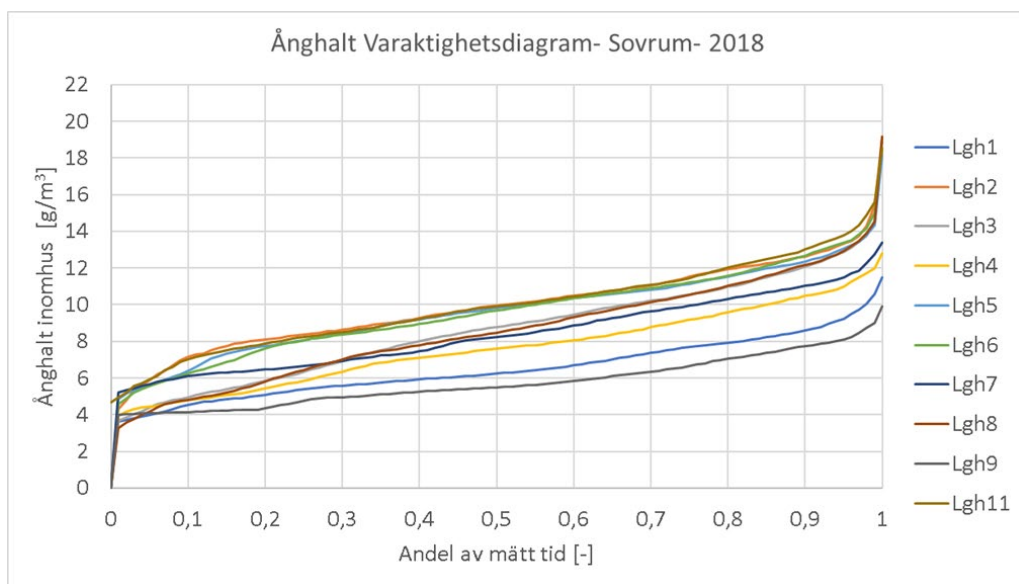
Figur 64. Variation av ånghalt inomhus över mätperioden för sovrum 7, år 2017.

Varaktighetsdiagram

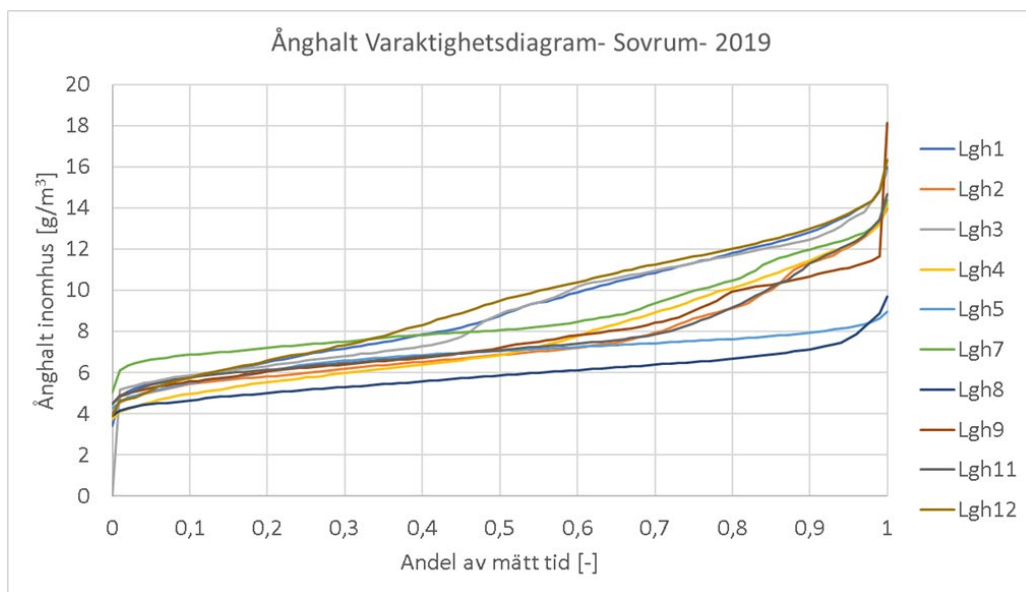
Ånghalt inomhus som understiger 6 g/m^3 har för sovrum 5 haft förhållandevis längst varaktighet bland de undersökta sovrummen år 2017, där 70% av mätperioden hade lägre beräknade ånghalter än så. I sovrum 3 var det motsvarade värdet 30% av mätperioden för det aktuella året, se figur 65 nedan. År 2018 hade sovrum 1 och sovrum 4 längst varaktighet av ånghaltnivåer inomhus som varit lägre än 6 g/m^3 , där varaktigheten motsvarade 42% respektive 26% av mätperioden år 2018. Se figur 66. Bland de sovrum som undersöktes år 2019 hade sovrum 8 längst varaktighet av beräknade ånghaltnivåer som var lägre än 6 g/m^3 . Varaktigheten av med dessa ånghaltnivåer uppgick till 55% av mätperioden. I sovrum 4 var den motsvarande siffran 30%, se figur 67.



Figur 65. Varaktighetsdiagram för ånghalt inomhus i respektive undersökt sovrums år 2017.



Figur 66. Varaktighetsdiagram för ånghalt inomhus i respektive undersökt sovrums år 2018.



Figur 67. Varaktighetsdiagram för ånghalt inomhus i respektive undersökt sovrums år 2019.

4.5 Sammanställning av jämförelse med riktvärden

En lättöverskådlig jämförelse av resultaten med gällande riktvärden presenteras i tabellerna 18-22 nedan.

4.5.1 Fukttillskott

Medelvärde över mätperioden

Tabell 18. Medelvärde av fukttillskott över mätperioden för respektive rum och år som understiger riktvärdet 3 g/m^3 sammanställs nedan.

Rum		Medelvärde $< 3 \text{ g/m}^3$	Kommentar
Sovrum	2017	Alla sovrums	
	2018	Alla sovrums	
	2019	Alla sovrums	5 av 7 lgh har lägre medelvärde efter renoveringen
Badrum	2017	Alla badrum utom i lgh 6	
	2018	Alla badrum	
	2019	Alla badrum	3 av 6 lgh har lägre medelvärde efter renoveringen
Vardagsrum	2017	Alla vardagsrum	
	2018	Alla vardagsrum	
	2019	Alla vardagsrum	5 av 7 lgh har lägre medelvärde efter renoveringen

Varaktighet över mätperioden

Tabell 19. Varaktighet av fukttillskott över mätperioden för respektive rum och år, där riktvärdet 3 g/m³ överstigs sammanställs nedan.

Rum		Andel av tiden > 3 g/m ³	Kommentar
Sovrum	2017	13-18% i 3 sovrum	Ej varaktigt
	2018	Lgh 7: 21%, övriga ≤ 7%	Lgh 7 något hög
	2019	Alla sovrum ≤ 8%	Ej varaktigt
Badrum	2017	Lgh 6: 57%	Lgh 6, 1 anmärkningsvärt högt
		Lgh 1: 46%	
		Lgh 5: 11%	
		övriga ≤ 9%	
	2018	Lgh 7: 25%	Lgh 7 något hög
		Lgh 6: 12%	
		övriga ≤ 9%	
	2019	Alla badrum ≤ 9%	Ej varaktigt
Vardagsrum	2017	Lgh 1: 19%	Ej varaktigt
		Lgh 6: 14%	
		Övriga ≤ 3%	
	2018	Alla ≤ 6%	Ej varaktigt
	2019	Alla ≤ 6%	Ej varaktigt

4.5.2 Relativ fuktighet, RF

Medelvärde över mätperioden

Tabell 20. Medelvärdet av relativ fuktighet i min-max intervall anges för respektive rum och år. Medelvärdet för de relativa luftfuktigheterna varierar inom ett intervall generellt på ca 25-50%.

Rum		Medelvärde min-max lgh
Sovrum	2017	30-47%
	2018	29-49%
	2019	32-48%
Badrum	2017	28-61%
	2018	25-46%
	2019	30-43%
Vardagsrum	2017	30-48%
	2018	23-42%
	2019	32-44%

Varaktighet över mätperioden

Tabell 21. Varaktighet av relativ fuktighet < 30% samt > 55% över mätperioden för respektive undersökt rum och år.

Rum		Andel av tiden < 30%	Andel av tiden > 55%	Kommentar
Sovrum	2017	Lgh 5: 55% Lgh 3: 36% Lgh 9: 29%	Lgh 10: 28% Lgh 7: 24% Lgh 6: 21%	Anmärkningsvärt lång tid (55%) i lgh 5 sovrums < 30 RF.
	2018	Lgh 9: 66% Lgh 1: 23% Lgh 3: 24%	Lgh 2: 20% Lgh 5: 14% Lgh 6: 14%	Anmärkningsvärt lång tid (66%) i lgh 9 sovrums < 30% RF.
	2019	Lgh 8: 55% Lgh 3, 9: 25% Övriga ≤ 21%	Lgh 1: 36% Lgh 12: 27% Lgh 3: 21%	Anmärkningsvärt lång tid (55%) i lgh 8 sovrums < 30% RF.
Badrum	2017	Lgh 3: 67% Lgh 2: 22% Lgh 8: 20% Övriga ≤ 20%	Lgh 6: 67% Lgh 5: 42% Lgh 10: 40%	Anmärkningsvärt lång tid (67%) i lgh 6 badrum >55% RF, samt (67%) i lgh 3 badrum < 30% RF.
	2018	Lgh 7: 86% Lgh 9: 71% Lgh 3: 42%	Lgh 11: 19% Lgh 8: 16% Lgh 5: 15%	Anmärkningsvärt lång tid (86%) i lgh 7 badrum > 30% RF.
	2019	Lgh 12: 53% Lgh 9: 41% Lgh 7: 30%	Lgh 7: 16% Lgh 11: 19% Lgh 5: 30%	Anmärkningsvärt lång tid (53%) i lgh 12 badrum < 30% RF.
Vardagsrum	2017	Lgh 3: 52% Lgh 5: 27% Lgh 8: 20%	Lgh 7: 35% Lgh 10: 35% Lgh 5: 30%	Anmärkningsvärt lång tid (52%) i lgh 3 sovrums < 30% RF.
	2018	Lgh 2: 100% Lgh 7: 100% Lgh 3: 41% Lgh 1: 37% Övriga ≤ 29%	Lgh 8: 14% Lgh 5: 9% Lgh 11: 5%	Anmärkningsvärt lång tid (100%) i lgh 2 och 7, samt (75%) i lgh 9 sovrums < 30% RF.
	2019	Lgh 5: 32% Lgh 7: 28% Lgh 8: 30% Övriga ≤ 23%	Lgh 8: 26% Lgh 3: 23% Lgh 1: 12%	

4.5.3 Ånghalt

Varaktighet över mätperioden

Tabell 22. Varaktighet av ånghalt som varaktigt understiger riktvärdet 6 g/m^3 över mätperioden för sovrummen under respektive undersökt år.

Rum	År	Andel av tiden $< 6 \text{ g/m}^3$	Kommentar
Sovrum	2017	Lgh 5: 70% Lgh 3: 30%	Lgh 5, anmärkningsvärt länge.
	2018	Lgh 1: 42% Lgh 9: 63%	Lgh 9, anmärkningsvärt länge.
	2019	Lgh 8: 55% Lgh 4: 30%	

4.5.4 Sammanfattning

Fukttillskott

Medelvärdet för mätperioderna understiger 3 g/m^3 i samtliga lägenheter och rum förutom i ett badrum året före renovering.

Det förekommer inte varaktigt förhöjda fukttillskott ($> 3 \text{ g/m}^3$) i sovrum, vardagsrum och badrum förutom i två badrum under första året (46% respektive 57% av tiden).

Både medelvärdet av fukttillskottet och varaktigheten för förhöjda fukttillskott är lägre efter renoveringen jämfört med före.

Relativ luftfuktighet

Medelvärdet för de relativa luftfuktigheterna varierar inom ett intervall generellt på ca 25-50%.

Relativa luftfuktigheter under 30% förekommer generellt under förhållandevis korta perioder i sovrum. I en lägenhet varje år avviker det med varaktigheter på 55-66%. I vardagsrum förekommer förhållandevis långa perioder under 30% i en lägenhet under det första året. Under år två understigs 30% RF under hela mätperioden i två av vardagsrummen.

Det förekommer ej varaktiga perioder överstigande 55% RF i någon av lägenheterna eller rummen.

Ånghalt

Ånghalter understigande 6 g/m^3 förekommer ej varaktighet i sovrummen förutom i en lägenhet för varje år (42-70% av tiden).

Slutsatsen kan dras att fuktförhållandena i de studerade lägenheterna uppfyller de riktvärden som jämförts med, med undantag i enskilda lägenheter och rum.

5 Diskussion

Folkhälsomyndighetens riktvärde för fukttillskott inomhus är 3 g/m^3 under vinterförhållanden. I det här examensarbetet har både vinter- och sommarförhållanden ingått i de studerade mätperioderna för lägenheterna. Höga fuktförhållanden kan eventuellt leda till fukt- och mögelproblem i byggnader, varför fukttillskott inte bör uppgå i höga halter. Höga fuktförhållanden är dock viktigt att undvikas oavsett årstid. Således är det relevant att även studera fukttillskott under sommarförhållanden och inte enbart för vintermånaderna. En jämförelse mellan enbart vinterperiod och hela mätperioden visar att fukttillskotten är lägre för vinterperioden. Detta tyder på att risken för att medelvärdet dras ner pga att även sommarförhållanden i vissa fall inkluderats torde vara liten.

Vid studie av fukttillskott i ett badrum under tre vinterdygn visade det sig att höga fukthalter förekom vid upprepade tillfällen samt att höga nivåer var aktuellt under mellan 9-16 timmar per dag i det studerade badrummet. Därtill kommer att samma badrum hade badkar med duschdraperi och att hyresgästen vid svar på enkätundersökningen angav att tvätt hängdes fritt i bostaden samt att det duschades 1-2 gånger per dag. Vid jämförelse med resterande lägenheters badrum för samma tre vinterdygn kan det konstateras att flera av dessa badrum överstiger fukttillskottsnivån 3 g/m^3 , där höga FT-nivåer pågår under flertalet timmar vid varje observerat tillfälle. När samma tre vinterdygn istället studerades för sovrum, var skillnaden att enbart 2 av de studerade sovrummen hade förhöjda fukttillskottsnivåer. Detta kan förklaras med den stora mängden fukt som tillförs i badrum genom tex duschning, tvättning, torkning och dylika beteenden som kan variera mellan boenden. Även för fallet där varaktigheter av höga fukttillskott studerades för hela mätperioden i alla rum, som andel av mätt tid, framkom att längst varaktighet med höga fukttillskottsnivåer (46% av mätperioden) förekom i badrum. Detta kan återigen förklaras med den fukttillförsel som sker i badrum. Som jämförelse var den längsta varaktigheten med höga fukttillskottsnivåer i sovrum 21% av mätperioden, och i vardagsrum 14% av mätperioden.

Fukttillskott har för de studerade lägenheterna generellt visat högre nivåer för vintermånaderna som sedan sjunker under sommarmånaderna. Detta kan bero på att det under sommarhalvåret vädras i lägenheterna genom att öppna fönster, vilket får fukttillskottet att sjunka. Men trots det har tillfälligt höga nivåer även förekommit under sommarmånader.

Vid beräkning av medelfukttillskottet under respektive studerat år och rum har det visat sig att för övervägande antal av studerade rum så minskade medelfukttillskottet efter renoveringen jämfört med före renoveringen. Högst samt lägst medelfukttillskott som har beräknats tillhörde badrum, vilket således även visar att det i denna studie har varit störst variation av medelfukttillskott i badrum. Medelfukttillskott för badrum varierade för de olika lägenheterna mellan $0,02 \pm 1,16 \text{ g/m}^3$ och $3,89 \pm 2,8 \text{ g/m}^3$. I Betsi var medelfukttillskottet $1,2 \pm 0,2 \text{ g/m}^3$, och i Elib var det motsvarande värdet $2,8 \pm 0,1 \text{ g/m}^3$ för flerbostadshus i Sverige. Således är både lägsta och högsta beräknade fukttillskott i

det här examensarbetet lägre respektive högre än resultaten från Betsi och Elib. Även standardavvikelseerna är betydligt större i vad som framkommit i den här studien jämfört med Betsi och Elib. För vardagsrum varierade de beräknade medelfukttillskotten mellan $0,06 \pm 0,75 \text{ g/m}^3$ och $2,15 \pm 1,39 \text{ g/m}^3$, vilket innebär att medelfukttillskotten ligger inom spannet för vad Betsi och Elib har visat men att standardavvikelsen är större i den här fallstudien. Även för sovrum, där medelfukttillskottet varierade mellan $0,06 \pm 1,18 \text{ g/m}^3$ och $1,78 \pm 1,27 \text{ g/m}^3$, var standardavvikelsen större än vad det är i Betsi och Elib trots att medelfukttillskottet ligger omkring det som visats för svenska flerbostadshus.

Regressionsanalysen och de ekvationer som erhållits för det antagna linjära sambandet mellan fukttillskott och utomhustemperatur har visat att det råder ytterst små skillnader mellan ekvationernas lutning för de studerade fallen när hela mätperioden studerades med 15-minuters värden, när hela mätperioden studerades med 1h- och 4h- medelvärden, samt när enbart vinterperioden studerades med 1h- och 4h-medelvärden. Regressionsekvationernas lutning för samtliga studerade fall varierade mellan -0,07 och -0,17. Motsvarande lutning som erhållits av Bagge och Johansson (2019) var -0,073 för utomhustemperaturer lägre än 20 °C. Vid utomhustemperaturer på 0 °C var variationen av fukttillskott för samtliga studerade fall mellan $0,79 \text{ g/m}^3$ och $2,97 \text{ g/m}^3$. I Bagge och Johanssons (2016) studie var det motsvarande fukttillskottsvärdet $1,72 \text{ g/m}^3$ vilket ligger inom det intervall som erhållits i denna fallstudie. Korrelationsvärdena som erhöles för de studerade fallen har inte varit i närheten av värdet 1, vilket innebär att det linjära sambandet mellan fukttillskott och utomhustemperatur inte är starkt. Linjära sambandet kan därför inte konstateras varken vid studie av hela mätperioden eller vinterperioden, och inte heller vid studerandet av 15-minuters samt 1h- och 4h-medelvärden.

Vid studerande av medelvärden för relativ fuktighet har det bland alla studerade rum och för respektive år varit 5 fall av totalt 86 beräknade RF-medelvärde där halten utgjorde en möjlig risk för hälsobesvär. Att göra en bedömning utifrån erhållna medelvärden räcker dock inte för att veta hur de aktuella relativa fuktighetsnivåerna har varierat under mätperioden. Ett RF-medelvärde inkluderar här hela årets mätningar samt ger ingen rättvis bild eftersom att det till exempel kan ha förekommit långvariga höga värden (> 55% RF) samt långvariga låga värden (< 30% RF), vilka båda är kritiska, men som vid medelvärdesberäkning jämnas ut och istället visar godtagbar RF-medelvärde som inte är kritisk med avseende på risk för hälsobesvär. På så sätt kan det ge en falsk bild och beräkning av medelvärden i det här sammanhanget är därför att betrakta som ett sämre metodval om en helhetsbedömning skall göras. Därför räcker inte enbart RF-medelvärden utan varaktighetsdiagram ger en bättre indikation på hur de olika relativa fuktighetsnivåerna inomhus förhåller sig till riktvärdena. Varaktighetsdiagrammen som beräknats har visat att båda de kritiska nivåerna varit förekommande (dvs över 55% RF samt < 30% RF), men varaktigheten för låga RF-nivåer har varat under en längre tid av mätperioden än vad höga RF-nivåer har gjort. Det bör ha i åtanke att såväl låga som höga RF-nivåer kan utgöra risk för människans hälsa. Som framkommer av Warfvinge och Dahlblom (2017) kan låga relativa fuktigheter öka risken för luftvägsinfektioner, samt att allergi- och astmabesvär kan förekomma vid nivåer under ca 40% RF respektive över 55% RF. Angelo-Gaetz et al. (2016) visade att det för skolmiljöer redan vid relativa fuktigheter över 50% RF råder en förhöjd risk för förkylnings- och allergisymptom. Suwo et al. (2006) visade att inomhustemperatur på 25 °C samtidigt som det är lägre än

30% RF kan ge upphov till torra ögon och torr hud. Liknande resultat har presenterats av Wolkoff (2018) där lägre än 30% RF ger en signifikant ökning av blinkfrekvensen, och att det i kontorsmiljö finns ett samband mellan upplevd lufttorrhet och ögonirritation.

Människor vistas i sovrum under stor del av dygnet och vanligtvis under ett sammanhängande tidsintervall framförallt nattetid. Därför är det viktigt att inomhusmiljön är hälsosam för att undvika sjukdomar och hälsobesvär. Barreca och Shimshack (2012) visade att influensadödligheten i USA ökade vid en ånghalt lägre än 6 g/kg torr luft (motsvarande ca 5 g/m³). Colas de la Noue et al. (2014) visade i sin studie att ånghalt lägre än 0,007 kg vatten/kg luft (motsvarande ca 5,8 g/m³) ger förutsättningar för Norovirus överlevnad vilket vanligtvis leder till diarré och kräkning, även kallat vinterkräksjuka. Vid studerande av ånghalten i ett sovrum under ett år visade det sig att de kritiska ånghaltsnivåerna inte uppnåddes, med undantag av ett fall där värdet var strax under 6 g/m³. När samtliga sovrum istället undersöktes för varaktigheter med ånghalt lägre än 6 g/m³ framkom det att låga ånghaltnivåer var förekommande och att varaktigheterna för de 4 värsta fallen var 26%, 30%, 30% samt 42% av mätperioden där låga ånghalter förekom. Vid ett tillfälle uppgick låga ånghalter till 70% av mätperioden i ett sovrum. Men eftersom att antalet sovrum som haft långvariga kritiska ånghalter är 5 av totalt 29 studerade kan låga ånghalter i denna studie betraktas som ett mindre allvarligt fenomen.

De lägenheterna som har studerats i den här fallstudien är från miljonprogrammen. Byggnadsbeståndet från denna tidsperiod kan förväntas vara utformat på liknande sätt vad gäller husbyggnadstekniken. De studerade lägenheterna avviker inte på något utmärkande sätt från andra lägenheter. Därtill kommer att det inte finns något som tyder på att boenden skulle skilja sig från andra. I denna fallstudien har framkommit att resultaten ligger till stor del i linje med tidigare forskning och studier men samtidigt ger mycket mer detaljerade exempel på hur inomhusklimatet varierar.

Den här studien har omfattat ett begränsat antal lägenheter, men även om exempelvis 1000 lägenheter hade studerats så skulle den individuella variationen vara stor, vilket gör att användning av medelvärden förblir en nödvändig förenkling.

Således kan bedömningen göras att både lägenheterna och de boenden från den här fallstudien är representativa, varvid en generalisering av de erhållna resultaten som beskriver inomhusklimatets variation kan vara användbart för liknande byggnadsbestånd.

6 Felkällor

Det finns flertalet identifierade felkällor i den här fallstudien, som kan ha kommit att påverka resultaten samt trovärdigheten och sanningsenligheten för dessa. Vid beräkning av fukttillskott har det förekommit negativa värden, vilket kan vara tecken på en felkälla. Då fukttillskott är skillnaden mellan ånghalten i inomhusluften och ånghalten i utomhusluften, samt att inomhusluft i regel är fuktigare, kan erhållna negativa värden bero på en kombination av noggrannheten i mätningen av ånghalt inomhus jämfört med utomhus. Mätvärden för utomhusklimatet är inhämtade från en klimatstation som inte är belägen intill de undersökta bostäderna, vilket innebär att det kan ha varit fuktigare där än vad det varit intill de studerade bostäderna på Linero. Negativa värden inverkan på resultatet beror även på vad det är som avses att studeras. Vid exempelvis studerande av höga fukttillskott så kommer negativa värden att vara förhållandevis små jämfört med de höga fukthalterna som råder i exempelvis badrum.

En annan felkälla som är aktuell för studien är att mätutrustningen som använts i bostäderna inte ger ett exakt värde för de aktuella inomhustemperaturerna samt relativa fuktigheter inomhus. Denna osäkerhet beror på att mätnoggrannheten hos mätutrustningen eventuellt kan avvika några tiondels grader eller några procentenheter % RF från de verkliga förhållandena. Dessutom har fuktbuffering inomhus inte tagits hänsyn till, vilket skall betraktas som felkälla då fukt kan vandra mellan luft och material, samt att skillnader i tyger och möbler i lägenheterna har olika påverkan på fuktkapaciteten. Detta ger effekt på hur stort fukttillskottet blir. I bostäders väggar förekommer fuktlagring till följd av byggnadsmaterialets fuktkapacitet. Detta gör att användandet av medelvärden för fukttillskott och utomhustemperatur istället för minutersvärden minimerar de felaktigheter som uppstår till följd av fuktlagringen. Fallstudien kan till viss del betraktas som ett slags statistiskt material, men det är fortfarande ett stickprov sett till antalet lägenheter som ingår i studien.

Ytterligare felkällor kopplat till resultatets trovärdighet och tillförlitlighet kan hänföras till den mänskliga faktorn då studien utgår från bebodda lägenheter. Därtill kommer att beteendevanor skiljer sig mellan människor i olika åldersgrupper och med olika livsstil, vilket gör att även resultat från studien inte går att generalisera för en viss typ av bostäder utan snarare betraktas som förekommande fall.

Mätningarna som har gjorts i bostäderna har inte haft en samma start- och sluttid vilket leder till att olika rum/lägenheter har olika mätperioder. På så vis råder en osäkerhet kring i vilken utsträckning som erhållna resultat kan jämföras med varandra, både mellan de olika rummen inom en och samma lägenhet, men även mellan de olika lägenheterna.

Sammanfattningsvis har de identifierade felkällorna för studien varit en möjlig skillnad i lokalt klimat som beror på väderstreck, mätningarna för utomhusklimat låg inte intill de studerade husen, mätutrustningens precision, fuktlagring i material, mänsklig faktor och boendevanor, forskjutning i olika rum/lägenheters mätperiod.

7 Slutsatser

Syftet med examensarbetet har varit att studera inomhusklimatparametrarna fukttillskott, relativ fuktighet och ånghalt, med fokus på fukttillskott. För att uppnå syftet togs frågeställningar fram, vilka har legat till grund för arbetets genomförande.

Frågeställningarna var följande:

- Vilka nivåer av fukttillskott har de olika rummen i bostäderna? Hur ser det ut före respektive efter renoveringen?
- Hur ofta överstigs fukttillskottet 3 g/m^3 i lägenheterna?
- Vilka nivåer av relativ luftfuktighet och ånghalt förekommer?
- Hur ofta har den uppmätta relativa fuktigheten, RF, inomhus nivåer som kan utgöra risk för människans hälsa?
- Kan erhållna resultat generaliseras?

Vid studerande av medelvärden för fukttillskott har det visat sig att de flesta fallen haft medelfukttillskott under 3 g/m^3 , förutom ett fall för badrum före renoveringen. Det har också visat sig att medelfukttillskottet varit lägre generellt efter genomförd renovering jämfört med vad det varit före renoveringen. När fukttillskott studerats har tillfälligt höga fukttillskotts nivåer kunnat ses, där de högsta har uppgått till över 20 g/m^3 (i badrum).

Det förekommer inte varaktigt förhöjda fukttillskott ($> 3 \text{ g/m}^3$) i sovrum, vardagsrum och badrum förutom i två badrum under första året. Varaktighetsdiagrammen för fukttillskott har visat att det har förekommit höga FT-nivåer i enskilda badrum som varat under lång tid i förhållande till mätperioden, där det exempelvis vid en avläsning för ett badrum (i lägenhet 6) hade höga fukttillskotts nivåer som översteg 3 g/m^3 varat under 57% av mätperioden år 2017.

Medelvärdet för de relativa luftfuktigheterna varierar inom ett intervall generellt på ca 25-50%. När relativ fuktighet inomhus studerades utifrån kritiska nivåer som kan utgöra risk för människors hälsa visade det sig att sådana nivåer varit förekommande. Relativa fuktighetsnivåer inomhus med både över 55% RF samt under 30% RF har förekommit i de studerade bostäderna, dock ej varaktigt i de flesta fall i sovrum och vardagsrum. Det har varit förhållandevis fler fall av låga RF-nivåer som varit långvariga jämfört med långvariga höga RF-nivåer. Relativa luftfuktigheter under 30% förekommer generellt under förhållandevis korta perioder i de flesta sovrummen. I en lägenhet varje år avviker det med varaktigheter på 55-66%. I vardagsrum förekommer förhållandevis långa perioder under 30% i en lägenhet under det första året (52% av tiden). Under år två understigs 30% RF under hela mätperioden i två av vardagsrummen. Det förekommer ej varaktiga perioder överstigande 55% RF i någon av lägenheterna eller rummen förutom i ett badrum före renoveringen.

Bland de 29 studerade sovrummen har det i 5 fall förekommit låga ånghaltnivåer under 6 g/m^3 , vilket kan utgöra risk för hälsobesvär. Ånghalter understigande 6 g/m^3 förekommer ej varaktigt i sovrummen förutom i en lägenhet för varje år (42-70% av tiden).

Slutsatsen kan dras att fuktförhållandena i de studerade lägenheterna uppfyller de riktvärden som jämförts med, med undantag i enskilda lägenheter och rum. Resultaten visar även att fuktförhållandena har haft en förhållandevis stor spridning mellan de tolv studerade lägenheterna.

Det har också bedömts att resultaten i den här fallstudien ligger till stor del i linje med tidigare forskning inom området, men samtidigt ger mer detaljerade exempel på hur inomhusklimatet varierar. Det finns inte något som tyder på att de studerade lägenheterna eller boenden skulle skilja sig från andra, och således är generaliserbarheten rimlig. Det gör att resultaten kan användas som en indikation på hur inomhusklimatet tenderar att vara i liknande byggnadsbestånd.

Sammantaget kan det konstateras att samtliga frågeställningar är besvarade samt att syftet och målet med examensarbetet därmed är uppfyllt.

Referenser

Angelon-Gaetz, K., Richardson, D.B., Marshall, S.W., Hernandez, M.L. (2016). Exploration of the effects of classroom humidity levels on teachers' respiratory symptoms. (red). *International archives of occupational and environmental health*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4873430/> [2022-05-16]

Arbetsmiljöverket. (2022). *Luft och ventilation*. <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/> [2022-02-14]

Arfvidsson, J., Harderup, L., Samuelsson, I. (1994). *Fukthandbok. Praktik och teori*. Utgåva 2, Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Arfvidsson, J., Harderup, L., Samuelsson, I. (2017). *Fukthandbok. Praktik och teori*. Utgåva 4, Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Bagge, H., Johansson, D. (2019). Hygrotermiska förhållanden i inomhusluften. (SBUF 12538). Lund: SBUF. <https://www.sbuf.se/Projektsida/?project=850a0517-6dec-4e6b-858b-2ddf4ddfc58f> [2022-05-16]

Barreca, A.I., Shimshack, J.P. (2012). Absolute humidity, temperature, and influenza mortality: 30 years of county-level evidence from the United States. (red). *Am J Epidemiol*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23035135/> [2022-05-15]

Boverket. (2010). *Teknisk status i den svenska bebyggelsen*. Upplaga 1. Karlskrona: Boverket. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2011/teknisk-status-i-den-svenska-bebyggelsen/> [2022-02-16]

Boverket. (2020). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/#> [2022-01-31]

Burström, P., Nilvér, K. (2018). *Byggnadsmaterial: Tillverkning, egenskaper och användning*. 3 uppl., Lund: Studentlitteratur AB

Colas de la Noue, A., Estienney, M., Aho, S., Perrier-Cornet, J.M., de Rougemont, A., Pothier, P., Gervais, P., Belliot, G. Absolute Humidity Influences the Seasonal Persistence and Infectivity of Human Norovirus. (red). *Appl Environ Microbiol*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25217015/> [2022-05-15]

Energimyndigheten. (2020). *Samverkan energisystem, inomhusmiljö och hyresgäster - holistiskt synsätt för ökad energieffektivitet vid renovering av flerfamiljshus*. Eskilstuna: Energimyndigheten. https://www.peire.lth.se/fileadmin/peire/43092-1_Slutrapport.pdf [2022-02-19]

Folkhälsomyndigheten. (2014). Folkhälsomyndighetens allmänna råd om fukt och mikroorganismer. (FoHMFS 2014:14). Solna: Nils Blom.

www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/fohmfs-201414/
[2022-02-17]

Folkhälsomyndigheten. (2014). *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation*. (FoHMFS 2014:18). Solna: Nils Blom.

[Allmänna råd om ventilation — Folkhälsomyndigheten \(folkhalsomyndigheten.se\)](http://www.folkhalsomyndigheten.se/allmanna-rad-om-ventilation)
[2022-02-27]

Folkhälsomyndigheten. (2022a). *Tillsynsvägledning om fukt och mikroorganismer*.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/fukt-och-mikroorganismer/> [2022-02-28]

Folkhälsomyndigheten. (2022b). *Ventilation*.

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/ventilation/#luftkvalitet> [2022-02-21]

Naturvårdsverket. (u.å.a). *Vad är Parisavtalet?*

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-parisavtalet/> [2022-02-15]

Naturvårdsverket. (u.å.b). *Hur bidrar Sverige till Parisavtalet?*

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/hur-bidrar-sverige-till-parisavtalet/> [2022-02-15]

Naturvårdsverket. (u.å.c). *Energieffektivisering i bostäder och lokaler*.

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimat-t-och-energin/energieffektivisering/energieffektivisering-i-bostader-och-lokaler/> [2022-02-23]

Palmer, J., Orme, M., Pane, G., Ridley, I., Davies, M., Oreszczyn, T., Lowe, R. (2009). *Investigation of Ventilation Effectiveness*. Wetherby: Communities and Local Government Publications

https://www.researchgate.net/publication/332703776_Investigation_of_Ventilation_Effectiveness [2022-03-02]

Renovera energismart. (2010). *Renovera miljonprogrammet energismart!*. ET2010:32. Stockholm: Svensk Information. [2022-02-09]

Sandin, K. (2010). *Praktisk byggnadsfysik*. 1 uppl., Lund: Studentlitteratur AB

SFS 1998:808. *Miljöbalk*. Miljödepartementet. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808 [2022-03-12]

Sunwoo, Y., Chou, C., Takeshita, J., Murakami, M., Tochihara, Y.. (2006). Physiological and subjective responses to low relative humidity in young and elderly

men. (red). *J Physiol Anthropol*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16763365/> [2022-05-15]

Svensk byggtjänst. (2021). *Halva miljonprogrammet måste renoveras*. <https://byggkoll.byggtjanst.se/artiklar/2021/november/halva-miljonprogrammet-maste-renoveras/> [2022-02-11]

Warfvinge, C., Dahlblom, M. (2017). *Projektering av VVS-installationer*. Upplaga 1:14, Lund: Studentlitteratur AB

Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health- An overview. (red). *Int J Hyg Environ Health*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29398406/> [2022-05-16]