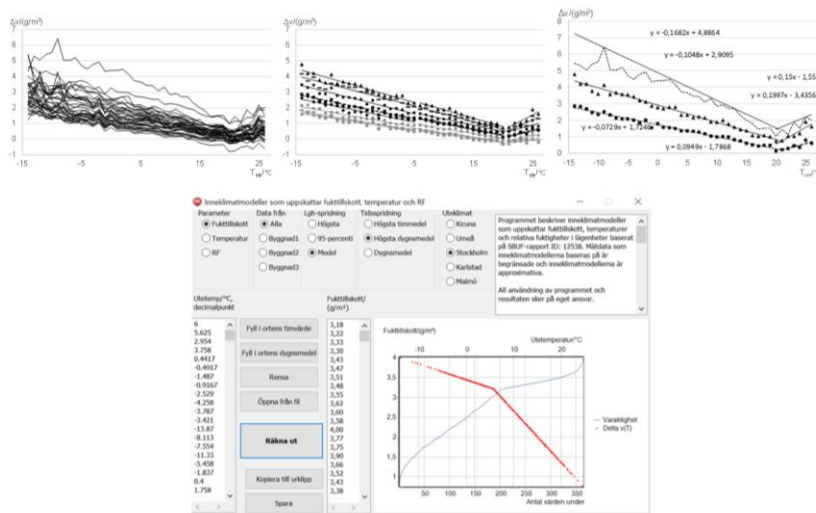


HYGROTERMISKA FÖRHÅLLANDEN I INOMHUSLUFTEN

Inneklimatmodell, referensdata och pc-program



Hans Bagge, Dennis Johansson

2019-03-29

FÖRORD

Projektets rapport vänder sig framförallt till målgrupperna fuktsakkunniga, skadestredare, förvaltare, material och produktutvecklare samt forskare som i sitt arbete har intresse av kunskap om och förståelse för hygrotermiska förhållanden i inomhusluften.

Projektet har genomförts vid Avdelningen för Byggnadsfysik LTH och Avdelningen för Installationsteknik LTH. Forskargruppen som arbetat med projektet består av Hans Bagge (projektledare) och Dennis Johansson (biträdande projektledare). Johanna Johansson har arbetat med del av datahanteringen i projektet.

Tack till alla som i samband med mätningarna varit till stor hjälp vid besök i byggnaderna och i samband med planering inför mätningarna.

Tack till referensgruppen som har bidragit med olika branshperspektiv.

Tack till SBUF, Skanska, NCC, Peab och KBAB som finansierat projektet.

29 mars 2019

Hans Bagge, projektledare

SAMMANFATTNING

Denna rapport presenterar resultat och analys av hygrotermiska parametrar uppmätta under flera år i totalt 81 lägenheter i tre olika flerfamiljshus i Sverige. Fokus i rapporten ligger på att beskriva mätresultaten så att de ska kunna användas till hjälp under både projektering, exempelvis för val av randvillkor, och förvaltning, exempelvis för att jämföra egna uppmätta värden med. Inneklimatmodeller har utvecklats baserat på mätresultaten och ett pc-program har tagits fram för att generera data baserat på inneklimatmodellerna. Specifika målgrupper är fuktsakkunniga, skadeutredare, förvaltare, material och produktutvecklare samt forskare.

Högisolerade klimatskal kan innebära känsligare konstruktioner med större fuktrisker och större behov av noggrann fuktsäkerhetsprojektering. Inte bara skal- och stomkonstruktioner utan även installationer såsom ventilation och värmeåtervinning måste dimensioneras med hänsyn till de hygrotermiska förhållandena. Därför är det viktigt att det finns tillgång till referensvärden på randvillkoren. Det är mycket viktigt att projekteringar genomförs och beslut fattas utifrån tillräcklig kunskap och förståelse för vilka förhållanden som är representativa för de som konstruktionerna och installationerna ska fungera under. Detta gäller för nybyggnation såväl som vid renovering.

Eftersom byggnadens prestanda avseende både fuktsäkerhet, energianvändning och inneklimat i stor utsträckning påverkas av de hygrotermiska förhållandena i inneluften är de resultat som presenteras i rapporten av intresse för de flesta som på ett eller annat sätt arbetar med bostadsbyggnader från planering och projektering till byggnation och förvaltning. I rapporten dras generella slutsatser som breda grupper kan ta till sig av medan detaljerade beskrivningar av mätdata och analyser riktar sig till fuktsakkunniga, skadeutredare, förvaltare, material och produktutvecklare samt forskare.

I rapportens resultatkapitel presenteras:

- Statistik för de hygrotermiska parametrarna avseende medelvärde, högsta dygnsmedelvärde och högsta timmedelvärde vid olika utetemperaturer.
- Variationer på olika tidsskalor såsom under dygnet, under veckan, under året och mellan olika år.
- Skillnader och variationer i de hygrotermiska parametrarna beroende på lägenhetsstorlek och utetemperatur.
- Analys av samband mellan de olika uppmätta parametrarna.
- Inneklimatmodeller som beskriver mätresultatet på ett sätt som gör det möjligt att välja data till olika analyser beträffande fuktsäkerhet.

En generell slutsats är att de hygrotermiska parametrarna varierar mycket mellan olika lägenheter och även inom samma lägenhet kan det vara stora skillnader på olika tidsskalor såsom timma, dag, vecka, årstid och år. Medelvärdet på fukttillskottet i alla de studerade lägenheterna när utetemperaturen är kring 0°C är cirka 2 g/m³ och det är en kvot på 9 mellan lägenheten med högst och lägenheten med minst medelvärde. Vid utetemperaturer kring 0°C har dygnet med högst värde ett dygnsmedelfukttillskott som i medeltal är 3,5 g/m³, det vill säga 75% högre än fukttillskottet ett medeldygn vid samma utetemperatur.

INNEHÅLL

INTRODUKTION	4
BAKGRUND	4
AVGRÄNSNINGAR.....	6
MÅLGRUPP	6
REFERENSGRUPP.....	7
METOD	8
BYGGNADER	8
MÄTNINGAR.....	8
ANALYSER.....	9
RESULTAT, ANALYS OCH DISKUSSION	11
VARIATIONER VID OLIKA UTMHUSTEMPERATURER	11
<i>Fukttillskottets medelvärde</i>	11
<i>Fukttillskottets högsta dygnsmedelvärde</i>	16
<i>Fukttillskottets högsta timmedelvärde</i>	20
<i>Inomhustemperaturens medelvärde</i>	24
<i>Inomhustemperaturens högsta och lägsta dygnsmedelvärde</i>	26
<i>Relativa fuktighetens medelvärde</i>	29
<i>Relativa fuktighetens högsta och lägsta dygnsmedelvärde</i>	31
VARIATION UNDER DYGNET, VECKAN OCH ÅRET.....	34
<i>Variation under dygnet</i>	34
<i>Variation under veckan</i>	36
<i>Variation under året</i>	38
VARIATION MELLAN LÄGENHETER AV OLIKA STORLEK.....	42
VARIATION MELLAN OLIKA ÅR	44
SAMBAND MELLAN HYGROTERMISKA PARAMETRAR.....	46
INNEKLIMATMODELLER BASERADE PÅ MÄTDATA	47
INNEKLIMATMODELLER FÖR FUKTTILLSKOTT	48
<i>Fukttillskottets medelvärde</i>	48
<i>Fukttillskottets högsta dygnsmedelvärde</i>	51
<i>Fukttillskottets högsta timmedelvärde</i>	54
INNEKLIMATMODELLER FÖR INOMHUSTEMPERATUR	57
<i>Inomhustemperaturens medelvärde</i>	57
<i>Inomhustemperaturens högsta och lägsta dygnsmedelvärde</i>	58
INNEKLIMATMODELLER FÖR RELATIV FUKTIGHET INOMHUS	60
<i>Relativa fuktighetens medelvärde</i>	60
<i>Relativa fuktighetens högsta och minsta dygnsmedelvärde</i>	61
SLUTSATSER	63
REFERENSER	64

INTRODUKTION

Denna rapport presenterar resultat och analys av hygrotermiska parametrar uppmätta under flera år i totalt 81 lägenheter i tre olika flerfamiljshus. Fokus i rapporten ligger på att beskriva mätresultaten så att de ska kunna vara användbara under både projektering, exempelvis för val av randvillkor, och förvaltning, exempelvis för att jämföra egna uppmätta värden mot.

Inneklimatmodeller har utvecklats baserat på mätresultaten och ett pc-program har tagits fram för att generera data baserat på inneklimatmodellerna. Olika analyser av exempelvis variation på olika tidsskalor, skillnader mellan olika år och samband mellan olika parametrar presenteras för att öka kunskapen kring hur fuktillskott kan variera.

Bakgrund

Byggteknik, installationsteknik, brukarbeteende, krav etc. ändras alla med tiden. Dagens krav på bostadsbyggnader innebär högisolerade klimatskal och energieffektiva installationstekniska lösningar för värme, ventilation och värmeåtervinning. Detta gäller inte bara för nya byggnader utan även vid renoveringar uppdateras byggnaders teknik för att utnyttja fördelarna med nutida konstruktioner, material och installationsteknik.

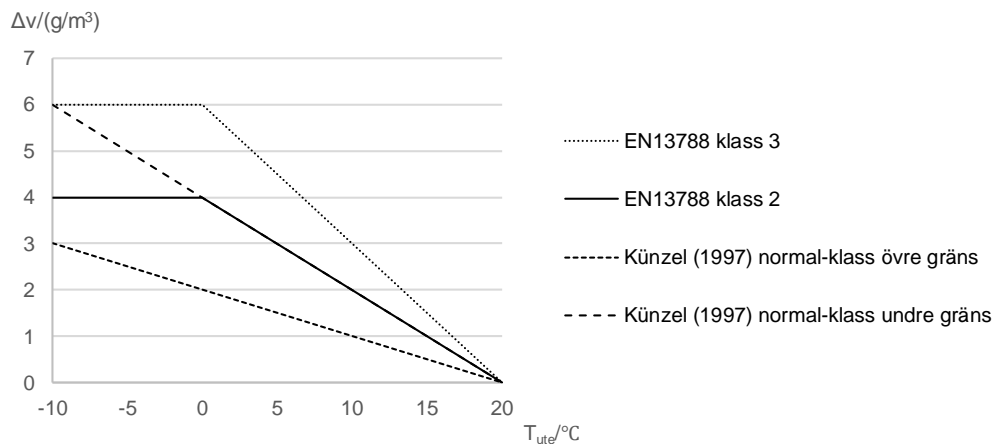
Högisolerade klimatskal kan innebära känsligare konstruktioner med mindre marginaler mot fuktrisker vilket kan göra det svårare att uppnå god fuktsäkerhet (Geving et al, 2010). För att kunna göra bra projekteringar behövs simuleringar av fuktillståndet i konstruktionerna för att kontrollera lösningar innan man bygger dem. Inte bara konstruktioner utan även installationer såsom ventilation och värmeåtervinning måste dimensioneras med hänsyn till de hygrotermiska förhållandena vilket har uppmärksammats av Jensen (2010). Därför är det viktigt att det finns tillgång till bra referensvärden på randvillkoren. Det är mycket viktigt att projekteringar genomförs och beslut fattas utifrån tillräcklig kunskap och förståelse för vilka förhållanden som är representativa för de som konstruktionerna och installationerna ska fungera under. Detta gäller för nybyggnation såväl som vid renovering. En förutsättning för en bra projektering och dimensionering är tillgång till bra referensdata. Kvaliteten på beräkningar avgörs i stor utsträckning av kvaliteten på indata. Förhållandena i ineluften är viktiga randvillkor i de flesta beräkningar som avser konstruktioners fuktsäkerhet.

Fuktillskottet definieras som skillnaden mellan ånghalt i inomhus- och utomhusluften. I inomhusluften tillförs fukt från exempelvis människor, djur, växter, disk, tvätt, bad, dusch och matlagning. Hur mycket fukt som tillförs inomhusluften samt hur stor rumsvolym som denna fukt tillförs i och hur mycket rumsvolymen ventileras kommer att bestämma vad ånghalten blir inomhus. Det är alltså de boendes beteende, vanor och sätt att leva sina liv, exempelvis hur många som bor tillsammans, hur mycket man duschar och hur mycket man vädrar, som i mycket kommer att bestämma fuktillskottets storlek. Brukarbeteende ändras med tiden och det brukar exemplifieras med att det duschas mer nuförtiden i badrum i 60-talshus jämfört med när de var nya. Bagge et al (2018) studerade tappvarmvatten i 268 lägenheter under sex år, 2008-2013, och mätningarna visar på att tappvarmvattenanvändningen under de sex åren ökat med cirka 5%. Mellan två på varandra följande år under mätperioden finns både ökning och minskningar i användning. Den största ändringen mellan två på varandra följande år var 5%. Med tanke på att fuktavgivning från tappvarmvattenanvändning är en del av fuktillskottet och relaterar till brukarbeteende skulle man också kunna vänta sig ett ökande fuktillskott med tiden.

Genom att använda olika resonemang med rimliga scenarier i en bostad kan olika nivåer på fuktillskottet uppskattas. Utifrån en viss mängd fukt som tillförs en viss volym men en viss ventilation under en viss tid kan fuktillskottet bestämmas. Om en familj och gäster, totalt åtta personer, samlas i ett 20 m² stort vardagsrum i en lägenhet om 3 rum och kök i Stockholm för att titta på tecknad film 24 december och luftomsättningen är 0,5 h⁻¹ ger en överslagsberäkning att fuktillskottet efter två timmar kommer att vara 10,5 g/m³. Gästerna stannar över natten och familjen och gästerna tränger ihop sig i de två sovrummen, fyra personer per sovrum. Om ett av sovrummen är 10 m² och ventilationen är anpassad för två sovplatser, 4 l/s och sovplats, kommer det efter åtta timmar med fyra personer vara ett fuktillskott på 3,5 g/m³. Om personerna skulle begränsa ventilationen till hälften för att de upplever drag kommer fuktillskottet efter åtta timmar istället vara cirka 7 g/m³.

Ovanstående exempel ger en uppskattning av vad fuktillskottet skulle kunna bli i olika rum för ett par scenarier. Det är inte möjligt att med hjälp av enkel teori simulera beteende varför kunskap om de verkliga förhållandena i bostäder kräver mätningar i verkliga bostäder. Boverket (2009) mätte under tvåveckorsperioder under vinterhalvåret fuktillskott i lägenheter i svenska flerbostadshus. Fuktillskottets medelvärde var 1,2 g/m³, 83% av lägenheterna hade ett fuktillskott på mellan 0 g/m³ och 2,99 g/m³ medan 12% av lägenheterna hade ett fuktillskott på mellan 3 g/m³ och 4,99 g/m³. Ilomets et al (2017) presenterar en sammanställning över flera olika internationella studier som presenterat medelfuktillskott för bostäder och värdena varierar mellan 1,8 g/m³ och 6,1 g/m³. Iliometis et al (2017) presenterar egna mätningar av fuktillskott i sovrum och vardagsrum i 237 bostäder i Estland. När utetemperaturen var kring 0°C rapporteras fuktillskottets högsta veckomedelvärde för de 237 bostäderna variera mellan strax över 0 g/m³ till cirka 7 g/m³. Kalamees et al (2005) mätte fuktillskott i sovrum och vardagsrum i 101 finska bostäder och redovisar för utetemperaturer kring 0°C ett högsta veckomedelvärde mellan 0 g/m³ och 6,5 g/m³. De Place Hansen (2017) mätte fuktillskott i 500 danska bostäder och redovisar att medelfuktillskottet i de olika bostäderna varierade mellan 0,3 g/m³ och cirka 6 g/m³. Resultatet från mätningar i bostäder i Sverige, Estland, Finland och Danmark visar alltså på att det kan vara mycket stora skillnader i fuktillskott i olika bostäder. Möller (2017) studerade fuktillskott i 468 enfamiljshus med mekanisk ventilation i Danmark och studerade bland annat skillnader i fuktillskott mellan olika rum. Fuktillskottet i badrum och kök var i stort sett samma och var i medeltal 25% högre än i övriga rum såsom sovrum och vardagsrum.

I Fukthandboken (Arfvidsson et al, 2017) presenteras ett par sätt att beskriva fuktillskottet genom inneklimatmodeller. Den ena modellen utgår från Künzels (1997) och beskriver fuktillskottet som styckvis linjära funktioner av utetemperaturen inom de tre intervallen låg, medel och hög som uppåt definieras av linjära funktioner som alla ger fuktillskottet 0 g/m³ vid T_{ute}=20°C och vid T_{ute}= -10°C är 3, 6 respektive 9 g/m³. Den andra modellen som hänvisas till beskrivs i standarden EN 13788 där fuktillskottet beskrivs som konstant tills utetemperaturen är 0°C och sedan linjärt avtagande med ökande utetemperatur ner till noll när utetemperaturen är 20°C. För obebodda utrymmen, klass 1, anger EN13788 fuktillskottet till 2 g/m³, för bostäder med normal närvaro och ventilation, klass 2, 4 g/m³ och för bostäder med okänd närvaro, klass 3, 6 g/m³ när utetemperaturen är lägre än 0°C. Dessa värden är enligt standarden ”den övre gränsen för fuktbelastningen” i bostäder. *Figur 1* exemplifierar olika klasser i EN13788 och enligt Künzels (1997).



Figur 1 Exempel på olika inneklimatmodellens beskrivning av fuktillskottet som funktion av utomhustemperaturen.

Skillnaden i fuktillskott vid varma och kalla temperaturer antas bero på exempelvis omfattande vädring sommartid, olika matlagingsvanor under sommar och vinter, torkning av tvätt utomhus på sommaren etc. Mätningarna som Kalamees et al (2005) redovisar visar att fuktillskottet kan öka när temperaturen ute överstiger 20°C. För att kunna jämföra med de etablerade inneklimatklasserna enligt ovan som beskriver fuktillskottet som varierande med utetemperaturer behöver mätningar av inneklimatet i bostäder kopplas till utetemperaturer. För att korrekt kunna beskriva fuktillskottet bör det mätas under en tidsperiod som täcker in de olika utetemperaturer som är av intresse att beskriva fuktillskottet för, lämpligen hela året.

Avgränsningar

Projektet har mätt hygrotermiska parametrar i flerbostadshus. Mätningarna är begränsade till tre flerfamiljshus inkluderande totalt 81 lägenheter. Även om det finns en spridning i lägenhetsstorlekar är lägenheter om 3 rok överrepresenterade och i byggnaderna finns inga lägenheter om 1 rok. I de lägenheter som studerats finns inga kända problem med hög trångboddhet. Byggnaderna finns i medelstora svenska städer och därmed är det okänt om de representerar storstads- eller landsbygdsförhållanden. Resultatet i denna rapport måste betraktas utifrån storleken och oberoendet på det statistiska underlag som finns, nämligen tre byggnader i olika städer och med olika konstruktion inkluderande sammanlagt 81 lägenheter. Därmed måste generalisering till att låta resultatet representera andra flerbostadshus göras med stor försiktighet och med läsaren som ansvarig.

Målgrupp

Eftersom byggnadens prestanda avseende både fuktsäkerhet, energianvändning och inneklimat i stor utsträckning påverkas av de hygrotermiska förhållandena i inneluften är de resultat som presenteras i rapporten av intresse för de flesta som på ett eller annat sätt arbetar med bostadsbyggnader från planering och projektering till byggnation och förvaltning. I rapporten dras generella slutsatser som breda grupper kan ta till sig av medan detaljerade beskrivningar av

mätdata och analyser riktar sig till fuktsakkunniga, skadeutredare, material och produktutvecklare samt forskare. Nedan exemplifieras några olika målgrupper och hur de kan använda resultatet i rapporten.

Fuktsakkunniga kan använda de statistiska beskrivningarna av mätdata som exempel på randvillkor i simuleringar och riskbedömningar. Inneklimatklasser som beskriver olika nivåer på fuktbelastning har utvecklats för att tillgängliggöra projektets resultat och ett pc-program som genererar data som kan ha tagits fram med tanke på denna tillämpning.

Skadeutredare kan använda de statistiska beskrivningarna av mätdata för att jämföra hur egna uppmätta värden förhåller sig till projektets referensmaterial. Om mätningar av inneklimatet i samband med en skadeutredning genomförts under kortare mätperiod med begränsad variation i utetemperatur kan dessa data korrigeras för andra utetemperaturförhållanden baserat på resultat i rapporten.

Förvaltare som har uppmätta värden på inneklimat kan jämföra dessa mot de statistiska beskrivningarna i rapporten för att få en uppfattning om hur värden förhåller sig till rapportens referensvärden. Genom att mätresultatet finns presenterat för olika utetemperaturer kan bättre jämförelser göras jämfört med mot ett enda medelvärde. Vid kontinuerliga mätningar kan avvikelser relateras till olika variationer som identifierats i rapportens material.

Forskare kan använda materialet för att studera hur olika fukttillskott i medeltal, som enstaka belastningar eller som dimensionerande dygnsmedelvärde påverkar analyser av fuktsäkerhet och analysera olika säkerhetsnivåer för ett optimalt byggande av bostäder.

Referensgrupp

Med ett stort mätdatamaterial finns nästan ingen gräns för hur mycket och hur detaljerat resultat och analyser kan presenteras. En viktig del i projektet har varit att presentera resultat och analyser som är tillämpbara och som bidrar till en ökad kunskap om de hygrotermiska parametrarna. Projektets referensgrupp har under referensgruppsmöten bland annat bidragit med stöd till prioriteringar av analyser och redovisning av projektets resultat.

Referensgruppsmedlemmar:

Charlotte Svensson Tengberg, Skanska Sverige AB

Stephen Burke, NCC Construction Sverige AB

Anders Edström, Peab Sverige AB

Maria Wickström, Boverket

Lars-Erik Harderup, LTH

Jesper Arfvidsson, LTH

METOD

I metodkapitlet beskrivs den övergripande metoden som använts i projektet, vad som mätts, i vilka byggnader det mätts och när, samt vad som analyseras. I enskilda kapitel som beskriver resultat och olika analyser beskrivs de för dem aktuella metoderna mer i detalj.

Byggnader

Mätningar har genomförts i tre byggnader tre svenska städer. Tabell 1 presenterar olika fakta om byggnaderna. Lägenheterna i Byggnad 1 och 2 är hyresrätter medan lägenheterna i Byggnad 3 är bostadsrätter. Projektet hade för avsikt att mäta i totalt fyra byggnader på olika platser i Sverige för att få med uteklimat spridda över stora delar av Sverige. När ihärdigt sökande efter en byggnad med lämpliga förutsättningar i Skåne inte gav något resultat beslöts att genomföra projektet med tre byggnader, men med flera års mätningar istället för ett år. En förutsättning för att byggnaderna skulle ingå i projektet var att de hade ett ventilationssystem där varje lägenhets totala frånluftsflöde fanns tillgängligt i en, på vinden tillgänglig, kanal där mätutrustning kunde placeras. Även om en av byggnaderna är från 1960-talet har byggnaden ett uppdaterat ventilationssystem av nyare modell. Två av byggnaderna har mekanisk till- och frånluft medan en av byggnaderna har ett mekaniskt frånluftssystem med värmeåtervinning med hjälp av en frånluftsvärmepump. Båda byggnaderna med mekanisk till- och frånluft har värmeåtervinning mellan till- och frånluft. I det ena fallet används en rotorväxlare och i det andra fallet används en plattväxlare. Det är alltså tre olika ventilationssystem som finns representerade i de studerade byggnaderna. I två av byggnaderna finns en blandning av lägenheter om 2, 3 och 4 rok medan en av byggnaderna endast har lägenheter om 3 rok.

Tabell 1 Data om de olika byggnaderna

	Ålder	Ventilation	Våningsplan	Lägenheter	Stad	Mätår
Byggnad 1	1960-tal	FVP Ombyggt 2000-talet	10	9 st. 2 rok a 60 m ² 18 st. 3 rok a 73,5 m ² 9 st. 4 rok a 92 m ²	Karlstad	2012, 2014 t.o.m 2015
Byggnad 2	2010-tal	FTX Rotorväxlare	5	10 st. 2 rok a 55 m ² 5 st. 3 rok a 85 m ² 7 st. 4 rok a 100 m ²	Stockholm	2013 t.o.m. 2017
Byggnad 3	2000-tal	FTX Plattväxlare	8	23 st 2 rok a 83-93 m ²	Umeå	2012 t.o.m. 2015

Mätningar

Temperatur och relativ fuktighet har mätts i frånluftskanal som betjänar samtlig frånluft från respektive lägenhet. Frånluftsdon är placerade i lägenheternas kök, badrum, klädkammare och toalett. Uteklimatets temperatur och relativa fuktighet har i de byggnader som har mekanisk till- och frånluft mätts i uteluftsflödets kanal så nära intaget som möjligt. I den byggnad som har mekanisk frånluft har uteklimatet mätts i en väderstation som placerats på byggnadens tak, på

norrssidan av aggregatrummet. Denna placering innebär att klimatstationen är skyddad från direkt solstrålning förutom tidiga morgnar och sena kvällar under sommarhalvåret.

I två av byggnaderna har endast fukttillskottet varit möjligt att analysera då temperatur och därmed relativ fuktighet inte kunde mätas så att det representerar lägenheterna. Genom att mäta under längre tid än ursprungligt planerat har projektet kunnat studera skillnader över längre tid och hur fukttillskottet kan variera mellan olika år. Genom att mätningarna genomförts under flera år finns även en större variation i uteklimat att studera fukttillskottet vid.

Temperatur och RF givarna som använts har en specificerad noggrannhet på $\pm 1,5\%$ RF för RF mellan 0 och 80% och $\pm 2\%$ RF för RF mellan 80% och 100%. Temperaturen har en specificerad noggrannhet på $\pm 0,25^\circ\text{C}$ vid temperaturer lägre än 0°C och $\pm 0,1^\circ\text{C}$ vid temperaturer kring 20°C . Mätutrustningen levererades kalibrerad från företaget som byggde mätsystemet. När mätsystemet nedmonterades kontrollerades att givarna i stort sett inte avvek från specificerade noggrannheter.

Mätningarna av relativ fuktighet och temperatur inkluderar eventuell påverkan från byggnaden och inventariers fuktbuffring och värmekapacitet. Om byggnaderna har luftläckage i klimatskärmen kan det finnas uteklimatförhållanden som innebär att all inneluft inte passerar ventilationsaggregatet och då inte heller mätpunkten i den centrala frånluften. Det mätta värdet beskriver ändå frånluftsförhållandena. Fukttillskottet blir genom mätningen i lägenheternas frånluftson representativ för bostaden som zon men för rum utan frånluftsventilationsdon skulle fukttillskottet kunna skilja sig. Ventilationsluftens väg från tilluft till frånluft gör att fukttillskottet sannolikt är lägre i övriga rum än i frånluftsdonen. Men, dålig omblandning skulle också kunna leda till stagnationszoner i olika rum vilket skulle ge högre fukttillskott där. Eller, att exempelvis många sover med stängd dörr i ett sovrum. Mätningar som har gjorts i FTX-lägenheter tidigare har visat på ganska höga luftutbyteseffektiviteter.

Baserat på uppmätta temperaturer och relativa fuktigheter beräknas ånghalter. Skillnaden mellan ånghalten uppmätt i respektive lägenhets frånluft och i uteluften definierar lägenhetens fukttillskott. Genom att mätningarna görs i frånluften så inkluderas fukttillförsel från såväl matlagning som dusch och tvätt vilket inte nödvändigtvis hade varit fallet om mätningarna gjorts i en punkt i lägenheten. Detta betyder att fukttillskottet baseras på lägenhetens totala fukttillförsel. Mätningar har gjorts var 6:e minut och för varje timme har timmens fukttillskott beräknats baserat på medelvärdet av temperatur och relativ fuktighet utomhus och inomhus under timmen. Om mätningarna hade genomförts med ett större tidsintervall såsom varje timme hade många fukttillförande aktiviteter kunnat missas. Exempelvis är det rimligt att anta att både matlagning och duschning varar kortare än en timme.

Analys

Resultat och analyser av mätdata presenteras i olika kapitel och i varje kapitel beskrivs i detalj metoden för respektive analys. Nedan ges en sammanfattning av de olika analyser som genomförts och som presenteras i rapporten.

Fukttillskottet studeras avseende medelvärde, högsta dygnsmedelvärde och högsta timmedelvärde vid olika utetemperaturer. Exempelvis finns det ett antal dygn som har en dygnsmedelutetemperatur mellan $-0,5$ och $0,5^\circ\text{C}$ och under dessa dygn har varje lägenhet ett visst medelvärde. Detta medelvärde och fördelningen mellan de olika lägenheternas medelvärden beskriver intressant information men ur ett dimensioneringsperspektiv är det intressant att även

veta vad varje lägenhet hade som högsta dygnsmedelvärde när utetemperaturen var mellan $-0,5$ och $0,5^{\circ}\text{C}$ och ur ett ventilationsproduktutvecklingsperspektiv är det intressant att veta vad det högsta timmedelvärdet var samt hur fördelningen av dessa värden var mellan olika lägenheter. På motsvarande sätt analyseras för inomhustemperatur och relativ fuktighet medelvärde samt högts respektive lägsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer.

Med tanke på att de hygrotermiska parametrarna varierar med utetemperaturen är det givet att de kommer att variera under året på grund av detta. För att illustrera hur parametrarna varierar under året presenteras detta för att ge översiktlig information om hur tiden på året kommer att påverka förhållandena. Förutom variationer på tidsskalan år kan man tänka att de parametrar som påverkas av hur vi lever våra liv i bostaden påverkas på tidsskalor som relaterar till hur vi inrättar våra liv. Därför studeras hur fukttillskottet varierar under dygnet vid ett par olika årstider och hur fukttillskottet varierar under veckans olika dagar.

De hygrotermiska parametrarna har mätts i lägenheter om 2, 3 och 4 rok och därför kan det undersökas hur lägenhetens storlek påverkar de mätta parametrarna. Det skulle kunna antas att de olika lägenhetsstorlekarna typiskt bebos av olika kategorier och sammansättningar av boende vilket skulle kunna göra att de hygrotermiska parametrarna beror på lägenhetsstorleken.

Med fukttillskott uppmätt under flera år och i samma lägenheter finns möjlighet att studera hur det ändras från år till år. Det skulle ju kunna vara så att det är samma medelvärde i samtliga studerade lägenheter och samma fördelning av värden mellan lägenheterna men olika värden i varje enskild lägenhet två olika år. Analysen exemplifierar hur drastiskt inneklimatet i en lägenhet kan ändras från ett år till ett annat.

Vid bedömningar av både fuktsäkerhet och inneklimat kan kombinationen av temperatur och fukt vara en viktig aspekt. Baserat på de uppmätta parametrarna studeras om det finns samband mellan temperatur och relativ fuktighet respektive fukttillskott. Är det så att man kan förvänta sig att en lägenhet som har hög innetemperatur har hög eller låg relativ fuktighet respektive fukttillskott?

Baserat på resultat och analyser beskrivna ovan utvecklas inneklimatmodeller som beskriver mätresultatet på ett sätt som gör det tillämpbart för att välja data till olika analyser exempelvis fuktsäkerhet. Inneklimatmodellerna beskriver olika nivåer som täcker in olika andelar av de uppmätta lägenheterna så att det går att välja en medelnivå, en nivå som täcker in 95 procent av de studerade lägenheterna eller en nivå som täcker in alla studerade lägenheter. En medelnivå ger data som beskriver förhållandena i en medellägenhet i det studerade materialet.

RESULTAT, ANALYS OCH DISKUSSION

Variationer vid olika utomhustemperaturer

I detta kapitel presenteras uppmätt fukttillskott, inomhustemperatur och relativa fuktighet. Samtliga parametrar presenteras som funktioner av utomhustemperaturen. Resultatet presenteras uppdelat per byggnad. För respektive byggnad presenteras varje lägenhets mätvärde.

Mätvärden som presenteras för fukttillskottet är:

- Medelvärde
- Högsta dygnsmedelvärde
- Högsta timmedelvärde

Mätvärden som presenteras för inomhustemperatur och relativ fuktighet är:

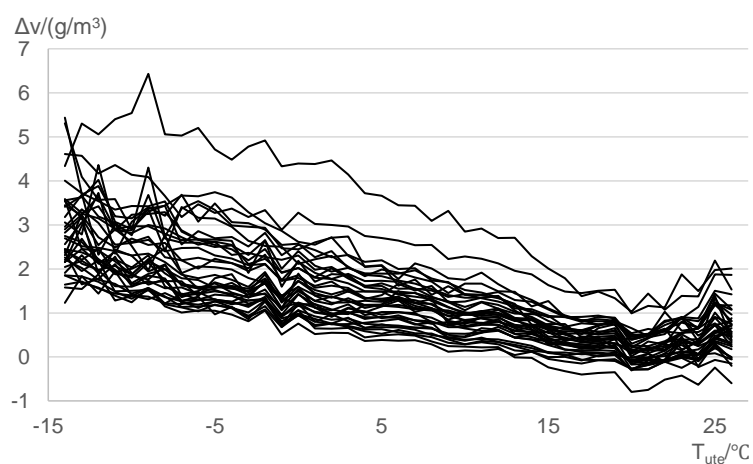
- Medelvärde
- Högsta dygnsmedelvärde
- Lägsta dygnsmedelvärde

Resultatet visar hur de olika mätvärdena fördelar sig mellan olika lägenheter och olika percentilmått används för att beskriva fördelningen mellan lägenheter. I figurerna framgår hur de olika måtten varierar med utetemperaturen och linjära regressioner används för att studera sambandet mellan mätvärdena och utetemperaturen för olika intervall på utetemperaturen.

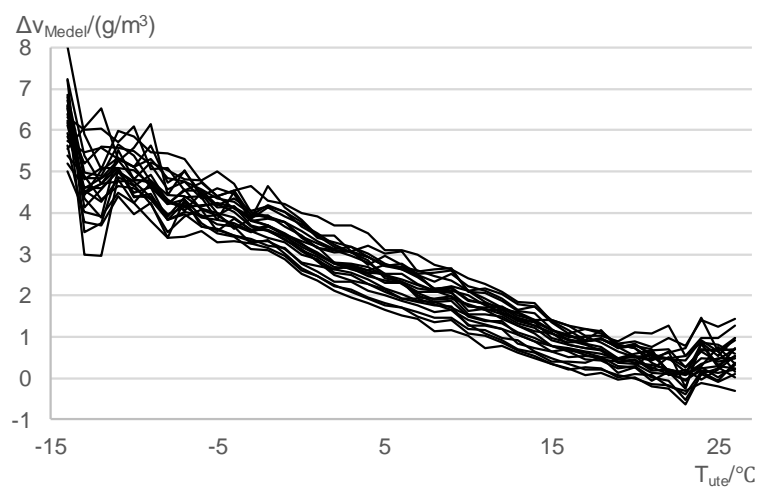
Fukttillskottets medelvärde

I Figur 2 till och med Figur 4 presenteras de olika lägenheternas medelfukttillskott vid olika utetemperaturer. De uppmätta fukttillskotten för respektive lägenhet har sorterats baserat på dygnsmedeltemperaturer i steg om hela grader med ett intervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$. För varje lägenhet och varje utetemperaturintervall om $\pm 0,5^\circ\text{C}$ har fukttillskottets medelvärde beräknats vilket innebär att i figurerna avläses vad fukttillskottet (avläses på x-axeln) i medeltal har varit i olika lägenheter (varje linje representerar en lägenhet) under dygn med en viss utetemperatur (avläses på y-axeln). Resultatet presenteras för respektive byggnad. Resultatet som presenteras i figurerna är baserat på den totala mätperioden i respektive byggnad. Skalan på y-axlarna i de olika figurerna har anpassats för att för respektive byggnad presentera resultatet så tydligt som möjligt. Vid utetemperaturer kring 0°C är medelvärdet baserat på samtliga lägenheter 2 g/m^3 och medelfukttillskottet i de olika studerade lägenheterna varierar mellan cirka $0,5\text{ g/m}^3$ och $4,5\text{ g/m}^3$. Det är alltså en kvot på 9 mellan lägenheten med högst och lägenheten med lägst medelfukttillskott. De uppmätta medelfukttillskotten vid utetemperaturer kring 0°C är alla inom den variation som de Place Hansen (2017) redovisar baserat på mätningar i 500 danska bostäder. Vid temperaturer över 20°C ökar fukttillskottet med ökande utetemperatur i samtliga studerade byggnader. Motsvarande ökning i fukttillskott vid temperaturer över 20°C har identifierats av Kalamees et al (2005). Vid utetemperaturer nära de varmaste och kallaste för de olika byggnaderna kan det för enskilda lägenheter vara stora hopp i fukttillskott mellan två dygnsmedelutetemperaturer som ligger bredvid varandra. Det kan förklaras med att det för dessa dygnsmedelutetemperaturer endast finns ett eller några få dygn. För samtliga byggnader är fukttillskottet generellt minskande med ökande utetemperatur upp till 20°C vilket

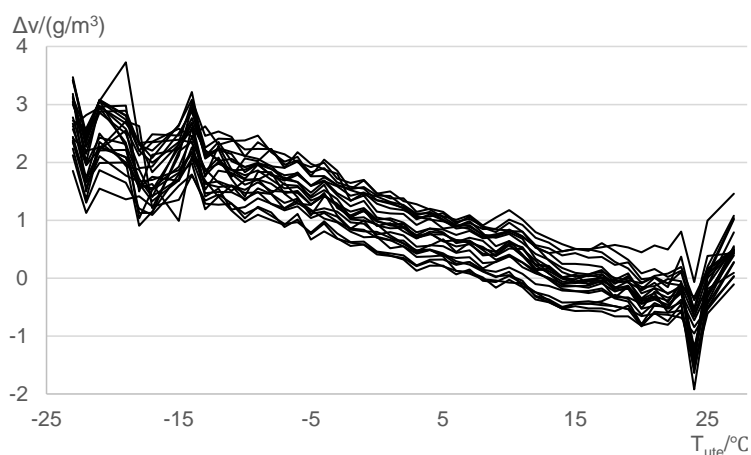
överensstämmer med inneklimatmodellen enligt Künzell (1997). Av resultatet i Figur 2 till och med Figur 4 framgår inte att fukttillskottet skulle vara konstant för utetemperaturer lägre än 0°C på motsvarande sätt som inneklimatmodellen i EN 13788 anger.



Figur 2 Byggnad 1. Medelfukttillskott uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



Figur 3 Byggnad 2. Medelfukttillskott uppmätt i 22 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



Figur 4 Byggnad 3. Medelfukttillskott uppmätt i 23 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.

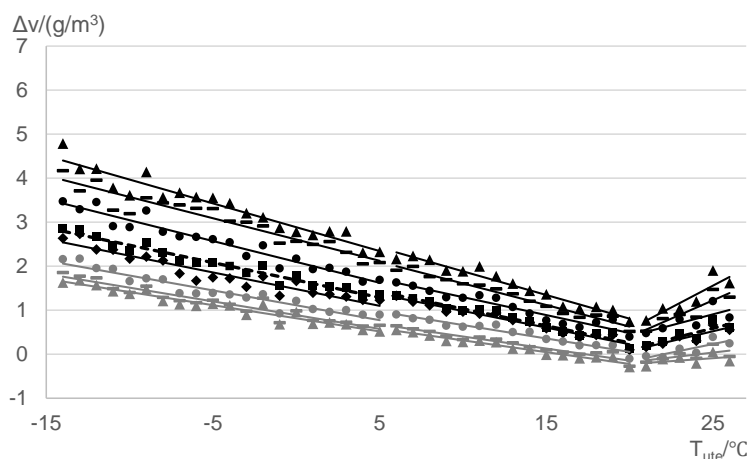
I Figur 2 till och med Figur 4 får man en bild av alla lägenheters medelfukttillskott vid olika utetemperaturer. Det går att avläsa de högsta eller lägsta medelfukttillskotten som varit i någon lägenhet vid en viss utetemperatur och det framgår att generellt är medelfukttillskottet avtagande med ökande utetemperatur för alla utetemperaturer lägre än 20°C. Medan det är enkelt att i figurerna avläsa det högsta och lägsta medelvärdet som någon lägenhet har vid en viss utetemperatur är det svårare att få en uppfattning om hur värdena däremellan fördelas. Därför beräknas för respektive dygnsmedeltemperatur olika percentiler och medelvärdet för fördelningen mellan lägenheterna vilket presenteras i Figur 5 till och med Figur 7. I dessa figurer redovisas 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler och med svarta kvadrater medelvärdet. För samma temperaturgränser som Ilomets et al (2017) har definierat, utetemperaturer lägre än 5°C, mellan 5°C och 20°C samt över 20°C, görs linjära regressioner för respektive percentil. Medelvärdets regressionslinjer är streckade. Figur 8 presenterar motsvarande percentiler, medel och median baserat på samtliga 81 lägenheter i de tre byggnaderna samt även för varje utetemperatur det högsta uppmätta medelvärdet i någon lägenhet. Med tanke på det tydliga sambandet mellan fukttillskottet och utemperaturen som framgår av resultatet i figurerna är det avgörande att ha kunskap om vid vilka utetemperaturförhållanden som fukttillskott är uppmätt vid för att kunna göra jämförelser och för att kunna använda värdet för olika tillämpningar. För respektive byggnad och för resultatet baserat på samtliga lägenheter är det i stort sett samma lutning på de båda regressionslinjerna som beskriver fukttillskottets medelvärde för temperaturer lägre än 20°C.

Av resultatet i figurerna framgår att det är skillnader i fukttillskott i de olika byggnaderna och att det är förhållandevis stora skillnader i medelfukttillskott i de tre olika byggnaderna. Byggnad 1 har ett medelfukttillskott som är i storleksordningen dubbelt så stort som medelvärdet för Byggnad 3. Byggnad 2 har ett medelvärde som är i storleksordningen dubbelt så stort som medelvärdet i Byggnad 1. Det höga medelfukttillskottet i Byggnad 2 kan bero på fuktåtervinning i det roterande FTX-aggregatet.

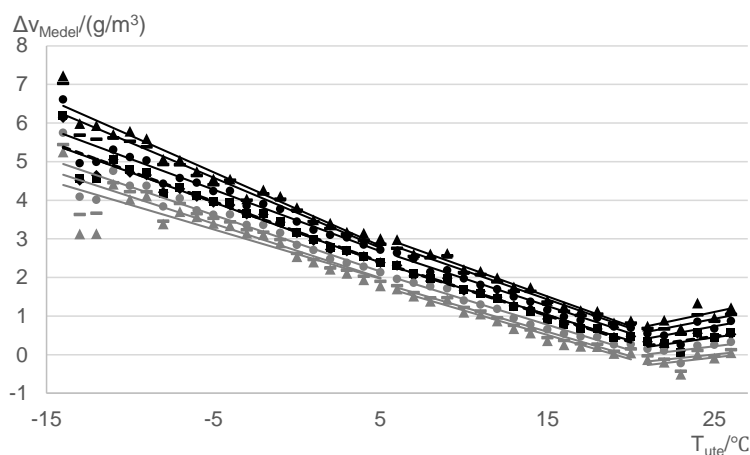
Exempel på avläsning i Figur 5: När utemperaturen är -5°C visar regressionslinjen för 95-percentilen 3,5 g/m³ vilket innebär att 5% av lägenheterna har ett högre medelfukttillskott vid denna utetemperatur medan 95% av lägenheterna har ett lägre. Vid samma utetemperatur ger en avläsning av 5-percentilens regressionslinje ett fukttillskott på 1 g/m³ vilket innebär att 5% av lägenheterna har ett lägre fukttillskott vid denna utetemperatur. Tillsammans ger de båda

avläsningarna att vid utetemperaturen -5°C har 90% av lägenheterna ett medelfukttillskott på mellan 1 g/m^3 och $3,5\text{ g/m}^3$.

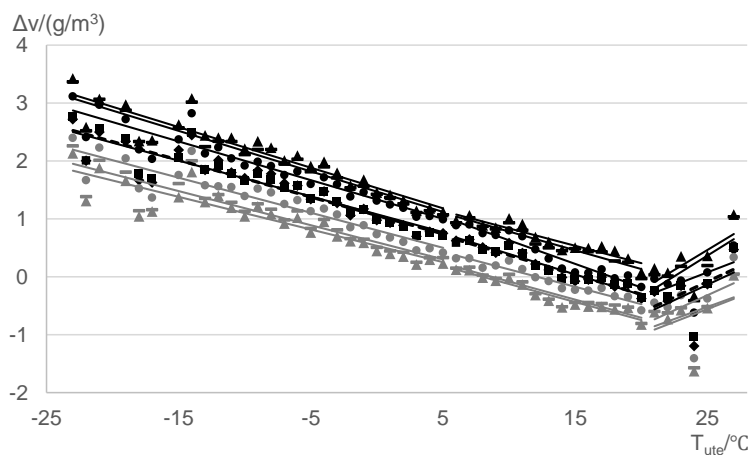
Kurvan som beskriver fukttillskottet i en medellägenhet baserat på hela det studerade materialet, *Figur 8*, har samma gradient som kurvan i inneklimatmodellen enligt Künzel (1997) som beskriver den undre gränsen för normalklassen. Det innebär att i en medellägenhet ökar fukttillskottet med 1 g/m^3 när dygnsmedeltemperaturen minskar med 10°C . Även om gradienten är samma så skiljer sig de absoluta värdena åt mellan de två nämnda kurvorna ovan. Kurvan som beskriver en medellägenhet i *Figur 8* ligger i genomsnitt cirka $0,5\text{ g/m}^3$ högre i nivå och därmed är fukttillskottet inte noll när utetemperaturen är 20°C .



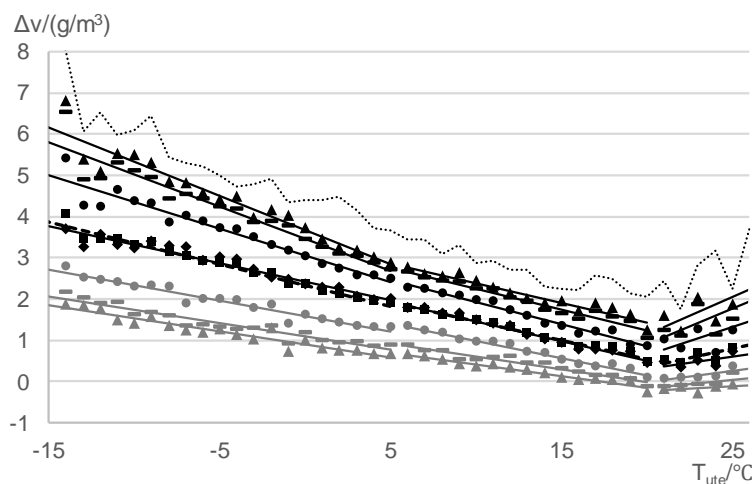
Figur 5 Byggnad 1. Fördelning av medelfukttillskott mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



Figur 6 Byggnad 2. Fördelning av medelfukttillskott mellan 26 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



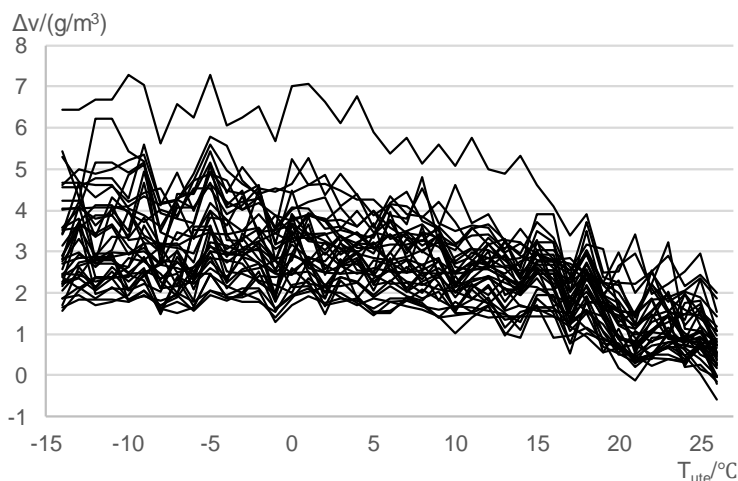
Figur 7 Byggnad 3. Fördelning av medelfukttillskott mellan 23 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



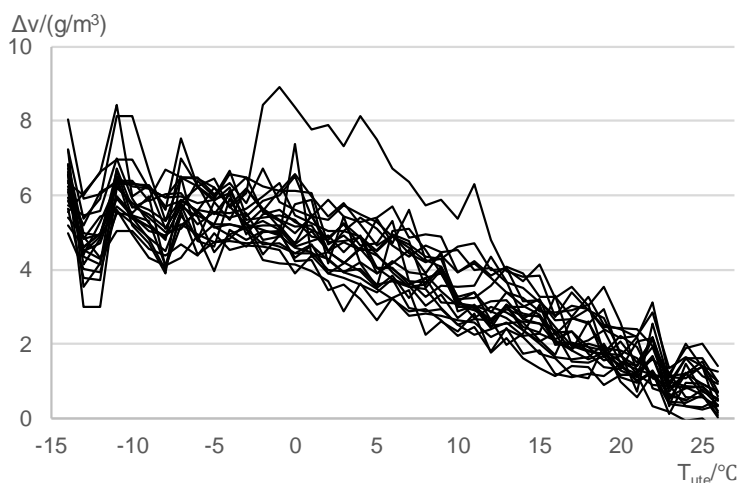
Figur 8 Fördelning av medelfukttillskott mellan samtliga 81 lägenheter på de tre mätorterna vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet. Punktlinjen som ligger överst visar det högsta medelfukttillskottet i någon lägenhet för varje temperatur.

Fukttillskottets högsta dygnsmedelvärde

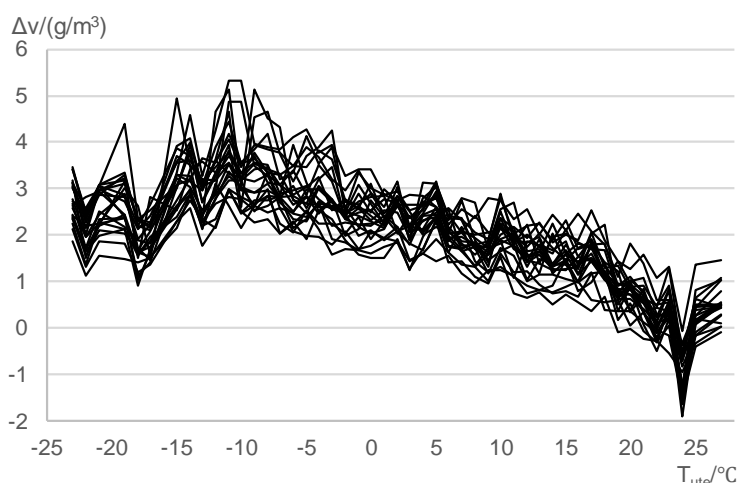
Figur 2 till och med Figur 4 beskriver medelfukttillskottet för dygn med olika dygnsmedeltemperatur. Inom varje dygnsmedeltemperaturintervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ finns ett antal dagar med olika dygnsmedelfukttillskott och ur ett dimensioneringsperspektiv är inte enbart medelvärden intressanta utan information om det högsta dygnsmedelvärdet som uppmätts vid olika utetemperaturer är av intresse. För varje lägenhet och dygnsmedeltemperatur beräknas fukttillskottets dygnsmedelvärden och för respektive temperaturintervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ sorteras varje lägenhets högsta dygnsmedelvärde ut. Figur 9 till och med Figur 11 presenteras lägenheternas högsta uppmätta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer. Varje linje beskriver det högsta uppmätta dygnsmedelfukttillskottet i en viss lägenhet vid olika utetemperaturer. Resultatet som presenteras i figurerna är baserat på den totala mätperioden i respektive byggnad. De uppmätta högst dygnsmedelfukttillskotten vid utetemperaturer kring 0°C är alla med undantag av en lägenhet i Byggnad 2 inom den variation som Iliometis et al (2017) och Kalamees et al (2005) redovisar för högsta veckomedelvärde. Högsta dygnsmedelvärde borde kunna förväntas vara högre än högsta veckomedelvärde.



Figur 9 Byggnad 1. Högsta dygnsmedelfukttillskott uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



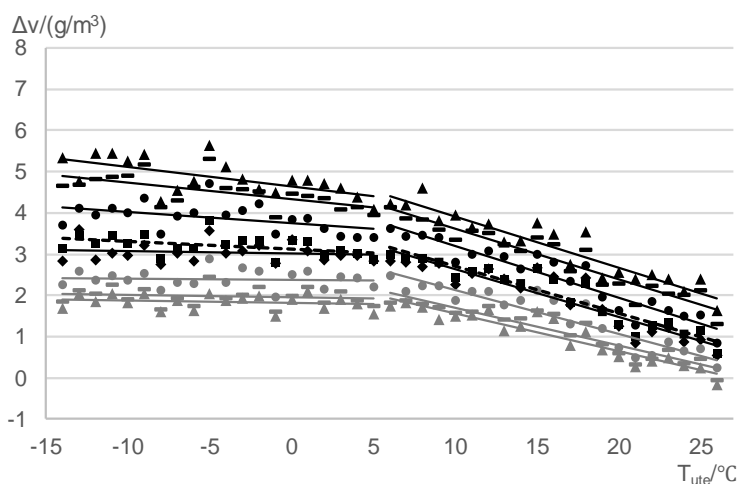
Figur 10 Byggnad 2. Högsta dygnsmedelfukttillskott uppmätt i 22 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



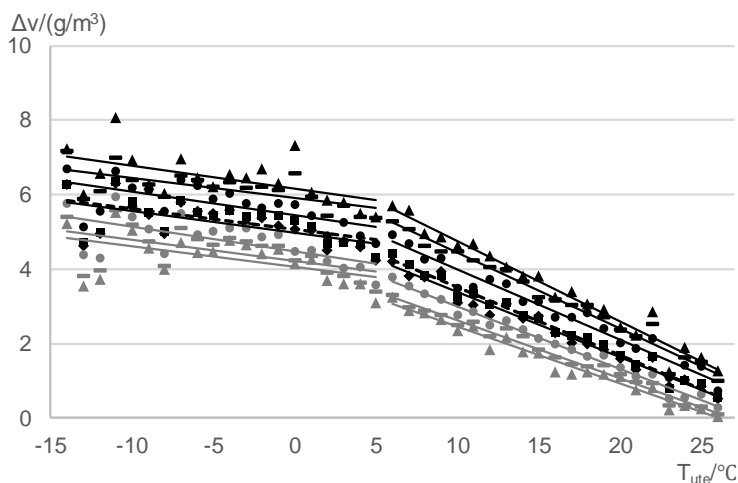
Figur 11 Byggnad 3. Högsta dygnsmedelfukttillskott uppmätt i 23 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.

På motsvarande sätt som beskrivits i tidigare kapitel beräknas för respektive dygnsmedeltemperatur olika percentiler och medelvärdet för fördelningen mellan lägenheterna vilket presenteras i Figur 12 till och med Figur 14. I dessa figurer redovisas 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler och med svarta kvadrater medelvärdet. Medelvärdets regressionslinjer är streckade. Temperaturgränser för regressionslinjerna väljs med utgångspunkt från Ilomets et al (2017) men kompletteras av kvalitativ information i Figur 9 till och med Figur 11 vilket innebär att för samtliga byggnader görs ingen separat linjär regression för utetemperaturer över 20°C och för Byggnad 3 bryts temperaturintervallen vid -10°C med syftet att på ett anpassat sätt beskriva uppmätta värden. Vid utetemperaturer kring 0 °C är medelvärdet för det högsta dygnsmedelfukttillskottet 3,5 g/m³ och det varierar i de olika studerade lägenheterna mellan cirka 1,5 g/m³ och 8 g/m³. I en medellägenhet har alltså dygnet med högst fukttillskott ett värde som är 75 % högre än medeldygnet i samma lägenhet. Samtidigt är det en kvot på drygt 5 mellan lägenheten med högst och lägst värde på högsta dygnsmedelfukttillskott.

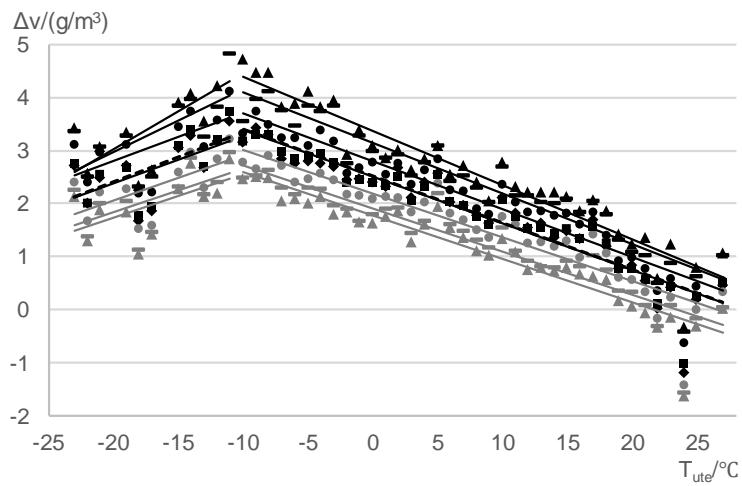
De regressionslinjer som beskriver det högsta dygnsmedelvärdet vid olika utetemperaturer visar att för lägre utetemperaturer ökar inte fuktillskottet lika mycket som vid högre utetemperaturer och i och med det finns vissa likheter med hur olika inneklimatklasser beskrivs i inneklimatmodellen i EN 13788.



Figur 12 Byggnad 1. Fördelning av högsta dygnsmedelfuktillskott mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



Figur 13 Byggnad 2. Fördelning av högsta dygnsmedelfuktillskott mellan 22 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

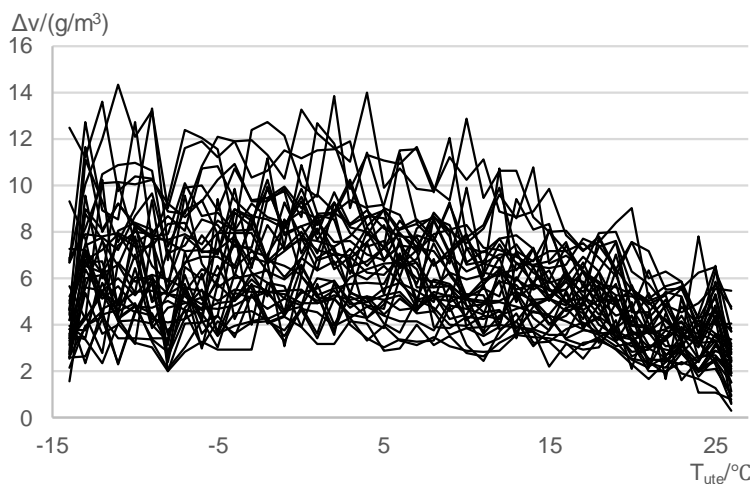


Figur 14 Byggnad 3. Fördelning av högsta dygnsmedelfukttillskott mellan 23 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

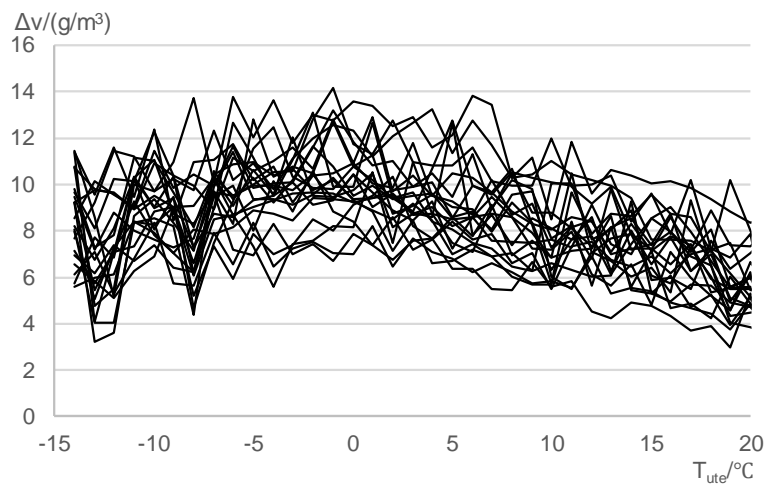
Fukttillskottets högsta timmedelvärde

Figur 15 till och med Figur 17 presenterar högsta uppmätta timmedelvärde i de olika lägenheterna i byggnaderna vid olika utetemperaturer och Figur 18 till och med Figur 20 presenterar statistiska fördelningar på motsvarande sätt som i föregående två kapitel. Dessa högsta uppmätta timmedelvärden vid olika utetemperaturer förekommer inte under längre sammanhängande tider.

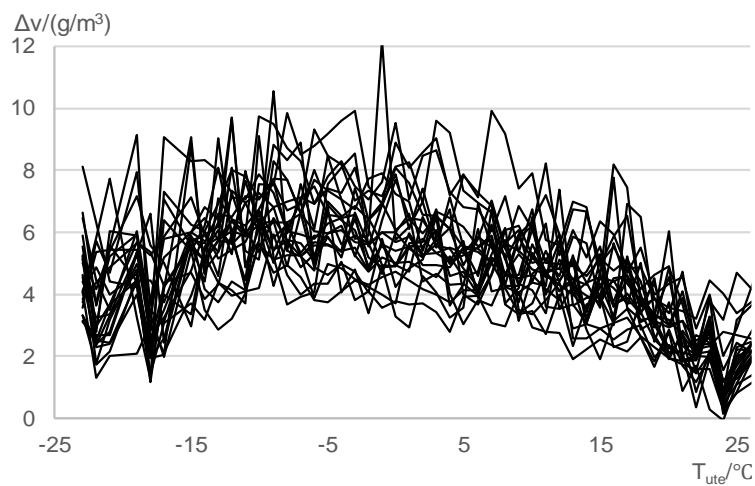
Regressionslinjerna som beskriver de statistiska måtten vid olika utetemperaturer har samma uppdelning i temperaturintervallen lägre än 5°C, mellan 5°C och 20°C samt över 20°C som regressionslinjerna för medelvärdena i kapitel Fukttillskottets medelvärde. Medan samtliga regressionslinjer som beskriver medelvärdena, Figur 5 till och med Figur 8, är avtagande med ökande utetemperatur när utetemperaturen är lägre än 20°C, är samtliga regressionslinjer som beskriver maximala timmedelvärdet för utetemperaturer lägre än 5°C ökande med ökande utetemperatur medan i stort sett samtliga regressionslinjer för temperaturer över 5°C är minskande med ökande utetemperatur. De regressionslinjer som beskriver det högsta dygnsmedelvärdet vid olika utetemperaturer visar att för lägre utetemperaturer ökar inte fukttillskottet och i och med det finns vissa likheter med hur olika inneklimateklasser beskrivs i inneklimatemodellen i EN 13788.



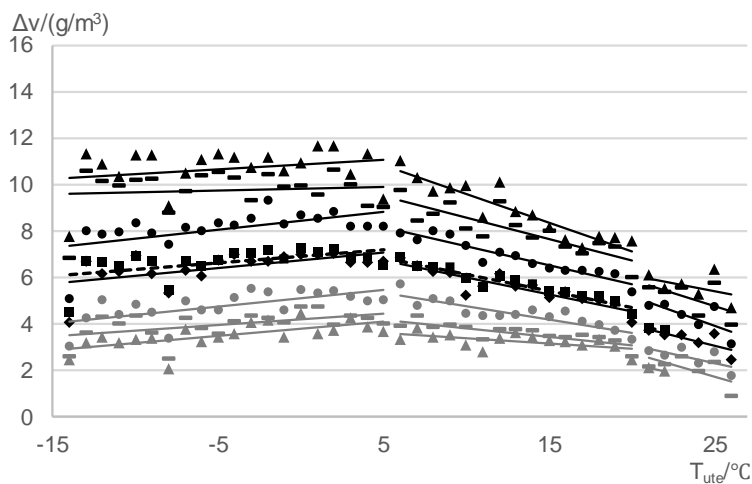
Figur 15 Byggnad 1. Högsta uppmätta timmedelvärde på fukttillskottet uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



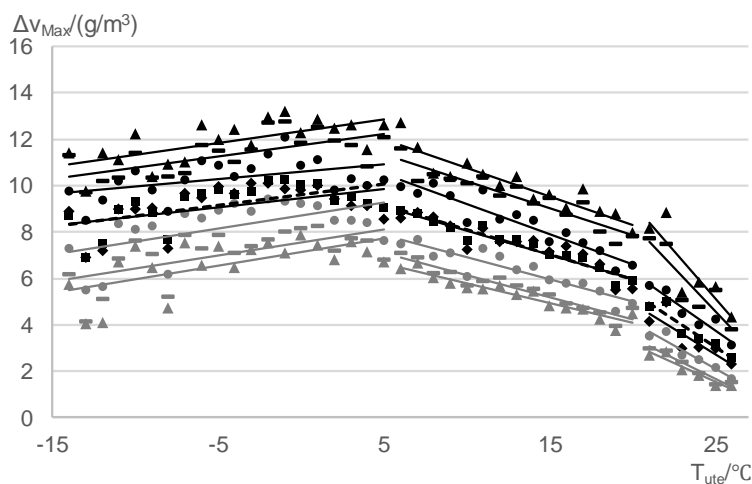
Figur 16 Byggnad 2. Högsta uppmätta timmedelvärde på fukttillskottet uppmätt i 22 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



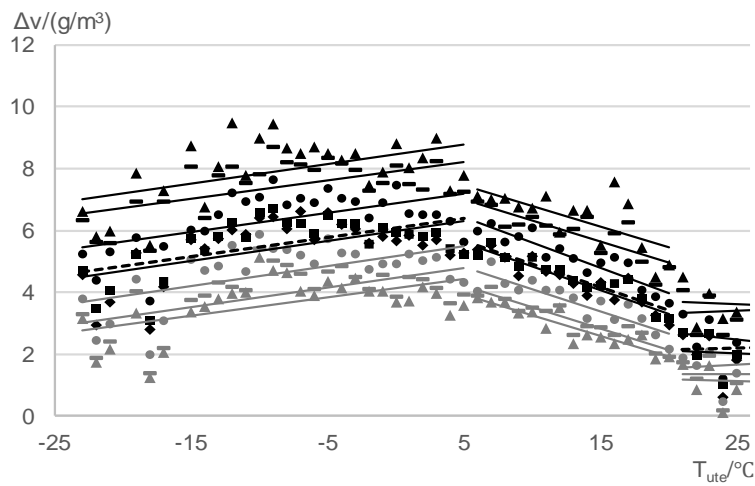
Figur 17 Byggnad 3 Högsta uppmätta timmedelvärde på fukttillskottet uppmätt i 23 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.



Figur 18 Byggnad 1. Fördelning av högsta uppmätta timmedelvärde på fukttillskottet mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



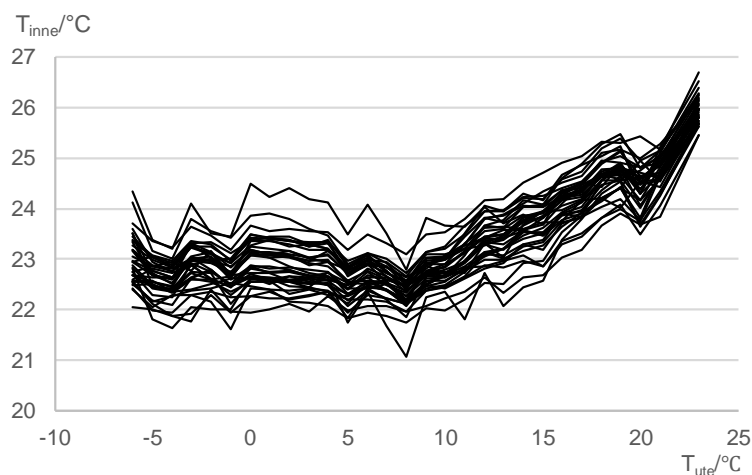
Figur 19 Byggnad 2. Fördelning av högsta uppmätta timmedelvärde på fukttillskottet mellan 22 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



Figur 20 Byggnad 3. Fördelning av högsta uppmätta timmedelvärde på fuktillskottet mellan 23 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

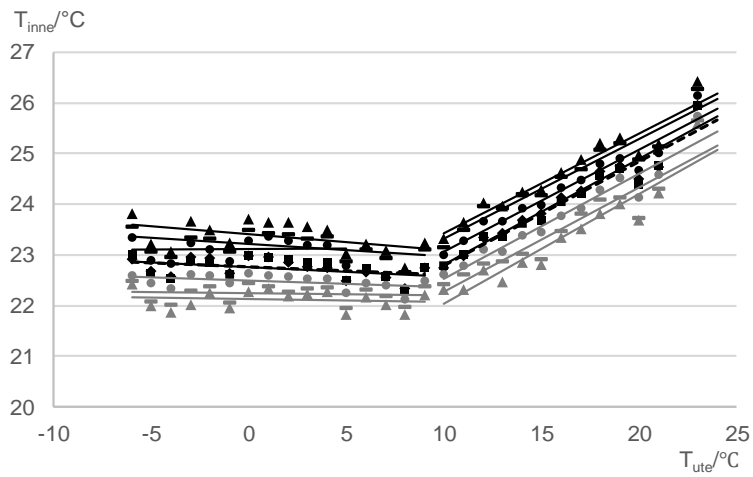
Inomhustemperaturens medelvärde

Uppmätta inomhustemperaturer har sorterats baserat på dygnsmedeltemperaturer i steg om hela grader med ett intervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$. För respektive lägenhet och dygnsmedeltemperatur utomhus beräknas inomhustemperaturens medelvärde. Resultatet presenteras i Figur 21. Figuren visar sambandet mellan inomhustemperaturen och utetemperatur där varje linje beskriver inomhustemperaturen i en viss lägenhet vid olika utetemperaturer. För alla utetemperaturer är spridningen i medeltemperatur mellan de olika lägenheterna cirka 2°C .



Figur 21. Medeltemperatur inomhus uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer 2015. Varje linje representerar en lägenhet.

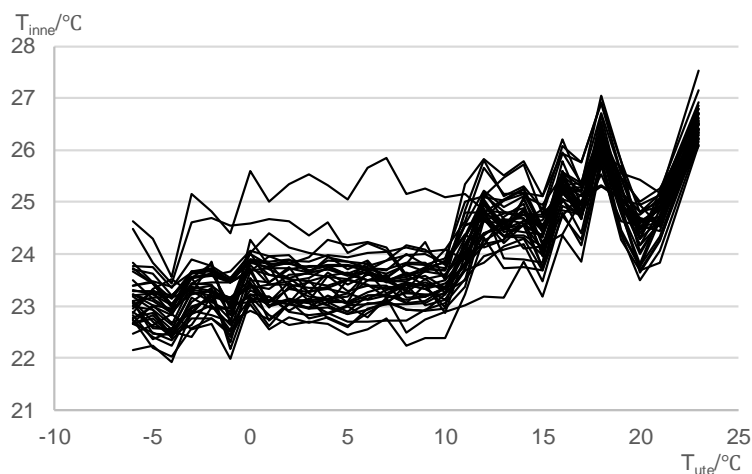
I Figur 21 får man en bild av alla lägenheters medeltemperatur inomhus vid olika utetemperaturer. Det går att avläsa de högsta eller lägsta temperaturerna som varit i någon lägenhet vid en viss utetemperatur och det framgår att generellt är temperaturen inomhus ökande med ökande utetemperatur för utetemperaturer högre än cirka 10°C . Medan det är enkelt att i figurerna avläsa högsta och lägsta värden är det svårare att få en uppfattning om värdena däremellan. Därför beräknas för respektive dygnsmedeltemperatur olika percentiler och medelvärdet för fördelningen mellan lägenheterna vilket presenteras i Figur 22. I dessa figurer redovisas 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler och med svarta kvadrater medelvärdet. För olika temperaturintervall presenteras regressionslinjer för de olika statistiska måtten. Temperaturgränser för regressionslinjerna väljs med utgångspunkt från resultatet i Figur 21 där kurvorna som beskriver inomhustemperaturen generellt ändrar riktning i förhållande till utomhustemperaturen när utomhustemperaturen är kring 10°C .



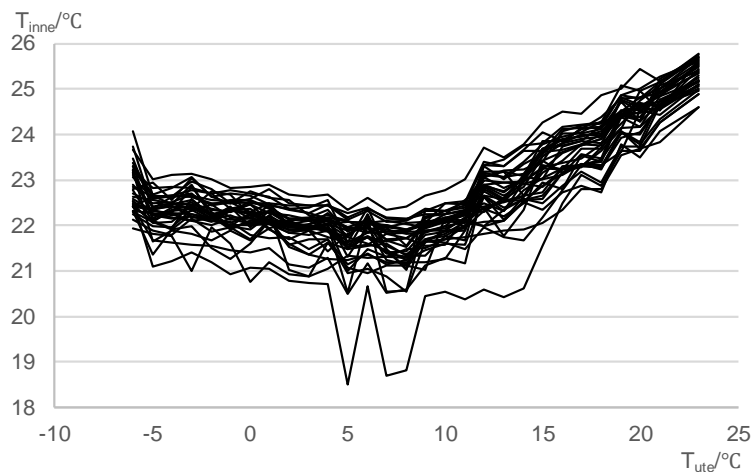
Figur 22. Fördelning av medeltemperatur inomhus mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer 2015. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

Inomhustemperaturens högsta och lägsta dygnsmedelvärde

Figur 21 i föregående kapitel beskriver medeltemperaturen inomhus för dygn med olika dygnsmedeltemperatur. Inom varje dygnsmedeltemperaturintervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ finns ett antal dagar med olika dygnsmedeltemperatur inomhus och ur ett dimensioneringsperspektiv är inte enbart medelvärden intressanta utan information om det högsta och lägsta dygnsmedelvärdet som uppmätts vid olika utetemperaturer är av intresse. För varje lägenhet och dygnsmedeltemperatur utomhus beräknas inomhustemperaturens dygnsmedelvärden och för respektive temperaturintervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ sorteras varje lägenhets högsta och lägsta dygnsmedelvärde ut. I Figur 23 och Figur 24 presenteras lägenheternas högsta respektive lägsta uppmätta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer. Varje linje beskriver det högsta respektive lägsta uppmätta dygnsmedeltemperaturen i en viss lägenhet vid olika utetemperaturer. Troligtvis kan solstrålning ha stor påverkan på det högsta dygnsmedelvärdet. Särskilt utanför uppvärmningssäsongen då det inte finns något uppvärmningsbehov som inkommande solvärme kan täcka förutsatt att energi från uppvärmningssystemet begränsas motsvarande. Den stora skillnaden mellan de högsta dygnsmedeltemperaturerna vid utetemperaturer kring 20°C där det vid en dygnsmedelutetemperatur är i genomsnitt $1,5^\circ\text{C}$ lägre högsta dygnsmedelutetemperatur jämfört med för angränsande dygnsmedelutetemperaturer skulle kunna förklaras av att det endast är en eller ett par dagar med respektive dygnsmedelutetemperatur och då kan det få ett stort genomslag om det råkar vara en solig eller molnig dag.

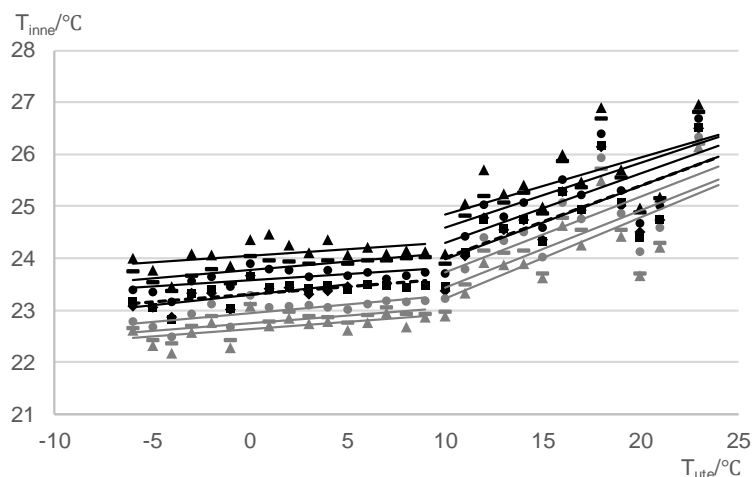


Figur 23 Högsta dygnsmedeltemperatur inomhus uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.

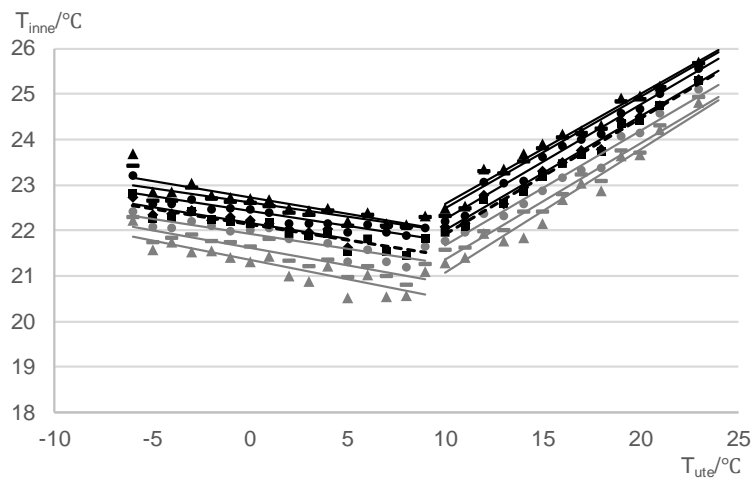


Figur 24 Lägsta dygnsmedeltemperatur inomhus uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.

På motsvarande sätt som beskrivits i tidigare kapitel beräknas för respektive dygnsmedeltemperatur olika percentiler och medelvärdet för fördelningen mellan lägenheterna vilket presenteras i Figur 25 och Figur 26. I dessa figurer redovisas 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler och med svarta kvadrater medelvärdet. Medelvärdets regressionslinjer är streckade. Temperaturgränser för regressionslinjerna väljs med utgångspunkt från resultatet i Figur 23 och Figur 24 där kurvorna som beskriver inomhustemperaturen generellt ändrar riktning i förhållande till utomhustemperaturen när utomhustemperaturen är kring 10°C. Skillnaden mellan högsta och lägsta dygnsmedeltemperatur inomhus skulle kunna vara ett mått på solens påverkan på inomhustemperaturen. Generellt är den högsta dygnsmedeltemperaturen cirka 1,5°C högre än den lägsta dygnsmedeltemperaturen när utetemperaturen är kring 15°C.



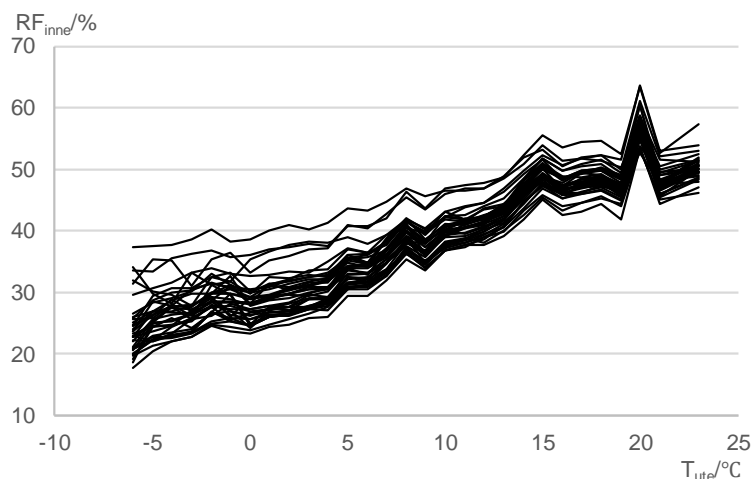
Figur 25 Fördelning av högsta dygnsmedeltemperatur inomhus mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



Figur 26 Fördelning av lägsta dygnsmedeltemperatur inomhus mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

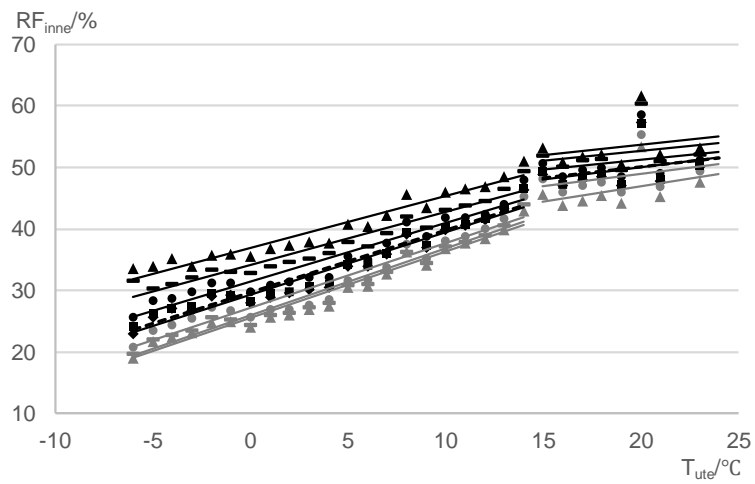
Relativa fuktighetens medelvärde

Uppmätta relativa fuktigheter inomhus har sorterats baserat på dygnsmedeltemperaturer i steg om hela grader med ett intervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$. För respektive lägenhet och dygnsmedeltemperatur utomhus beräknas medelvärdet för relativa fuktigheten inomhus. Resultatet presenteras i Figur 27. Figuren visar sambandet mellan relativa fuktigheten inomhus och utetemperatur där varje linje beskriver relativa fuktigheten inomhus i en viss lägenhet vid olika utetemperaturer.



Figur 27 Relativa fuktighetens medelvärde vid olika utetemperaturer för 36 lägenheter 2015. Varje linje representerar en lägenhet.

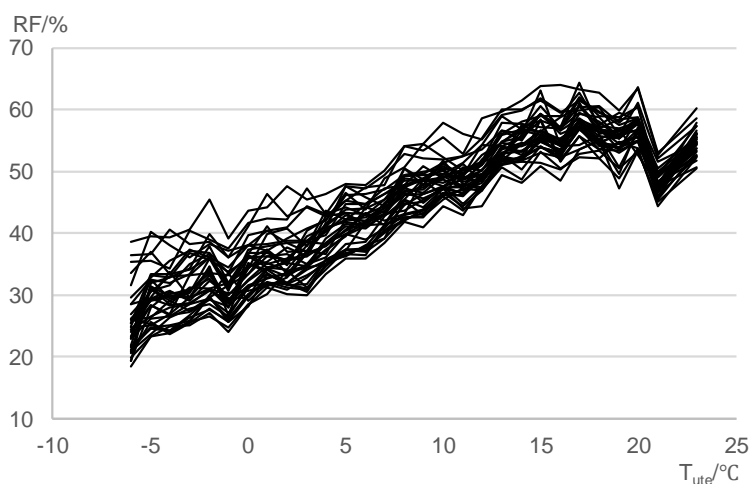
I Figur 27 får man en bild av alla lägenheters relativa fuktighet inomhus i medeltal vid olika utetemperaturer. Det går att avläsa vad medelvärdet är i lägenheten med högst respektive lägst medelvärde vid en viss utetemperatur och det framgår att generellt är relativa fuktigheten inomhus ökande med ökande utetemperatur. Ökningen ser ut att avta vid utetemperaturer över 15°C . Medan det är enkelt att i figurena avläsa högsta och lägsta värden är det svårare att få en uppfattning om värdena däremellan. Därför beräknas för respektive dygnsmedeltemperatur olika percentiler och medelvärdet för fördelningen mellan lägenheterna vilket presenteras i Figur 28. I dessa figurer redovisas 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler och med svarta kvadrater medelvärdet. För olika temperaturintervall presenteras regressionslinjer för de olika statistiska måtten. Temperaturgränser för regressionslinjerna väljs med utgångspunkt från resultatet i Figur 27 där relativa fuktigheten inomhus ökar mindre när utetemperaturen är över 15°C jämfört med vid lägre utetemperaturer.



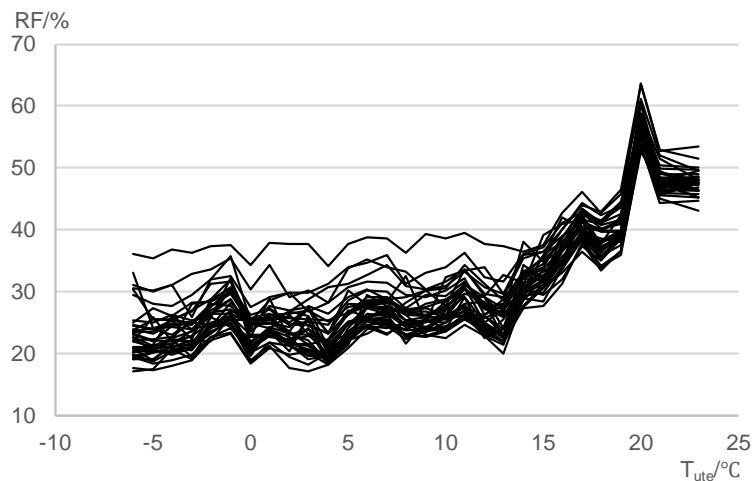
Figur 28 Fördelning av relativa fuktighetens medelvärde inomhus mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer 2015. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

Relativa fuktighetens högsta och lägsta dygnsmedelvärde

Figur 27 beskriver relativa fuktighetens medelvärde inomhus för dygn med olika dygnsmedeltemperatur. Inom varje dygnsmedeltemperaturintervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ finns ett antal dagar med olika dygnsmedel på relativa fuktigheten inomhus och ur ett dimensioneringsperspektiv är inte enbart medelvärden intressanta utan information om det högsta och lägsta dygnsmedelvärdet som uppmätts vid olika utetemperaturer är av intresse. För varje lägenhet och dygnsmedeltemperatur utomhus beräknas därför relativa fuktighetens dygnsmedelvärden och för respektive temperaturintervall på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ sorteras varje lägenhets högsta och lägsta dygnsmedelvärde ut. I Figur 29 och Figur 30 presenteras lägenheternas högsta respektive lägsta uppmätta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer. Varje linje beskriver det högsta respektive lägsta uppmätta dygnsmedelvärdet för relativa fuktigheten i en viss lägenhet vid olika utetemperaturer.

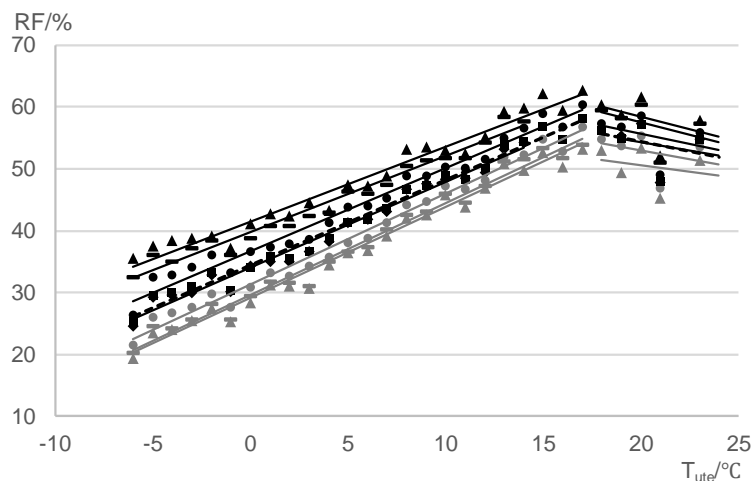


Figur 29 Högsta dygnsmedelvärde på relativ fuktighet inomhus uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.

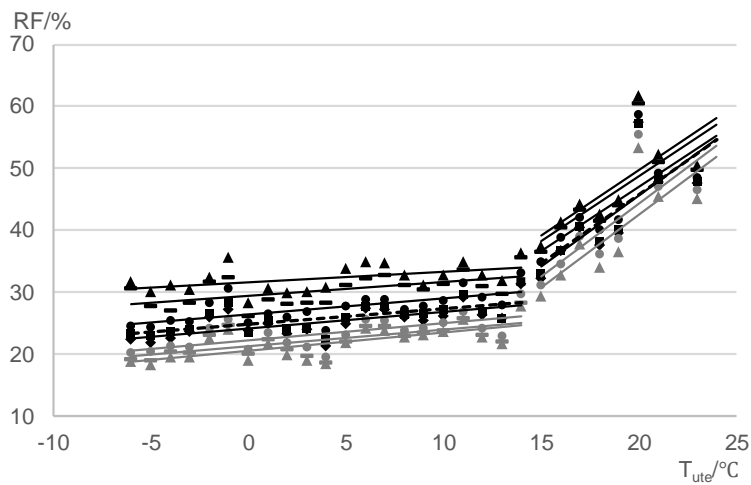


Figur 30 Lägsta dygnsmedelvärde på relativ fuktighet inomhus uppmätt i 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Varje linje representerar en lägenhet.

På motsvarande sätt som beskrivits i tidigare kapitel beräknas för respektive dygnsmedeltemperatur olika percentiler och medelvärdet för fördelningen mellan lägenheterna vilket presenteras i Figur 31 och Figur 32. I dessa figurer redovisas 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler och med svarta kvadrater medelvärdet. Medelvärdets regressionslinjer är streckade. Temperaturgränser för regressionslinjerna väljs med utgångspunkt från resultatet i Figur 29 och Figur 30 där kurvorna som beskriver relativa fuktigheten inomhus generellt ändrar riktning i förhållande till utomhustemperaturen när utomhustemperaturen är kring 17°C för högstavärden och kring 14°C för lägstavärden.



Figur 31 Fördelning av högsta dygnsmedelvärdet på relativa fuktigheten inomhus mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressionslinjer för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.



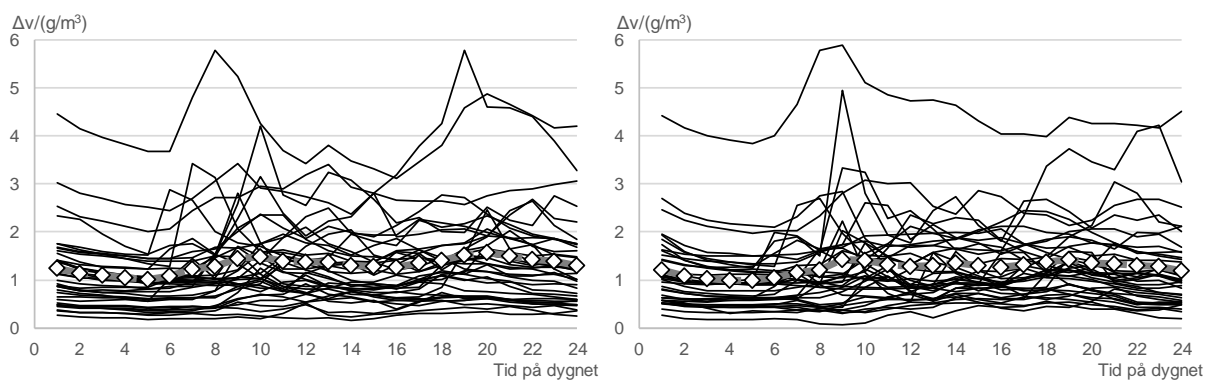
Figur 32 Fördelning av lägsta dygnsmedelvärdet på relativa fuktigheten inomhus mellan 36 lägenheter vid olika utetemperaturer. Fördelningen redovisas med 95-, 90-, 75-, 50-, 25-, 10- och 5-percentiler. Svarta kvadrater anger medelvärdet. Linjerna är linjära regressioner för respektive percentilmått inom olika temperaturintervall. Den streckade linjen avser medelvärdet.

Variation under dygnet, veckan och året

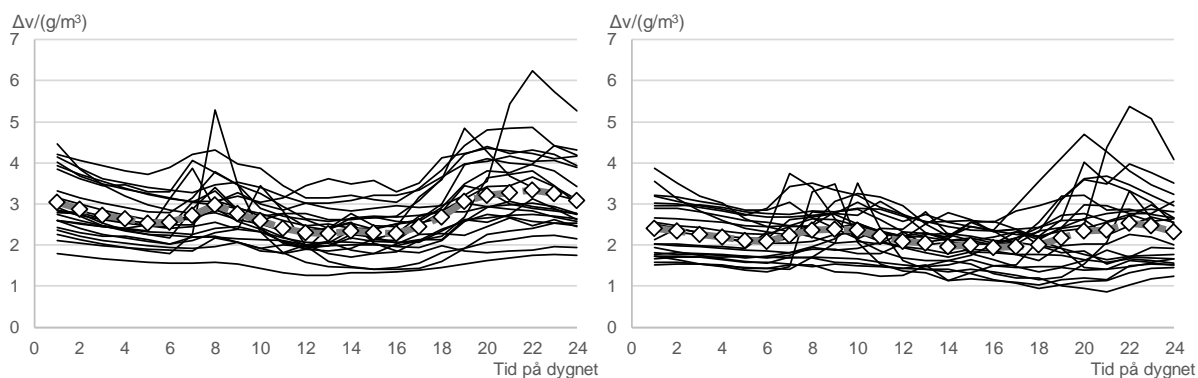
Resultatet som presenteras i kapitlet Variationer vid olika utomhustemperaturer visar hur de hygrotermiska parametrarna varierar vid olika utetemperaturer. Med tanke på det är det uppenbart att i ett Svenskt klimat med utetemperaturskillnader mellan årstider kommer parametrarna ha väsentligt olika värden beroende på när under året de mäts. På kortare tidsskala än år skulle man kunna tänkas sig att brukarbeteende beror på vilken veckodag det är vilket skulle kunna göra att fuktillskottet varierar med veckodag. Under dygnet borde brukarbeteendet i stor utsträckning kunna påverka hur fuktillskottet varierar genom att vi går upp och går och lägger oss vid olika tider, duschar och lagar mat vid olika tider och spenderar olika mycket tid i bostaden. I detta kapitel studeras hur de hygrotermiska parametrarna varierar på olika tidsskalor. Fuktillskottet studeras avseende variation under dygnet, veckan och året och temperatur och relativ fuktighet studeras avseende variation under året.

Variation under dygnet

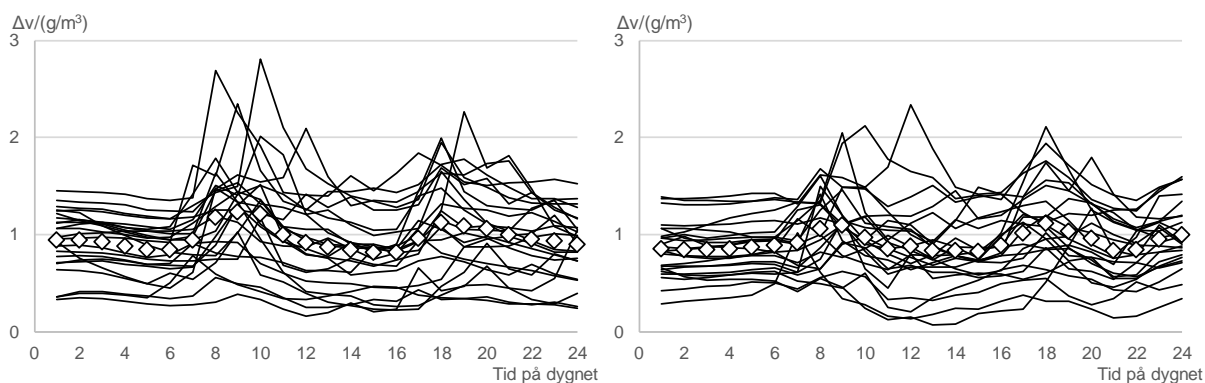
För varje lägenhet i de olika byggnaderna har en medelprofil över hur fuktillskottet varierar under dygnet tagits fram. För att studera skillnader beroende på årstid redovisas profilerna för en vintermånad, februari, och en vårmånad, april, för respektive byggnad i Figur 33 till och med Figur 35. Profilerna baseras på uppmätta värden under vardagar måndag till och med fredag. Profilerna som redovisas för varje lägenhet baseras alltså på 20 värden (4 veckor inkluderande 5 vardagsdygn var) för respektive timme vilket innebär att profilen redovisar vad fuktillskottet i medeltal varit under vardagsdygn i aktuell månad vid en viss timme. Med tanke på att fuktillskottet minskar med ökande utetemperatur och det är varmare i april jämfört med februari förväntas värdena som beskriver variationen under april vara något lägre. Den variation i fuktillskott under dygnet som kan utläsas för respektive lägenhet är inte representativ för fuktillskottets variation enskilda dygn. En lägenhetsprofil med en topp på morgonen och en topp på kvällen skulle kunna vara resultatet av att det varje dygn är ett högre fuktillskott på morgon och kväll men samma profil skulle också kunna vara resultatet av att det hälften av dygnet är en topp på morgonen och hälften av dygnet är det en topp på kvällen. De olika profilerna är en bild av hur olika brukarbeteende ger olika karakteristik för fuktillskottet. När de olika profilerna i figurerna nedan studeras är det tydligt att varje lägenhet har sin unika profil men samtidigt finns det en hel del gemensamma egenskaper både inom respektive byggnad och mellan de olika byggnaderna. I Figur 36 till och med Figur 37 presenteras respektive byggnads medel och medianprofil och även om de inte är samstämmiga varken gällande den absoluta nivån eller gällande den relativa variationen under dygnet, har samtliga gemensamt att det finns lokala toppar i fuktillskottet under morgon/förmiddag och eftermiddag/kväll. Generellt är det mindre skillnad i de olika lägenheternas fuktillskott under natten jämfört med under resten av dygnet.



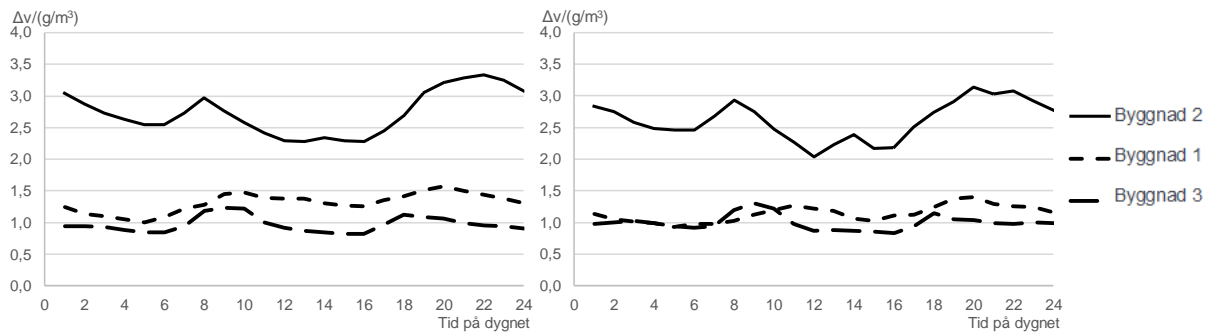
Figur 33 Byggnad 3. Fukttillskottets variation under dygnet, medelvärde för respektive 36 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter vid respektive timma. Februari till vänster och april till höger.



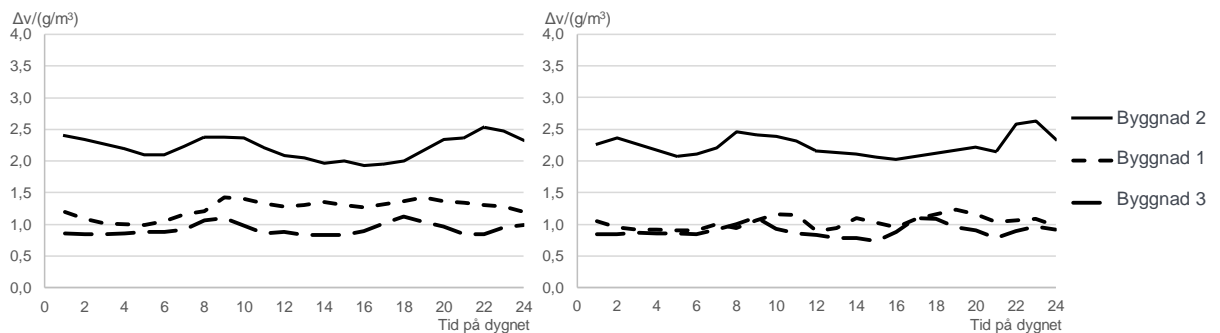
Figur 34 Byggnad 2. Fukttillskottets variation under dygnet, medelvärde för respektive 26 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter vid respektive timma. Februari till vänster och april till höger.



Figur 35 Byggnad 3. Fukttillskottets variation under dygnet, medelvärde för respektive 23 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter vid respektive timma. Februari till vänster och april till höger.



Figur 36 Fukttillskottets variation under dygnet under februari för de tre byggnaderna. Medelvärde för samtliga lägenheter i respektive byggnad till vänster och median till höger.

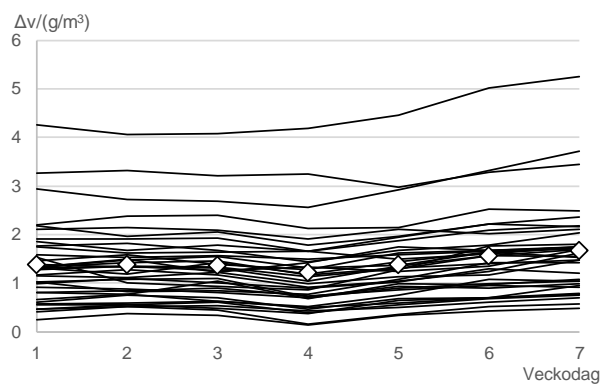


Figur 37 Fukttillskottets variation under dygnet under april för de tre byggnaderna. Medelvärde för samtliga lägenheter i respektive byggnad till vänster och median till höger.

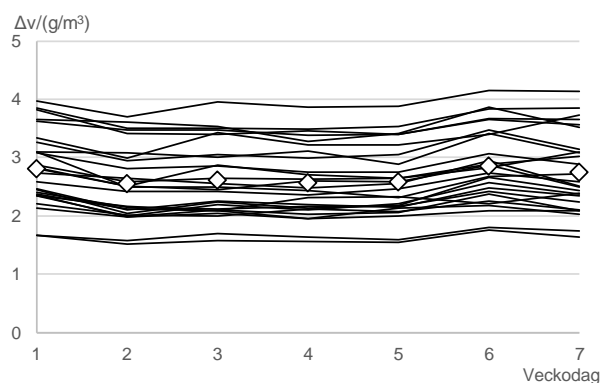
Variation under veckan

För varje lägenhet i de olika byggnaderna har fukttillskottets medelvärde under respektive veckodag i perioden 12:e januari till och med 27:e mars 2015 beräknats. Perioden har valts för att få ett antal dagar under en sammanhängande mätperiod utan heldagar under måndag-fredag för att beräkna medelvärden för de olika veckodagarna utifrån. Figur 38 till och med Figur 40 redovisar för samtliga lägenheter i de olika byggnaderna hur fukttillskottet i medeltal varierar mellan olika veckodagar. Profilerna som redovisas för varje lägenhet baseras på elva värden (mätdata från 11 veckor) för varje veckodag vilket innebär att profilen redovisar vad fukttillskottet i medeltal varit under aktuell dag i veckan under mätperioden. Den amplitud som kan utläsas för respektive lägenhet är inte representativ för fukttillskottets amplitud enskilda veckor. En lägenhetsprofil med högre fukttillskott under lördag och söndag skulle kunna bero på att det varje vecka är ett högre fukttillskott på lördag och söndag men samma profil skulle kunna bero på att hälften av veckorna är det en topp på lördagen och hälften av veckorna är det en topp på söndagen. När de olika profilerna i figurena nedan studeras är det tydligt att varje lägenhet har sin unika profil men samtidigt finns det en hel del gemensamma egenskaper både inom respektive byggnad och mellan de olika byggnaderna. Gemensamt för de tre byggnaderna är att i medeltal är veckodagen med högst fukttillskott antingen lördag eller söndag. Byggnad 2 har ett

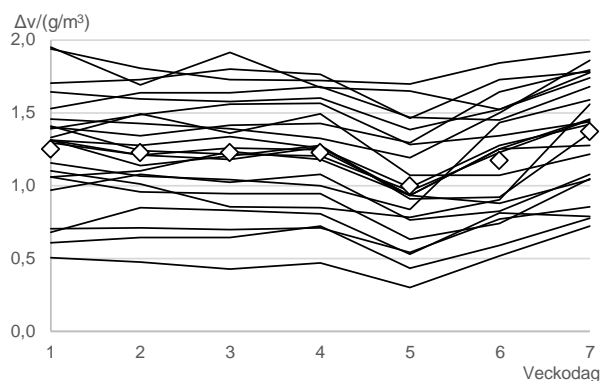
fukttillskott under måndagen som är lika högt som fukttillskottet under lördagen medan söndagen har ett lägre fukttillskott. I Byggnad 2 är det lägsta fukttillskottet under torsdagar medan det i Byggnad 3 är under fredagar. Både i Byggnad 1 och Byggnad 2 är veckans högsta fukttillskott under söndagar.



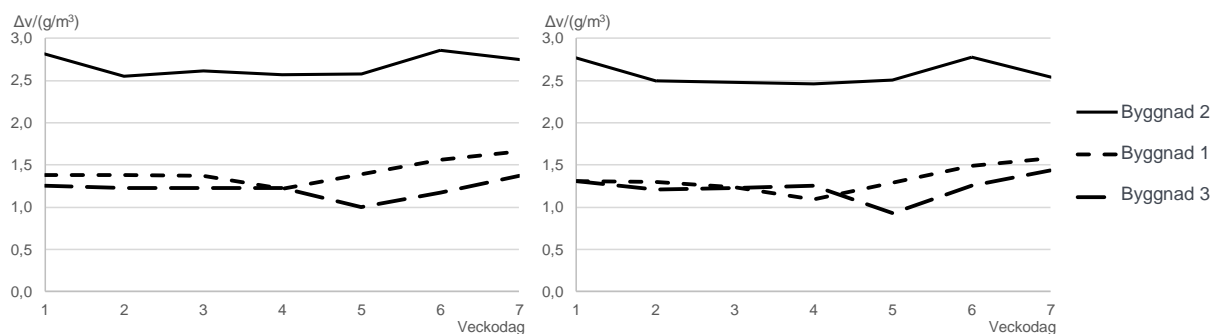
Figur 38 Byggnad 1. Fukttillskottets variation under veckan för perioden 12:jan till och med 27:e mars 2015. Medelvärde för 36 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.



Figur 39 Byggnad 2. Fukttillskottets variation under veckan för perioden 12:jan till och med 27:e mars 2015. Medelvärde för 22 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.



Figur 40 Byggnad 3. Fukttillskottets variation under veckan för perioden 12:jan till och med 27:e mars 2015. Medelvärde för 23 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.

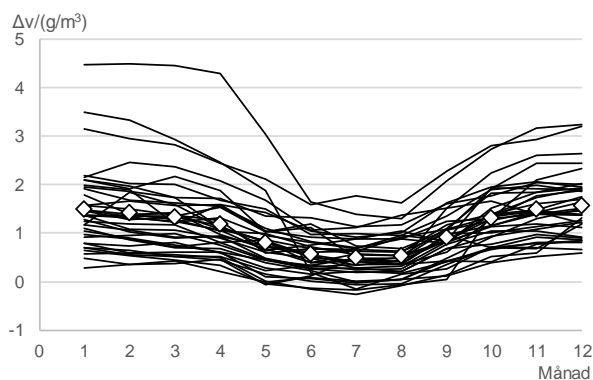


Figur 41 Fukttillskottets variation under veckan för perioden 12:jan till och med 27:e mars 2015 för de tre byggnaderna. Medelvärde för samtliga lägenheter i respektive byggnad till vänster och median till höger.

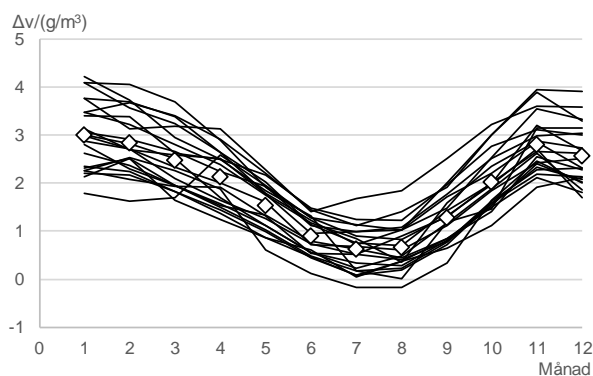
Variation under året

För varje lägenhet i de olika byggnaderna har fukttillskottets tolv månadsmedelvärden för 2015 beräknats och för lägenheterna i Byggnad 1 har inomhustemperaturen och relativa fuktighetens tolv månadsmedelvärden för 2015 beräknats. Figur 42 till och med Figur 44 redovisar för samtliga lägenheter i de olika byggnaderna hur fukttillskottets månadsmedelvärde varierar under året och Figur 45 presenterar de olika byggnadernas medel och medianprofiler. Som förväntat är det stor variation i månadsmedelvärden beroende på årstid med högst fukttillskott under vintern och lägst under sommaren. Byggnad 2 skiljer ur sig från övriga genom att fukttillskottets medelvärde i december är lägre än medelvärdet i november och januari. Detta skulle kunna förklaras av att det är färre hemma under jul och nyår om släkt finns på annan ort. Generellt minskar fukttillskottet månad för månad mellan januari och juli samt ökar för varje månad mellan juli och december. Men, profilerna för de enskilda lägenheterna visar att fukttillskottet kan ändras i motsatt riktning och med stora skillnader mellan olika månader. De mätningar av fukttillskott som redovisas i Boverket (2009) är utförda under 14 dagars perioder under vinterhalvåret och redovisar medelfukttillskott för flerbostadshus på $1,2 \text{ g/m}^3$ och att cirka 3% av lägenheterna hade ett fukttillskott på mellan 4 g/m^3 och $4,99 \text{ g/m}^3$. Om medelkurvorna för

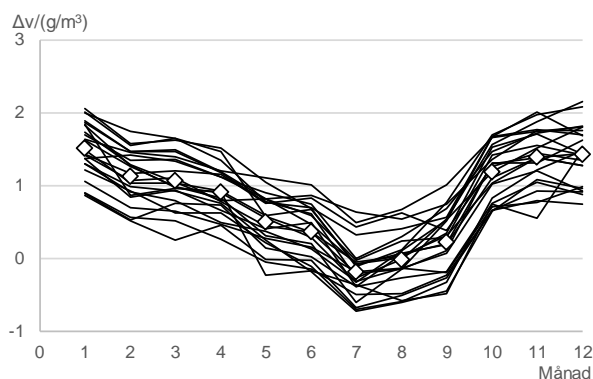
fukttillskottet i de olika byggnaderna studeras framgår att Byggnad 1, Figur 42 och Byggnad 3, Figur 44, har värden som ungefär stämmer överens med medelvärdet enligt Boverket (2009). Om man i Figur 42 till och med Figur 44 räknar antalet lägenheter som under vinterhalvåret har ett månadsmedelfukttillskott på mellan 4 g/m^3 och $4,99 \text{ g/m}^3$ ger det tre lägenheter vilket motsvarar 4%. Med tanke på att värdena Boverket (2009) baseras på 14 dagarsmätningar och värden i Figur 42 till och med Figur 44 är månadsmedelvärden är det inte samma mått som jämförs men jämförelsen ger ändå en indikation om att mätadatamaterialet i Boverket (2009) och mätadatamaterialet i denna rapport visar på liknande resultat.



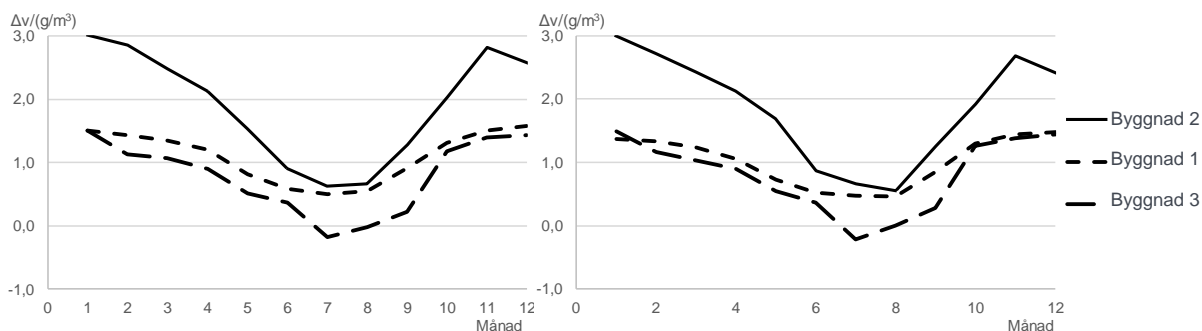
Figur 42 Byggnad 1. Fukttillskottets variation under året 2015. Månadsmedelvärde för 36 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.



Figur 43 Byggnad 2. Fukttillskottets variation under året 2015. Månadsmedelvärde för 22 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.

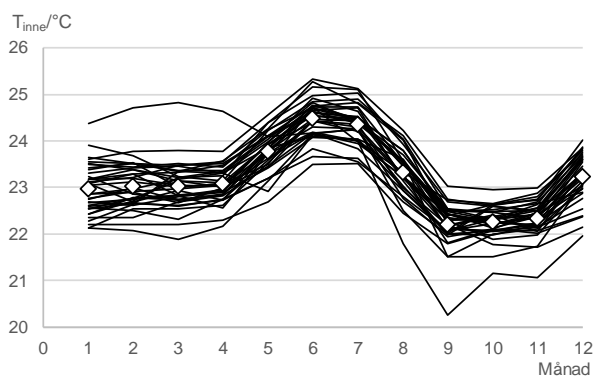


Figur 44 Byggnad 3. Fukttillskottets variation under året 2015. Månadsmedelvärde för 23 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.



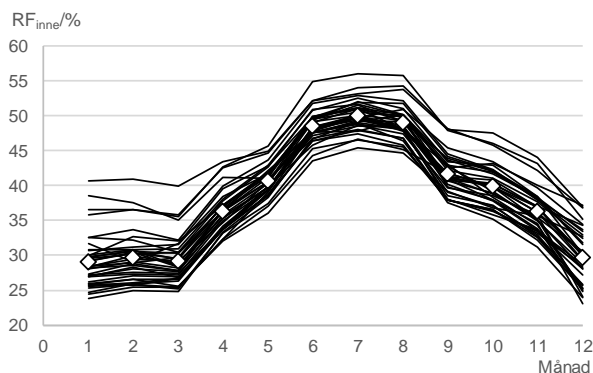
Figur 45 Fukttillskottets variation under året 2015 i de tre byggnaderna. Medelvärde för samtliga lägenheter i respektive byggnad till vänster och median för till höger.

Figur 46 presenterar hur de olika lägenheternas månadsmedelvärde för inomhustemperaturen varierar under året. Som förväntat är temperaturen inomhus generellt högre på sommaren än under övriga året. Temperaturen inomhus har generellt varit lägre under hösten jämfört med under våren och medeltemperaturen i byggnaden är enligt Figur 46 1°C lägre under hösten jämfört med under våren samtidigt som variationen mellan olika lägenheter är i samma storleksordning under de båda årstiderna. Medeltemperaturen baserat på samtliga lägenheter är under december cirka 1°C högre jämfört med november och övriga höstmånader och på samma nivå som temperaturen under januari till och med april. Om man bortser från lägenheten som markant skiljer ut sig med hög temperatur under våren och lägenheten som skiljer ut sig med låg temperatur under vintern är spridningen mellan de olika lägenheternas månadsmedelvärden mer eller mindre konstant kring 2°C under hela året.



Figur 46 Inomhustemperaturens variation under året 2015. Månadsmedelvärde för 36 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.

Figur 47 presenterar hur de olika lägenheternas månadsmedelvärde för relativ fuktighet inomhus varierar under året. Som förväntat är det stor variation i månadsmedelvärderna beroende på årstid med högst relativ fuktighet inne under sommaren och lägst under vintern. Generellt ökar relativa fuktigheten månad för månad mellan januari och juli samt minskar månad för månad mellan juli och december. Men, profilerna för de enskilda lägenheterna visar att relativa fuktigheten kan ändras i motsatt riktning mellan olika månader i enskilda lägenheter.

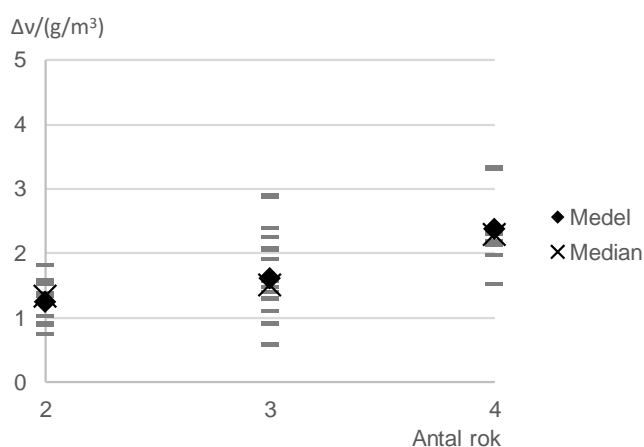


Figur 47 Relativa fuktigheten inomhus, variation under året 2015. Månadsmedelvärde för 36 lägenheter samt med vita kvadrater medelvärdet för samtliga lägenheter.

Variation mellan lägenheter av olika storlek

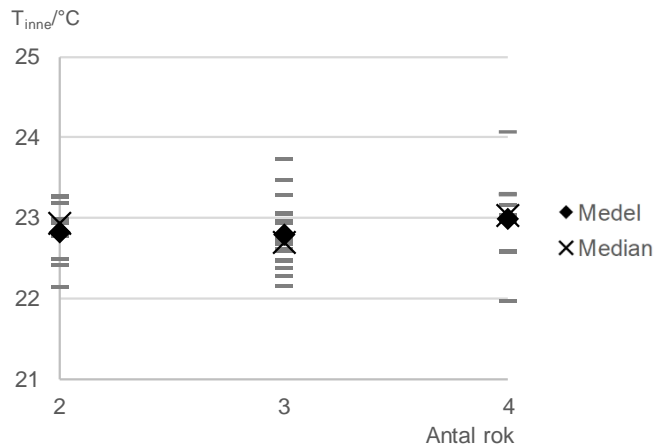
För att studera om storleken på lägenheten påverkar fukttillskottet, inomhustemperaturen och den relativa fuktigheten har en sortering gjorts baserat på antalet rum i lägenheten. I Byggnad 1 finns lägenheter om 2, 3 och 4 rok och uppmätta värden av de tre parametrarna. Med tanke på att parametrarna varierar med utetemperaturen är parametrarnas värde i dessa analyser medelvärdena 2015 när dygnsmedelutetemperaturen har varit mellan -1°C och 1°C , totalt 29 dygn.

Figur 48 presenterar medelvärde och median för respektive lägenhetsstorlek samt varje lägenhets medelvärde. Fukttillskottets medelvärde och median ökar med ökat antal rum i lägenheterna. Medelfukttillskottet i en lägenhet om 4 rok är i storleksordningen nästan dubbelt så stort som i lägenheter om 2 rok. I Figur 48 framgår att den lägenhet om 4 rok som har lägst fukttillskott av 4 rok har ett fukttillskott som är samma som medelvärdet för alla lägenheter om 3 rok. Inom gruppen med 3 rok är spridningen mellan högsta och lägsta medelfukttillskott större än för övriga lägenhetsstorlekar vilket kan vara rimligt då det är dubbelt så många lägenheter om 3 rok. Lägenheten om 3 rok med lägst fukttillskott har lägre fukttillskott än lägenheten om 2 rok med lägst värde.



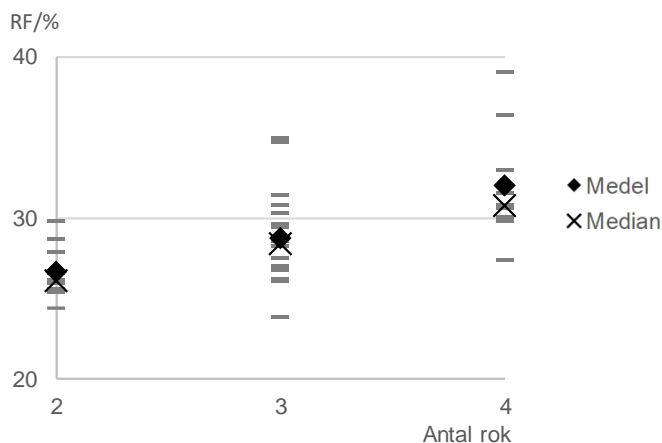
Figur 48 Medel och median inom respektive lägenhetsstorlek samt varje lägenhets medelvärde för dygn med dygnsmedeltemperatur mellan -1 och 1°C .

Figur 49 presenterar medelvärde, median samt varje lägenhets medelvärde avseende inomhustemperaturen. Innetemperaturen skiljer i medeltal och median endast lite mellan lägenhetsstorlekarna. Det har varit högst temperatur i lägenheter om 4 rok och lägst i 3 rok. Spridningen mellan lägenheter är störst i 4 rok och minst i 2 rok. Med tanke på att det är dubbelt så många lägenheter om 3 rok jämfört med övriga storlekar kunde man förvänta att det skulle vara störst spridning i lägenheter om 3 rok.



Figur 49 Medel och median inom respektive lägenhetsstorlek samt varje lägenhets medelvärde för dygn med dygnsmedeltemperatur mellan -1 och 1°C.

Figur 50 presenterar medelvärde, median samt varje lägenhets medelvärde avseende relativa fuktigheten inomhus. Relativa fuktighetens medelvärde och median ökar med ökat antal lägenheter. Spridningen mellan lägenheter är minst för 2 rok och ungefär i samma storleksordning för 3 och 4 rok. Med tanke på att det är dubbelt så många lägenheter om 3 rok kunde man förvänta att det skulle vara störst spridning inom denna grupp.



Figur 50 Medel och median inom respektive lägenhetsstorlek samt varje lägenhets medelvärde för dygn med dygnsmedeltemperatur mellan -1 och 1°C.

Variation mellan olika år

I och med att mätningarna skett kontinuerligt under flera år går det att studera förändringar över tid. Tabell 2 presenterar för respektive byggnad fukttillskottets medelvärde för de olika mätåren och för den totala mätperioden för dygn när medeltemperaturen ute har varit mellan -1°C och 1°C . Temperaturintervallet har valts med tanke på att fukttillskottet varierar med utetemperaturer och då innebär medelvärden från större temperaturintervall att fördelningen av utetemperaturer under den aktuella mätperioden kan påverka resultatet väsentligt.

I Byggnad 3 är det förhållandevis stor relativ skillnad mellan olika mätår. I denna byggnad har det vid flera tillfällen gjorts justeringar av ventilationsflöden för att optimera driften. På byggnadsnivå är den största absoluta skillnaden mellan två på varandra följande år $0,4 \text{ g/m}^3$. Detta är samma skillnad i fukttillskott som en skillnad i luftomsättning på $\pm 10\%$ ger för en lägenhet om 3 rok. Exemplet visar att de skillnader som finns mellan olika år är i en storleksordning som skulle kunna förklaras av rimliga skillnader i ventilationsflöde. Medelvärdena de olika åren indikerar att fukttillskottet på byggnadsnivå ökar under mätåren. Bagge et al (2018) studerade tappvarmvattenanvändning i 268 lägenheter i samma stad som Byggnad 1 och resultatet visade att användningen ökade cirka 5% mellan åren 2008 och 2013. En ökad tappvarmvattenanvändning över tid skulle kunna förklara ett ökat fukttillskott över tid.

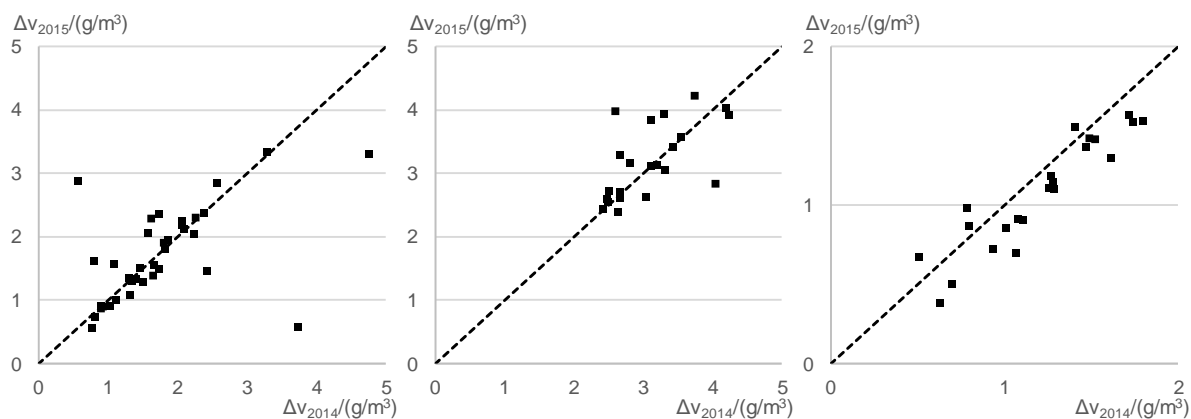
Tabell 2 Fukttillskottets medelvärde baserat på samtliga lägenheter i respektive byggnad för de olika mätåren.

	Fukttillskottets medelvärde/ (g/m^3) dygnsmedeltemperatur mellan -1°C och 1°C						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Medel
Byggnad 1	1,5		1,7	1,7			1,6
Byggnad 2		3,2	3,1	3,2	3,4	3,5	3,3
Byggnad 3	0,7	0,8	1,2	1,1			0,9

Ett ökat fukttillskott på byggnadsnivå kan bero på att alla lägenheter ändrat sitt fukttillskott lika mycket, att några ökat mycket medan andra legat konstant, att några ökat mycket, några minskat lite etc. etc. Skillnader i samma lägenhet under olika år kan förutom faktorer som påverkar alla lägenheter, exempelvis ändrat ventilationsflöde, bero på att lägenheten har ändrat brukare. Någon eller några kan ha flyttat in, flyttat ut eller lägenheten kan ha bytt boende.

För att studera hur fukttillskottet varierar mellan olika år i samma lägenhet har varje lägenhets medelvärde vid utetemperaturer mellan -1°C och 1°C beräknats för olika mätår. Dessa fukttillskott presenteras i Figur 51 för två på varandra följande år för respektive byggnad. På x-axeln avläses medelfukttillskottet år 2014 och på y-axeln avläser medelfukttillskottet år 2015. Om det är samma medelfukttillskott under båda åren kommer lägenhetens punkt att ligga på den streckade linjen. Lägenheter som ligger ovanför den streckade linjen har ett högre fukttillskott år 2015 jämfört med år 2014 och lägenheter som ligger under den streckade linjen har ett medelfukttillskott som är lägre år 2015 jämfört med år 2016. Figurerna gör att det på ett

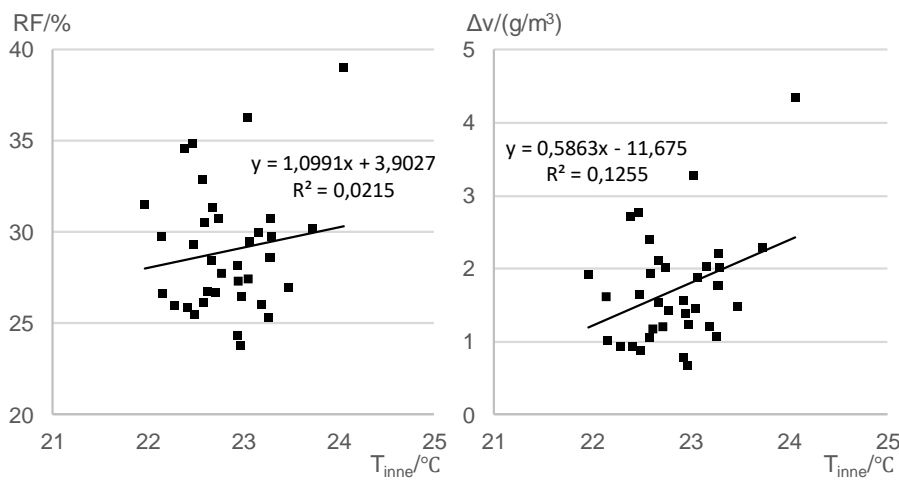
överskådligt sätt går att studera hur fukttillskottet ändrats i alla lägenheter mellan olika år. I Figur 51 kan avläsas att en lägenhet som 2014 hade ett fukttillskott på nästan 4 g/m³ hade året efter ett mycket lägre fukttillskott på cirka 0,5 g/m³ och en lägenhet som 2014 hade ett fukttillskott på nästan cirka 0,5 g/m³ hade 2015 ett fukttillskott på nästan 3 g/m³.



Figur 51 Medelfukttillskottet i lägenheter vid utetemperaturer mellan -1°C och 1°C olika år. Byggnad 1 till vänster, Byggnad 2 i mitten och Byggnad 3 till höger Varje kvadrat representerar en lägenhet.

Samband mellan hygrotermiska parametrar

Fukt och temperatur tillsammans är viktiga ingångsparametrar för att göra olika bedömningar. Samma fukttillskott kommer med olika inomhustemperaturer att ge olika relativ fuktighet. Samma fukttillskott kommer att resultera i olika daggpunkter i konstruktioner vid olika inomhustemperaturer. I Figur 52 undersöks hur relativa fuktigheten inomhus beror på inomhustemperaturen och hur fukttillskottet beror på inomhustemperaturen. I figurerna presenterar medelvärden från 36 lägenheter i Byggnad 1 för år 2015, dygn med en medeltemperatur utomhus mellan -1°C och 1°C . Lägenheten med högst inomhustemperatur har även högst relativ fuktighet och högst fukttillskott men det framgår av resultatet att det inte finns något tydligt samband mellan inomhustemperaturen och relativa fuktigheten inomhus respektive fukttillskottet. Detta innebär alltså att ett högt fukttillskott kan finnas i både lägenheter med hög och låg inomhustemperatur. Samma sak gäller för relativ fuktighet inomhus.



Figur 52 Till vänster: Relativa fuktigheten inomhus som funktion av temperaturen inomhus. Till höger: Fukttillskottet som funktion av temperaturen inomhus. Medelvärden för utetemperaturer mellan -1 och 1°C för 36 lägenheter år 2015. Varje kvadrat representerar en lägenhet.

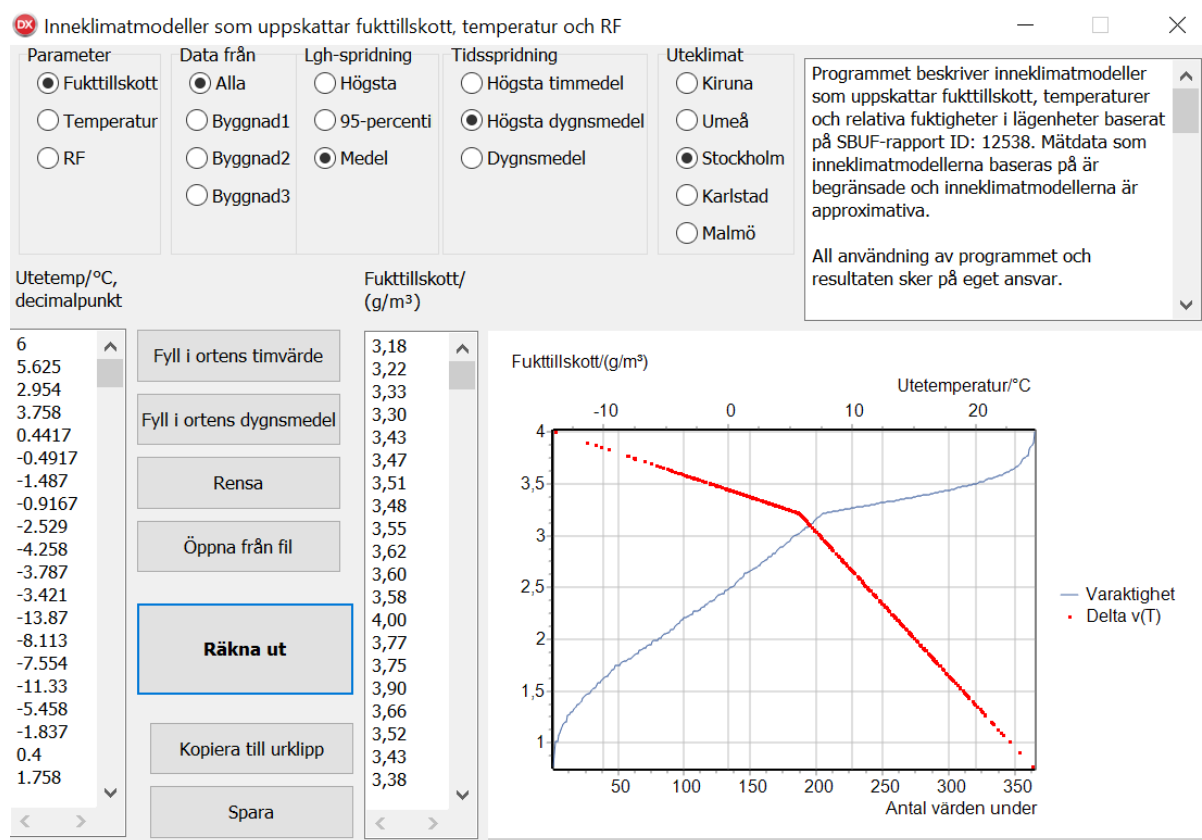
INNEKLIMATMODELLER BASERADE PÅ MÄTDATA

I detta kapitel presenteras inneklimatmodeller som baseras på de analyser av mätdata som gjorts i föregående kapitel Variationer vid olika utomhustemperaturer. Inneklimatmodellernas syfte är att tillgängliggöra resultat från projektet i en form där det kan användas i olika sammanhang där det är av intresse att använda projektets resultat för att beskriva randvillkor på hygrotermiska förhållanden i inomhusluften. Modellerna baseras på kvantitativa data som presenterats i kapitlet Variationer vid olika utomhustemperaturer men även på kvalitativa bedömningar av de resultat som presenterats i samma kapitel. Modellerna presenteras för respektive byggnad samt för fukttillskottet även för det totala materialet med samtliga lägenheter.

Ett pc-program ha tagits fram för att generera data baserat på inneklimatmodellerna. Programmet genererar hygrotermiska parametrar baserat på inneklimatmodellerna utifrån av användaren inmatade utetemperaturer.

Programmet finns att tillgå fritt via: <http://www.hvac.lth.se/resurser/.se>

Figur 53 visar programmets interface. I programmet kan användaren välja vilken av de olika inneklimatmodellerna som presenteras i rapporten som ska användas samt vilken nivå som programmet ska generera data utifrån.



Figur 53 pc-programmets interface.

Inneklimatmodeller för fukttillskott

Modellerna som beskriver fukttillskott har tre nivåer baserat på fördelningen mellan lägenheter:

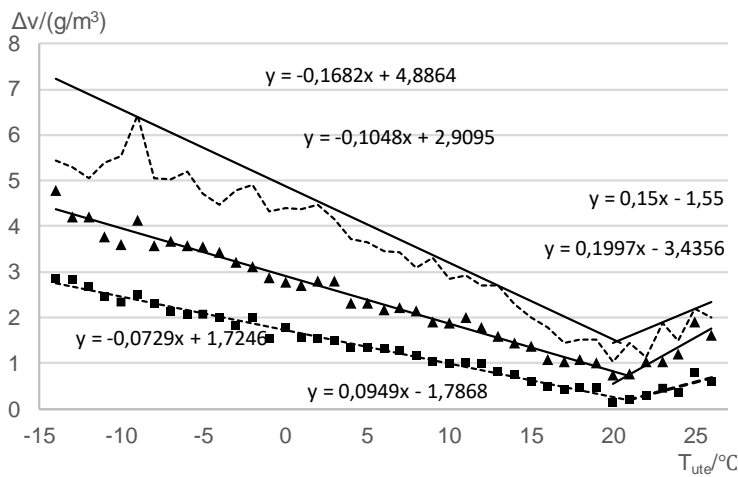
- Medel
- 95-percentil
- Högsta

Modeller presenteras för fukttillskottets:

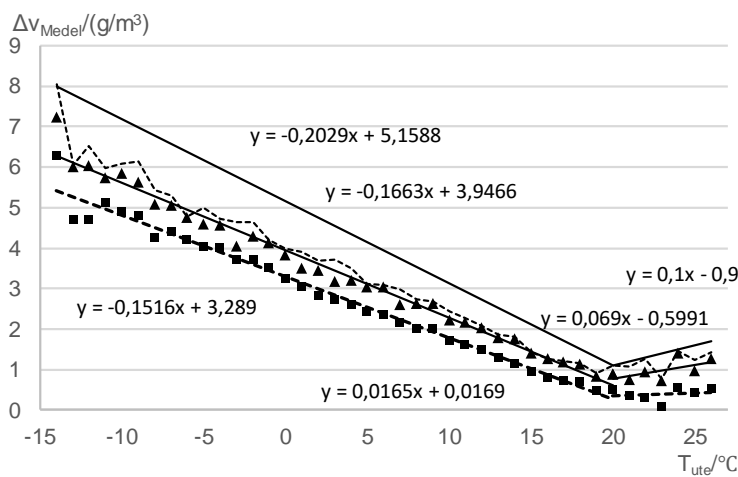
- Medelvärde vid olika utetemperaturer
- Högsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer
- Högsta timmedelvärde vid olika utetemperaturer

Fukttillskottets medelvärde

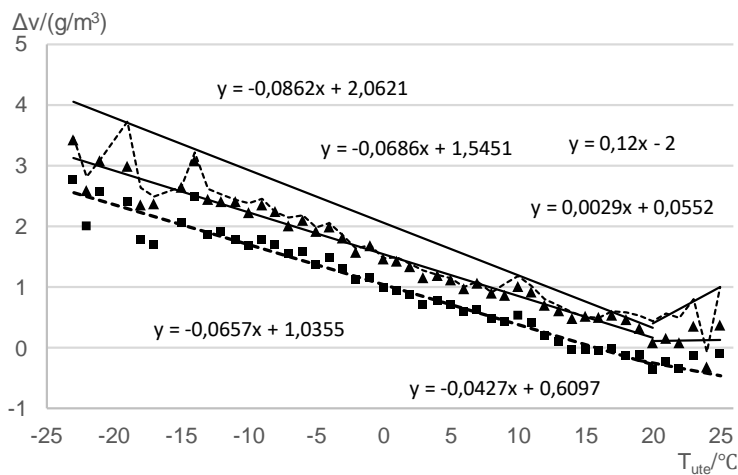
De figurer som presenterar olika percentiler för dygnsmedelvärden, Figur 5 till och med Figur 8 visar på i stort sett samma lutningar på de båda temperaturintervallen som finns för regressionslinjerna för utetemperaturer lägre än 20°C och därför används i inneklimatmodellerna för fukttillskottets medelvärde två linjära regressioner. En för temperaturer lägre än 20°C och en för temperaturer över 20°C. Nivåerna Medel och 95-percentil baseras på värdena i kapitlet Fukttillskottets medelvärde som beskriver fukttillskottet i en medellägenhet och i en 95-percentilslägenhet. Skärningspunkten mellan de båda regressionslinjerna bestämmer när respektive regressionslinje beskriver nivån. Nivå Högsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter respektive inom de båda temperaturintervallen. Dessa punkter är de som linjerna tangerar inom respektive temperaturintervall. Nivån Högsta beskriver det högsta medelfukttillskottet under mätperioden för olika utetemperaturer. Figur 54 till och med Figur 57 presenterar inneklimatmodellerna för respektive byggnad samt baserat på samtliga lägenheter i de tre byggnaderna. I figurerna presenteras samtliga ekvationer som beskriver fukttillskottet för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



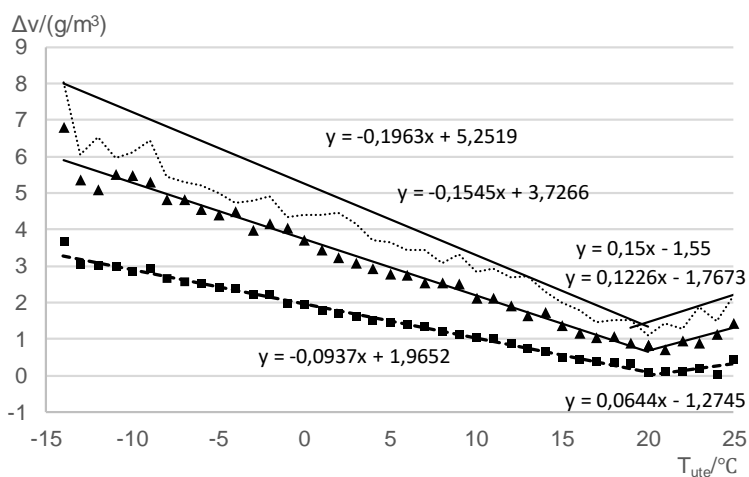
Figur 54 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



Figur 55 Byggnad 2. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 22 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



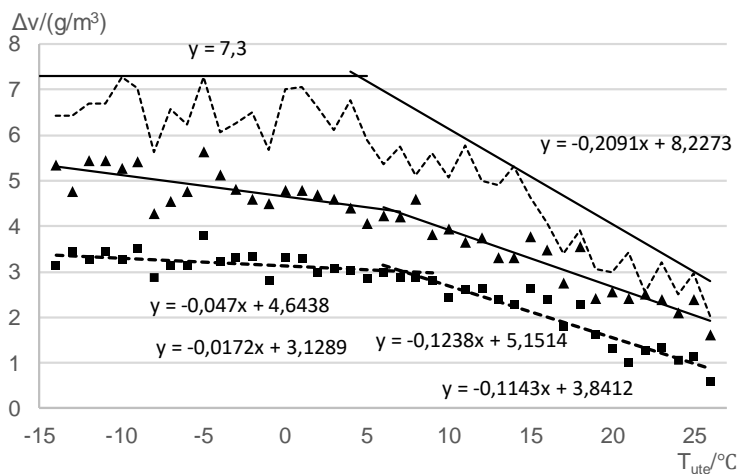
Figur 56 Byggnad 3. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 23 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



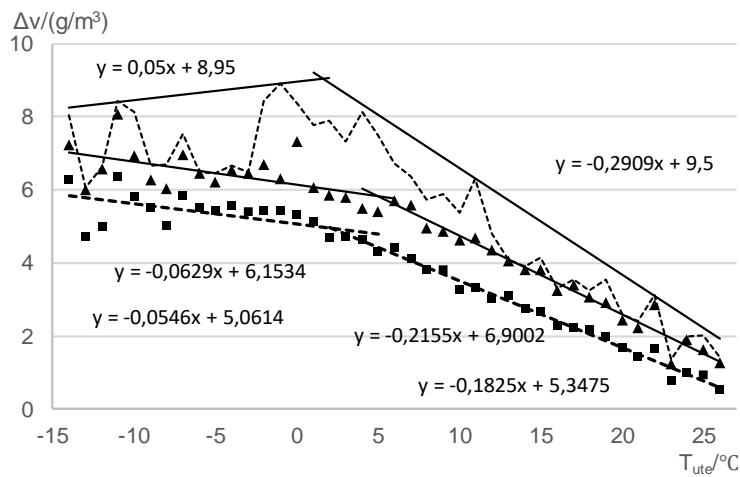
Figur 57 Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 81 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.

Fukttillskottets högsta dygnsmedelvärde

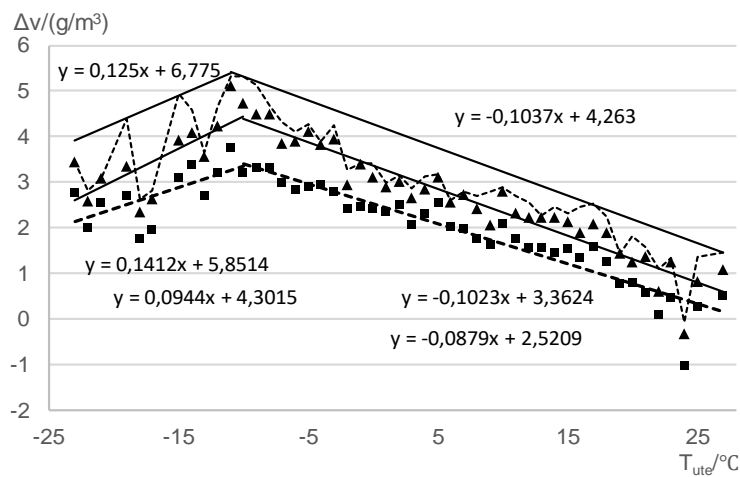
De figurer som presenterar uppmätta högsta dygnsmedelvärden samt olika percentilmått för dessa visar på att det högsta dygnsmedelvärdet ökar med minskande utetemperatur samt att det vid temperaturer lägre än 5°C (-10°C för Umeå) sker ett avtagande i ökningen. Därför används i modellerna en linjär regression per nivå för temperaturer lägre än 5°C (-10°C för Umeå) och en för temperaturer över 5°C (-10°C för Umeå). Nivåerna Medel och 95-percentil baseras på värdena i kapitel Fukttillskottets högsta dygnsmedelvärde som beskriver fukttillskottet i en medellägenhet och i en 95-percentilslägenhet. Skärningspunkten mellan de båda regressionslinjerna bestämmer när respektive regressionslinje beskriver nivån. Nivå Högsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter respektive inom de båda temperaturintervallen. Figurer 45 till och med 48 presenterar inneklimatmodellerna för respektive mätort samt baserad på samtliga lägenheter på de tre mätorterna. I figuren presenteras samtliga ekvationer som beskriver fukttillskottet för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



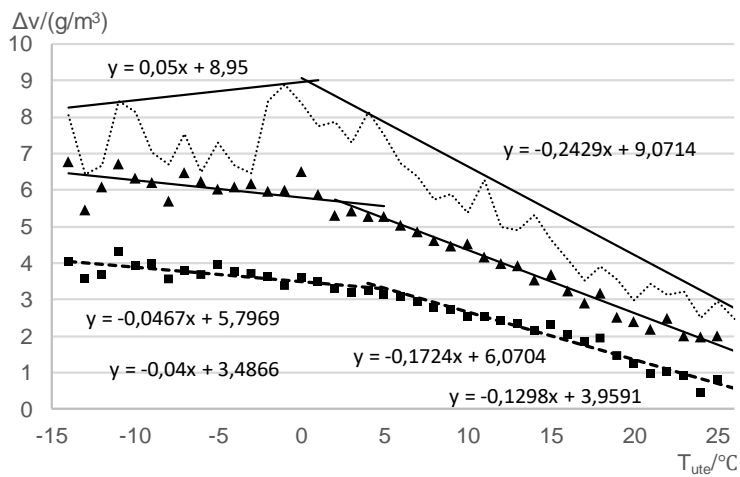
Figur 58 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver fukttillskottets högsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Fukttillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fukttillskottet i någon lägenhet.



Figur 59 Byggnad 2. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets högsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 22 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



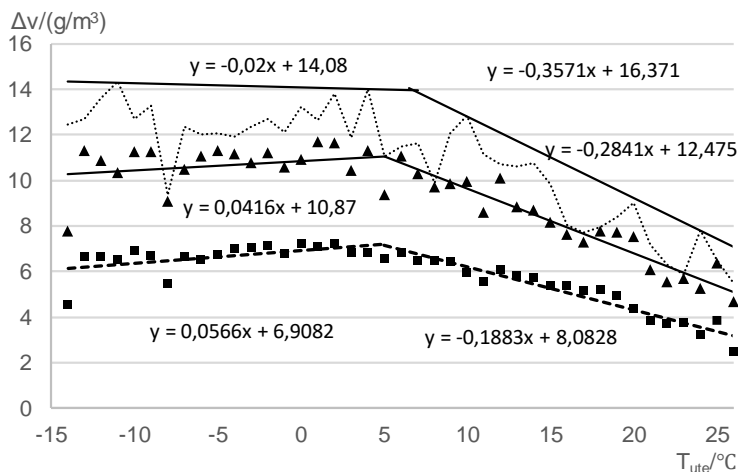
Figur 60 Byggnad 3. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets högsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 23 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



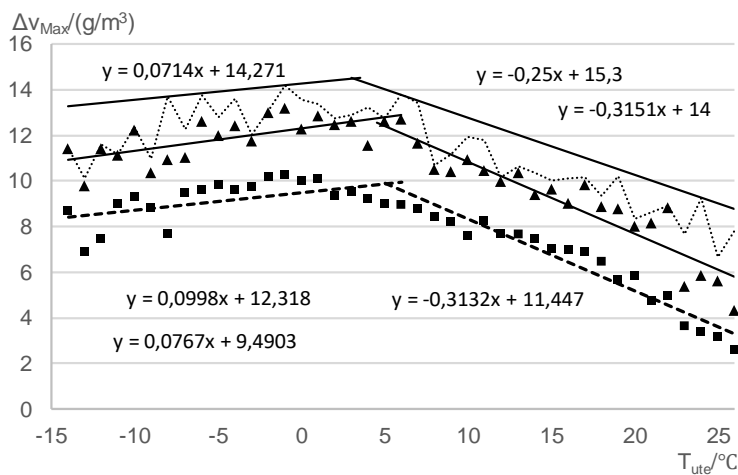
Figur 61 Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets högsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 81 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medel, 95-percentil och Högsta. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.

Fukttillskottets högsta timmedelvärde

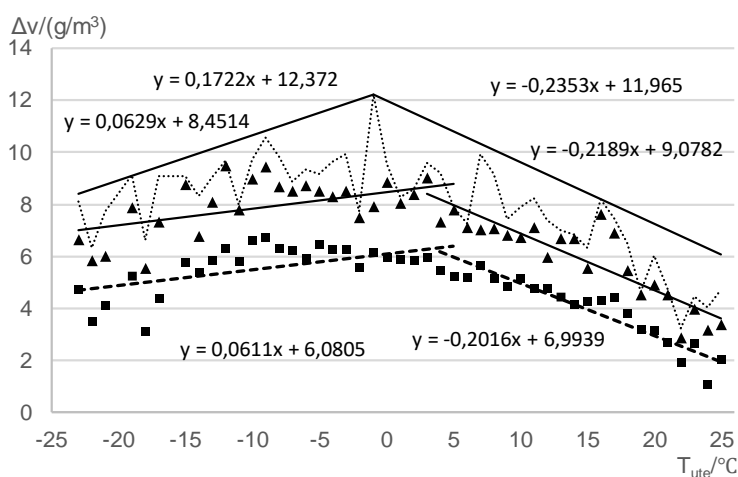
Modellerna som beskriver högsta timmedelvärde vid olika utetemperaturer utgår från analysen i kapitlet Fukttillskottets högsta timmedelvärde. Där identifierades att för temperaturer över 5°C var fukttillskottet generellt avtagande. Därför används i modellerna en funktion för att beskriva fukttillskottet för temperaturer över 5°C och en för temperaturer under 5°C. Nivå Medel baseras på värdena i kapitel Fukttillskottets högsta timmedelvärde som beskriver högsta timmedelfukttillskott i en medellägenhet och nivå 95 percentil baseras på värdena i kapitlet Fukttillskottets högsta timmedelvärde som beskriver högsta timmedelvärde i en 95 percentillägenhet. Nivå Högsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter respektive inom de båda temperaturintervallen. Figur 62 till och med Figur 65 presenterar inneklimatmodellerna för högsta timmedelvärde för respektive byggnad samt baserat på samtliga lägenheter i de tre byggnaderna. I figurerna presenteras samtliga ekvationer som beskriver fukttillskottet för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



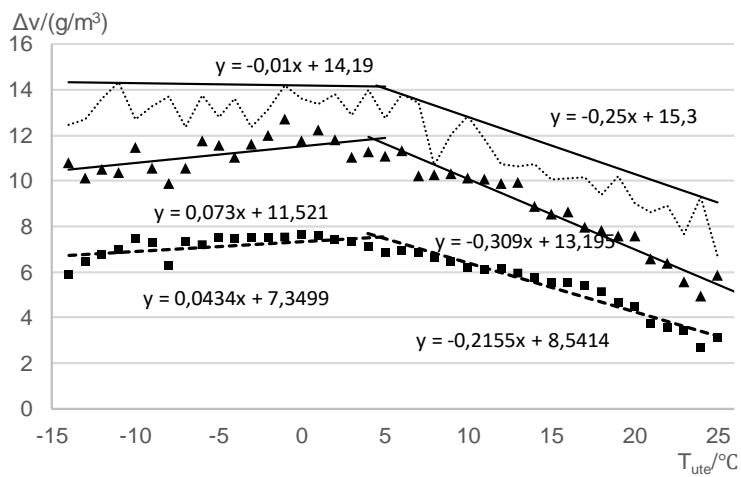
Figur 62 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver fukttillskottets högsta timmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Fukttillskottet anges i nivåerna Medellägenhet, 95 percentillägenhet och Högsta uppmätta värde. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fukttillskottet i någon lägenhet.



Figur 63 Byggnad 2. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets högsta timmedelvärde baserat på mätningar i 22 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medellägenhet, 95 percentillägenhet och Högsta uppmätta värde. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



Figur 64 Byggnad 3. Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets högsta timmedelvärde baserat på mätningar i 23 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medellägenhet, 95 percentillägenhet och Högsta uppmätta värde. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.



Figur 65 Inneklimatmodell som beskriver fuktillskottets högsta timmedelvärde baserat på mätningar i 81 lägenheter. Fuktillskottet anges i nivåerna Medellägenhet, 95 percentillägenhet och Högsta uppmätta värde. Den övre streckade linjen beskriver det högsta uppmätta fuktillskottet i någon lägenhet.

Inneklimatmodeller för inomhustemperatur

Modellerna som beskriver inomhustemperatur har fem nivåer baserat på fördelningen mellan lägenheter:

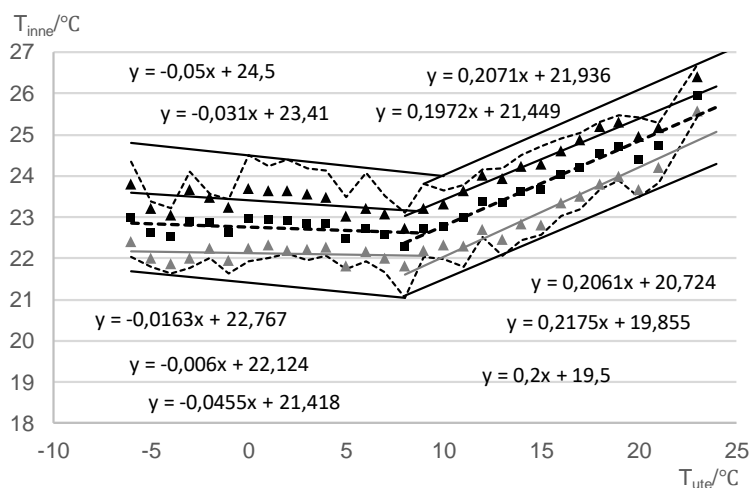
- Medel
- 95-percentil
- Högsta
- 5-percentil
- Lägsta

Modeller presenteras för inomhustemperaturens:

- Medelvärde vid olika utetemperaturer
- Högsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer
- Lägsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer

Inomhustemperaturens medelvärde

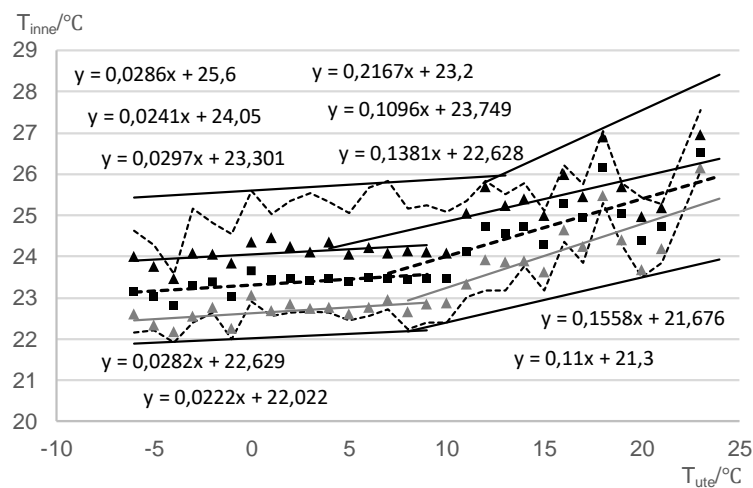
Resultatet i Figur 22 som presenterar olika percentiler för inomhustemperaturens medelvärde ligger som grund för inneklimatmodellen. Nivåerna Medel, 5- och 95-percentil baseras på värdena i kapitlet Inomhustemperaturens medelvärde som beskriver inomhustemperaturen i en medellägenhet, en 5-percentillägenhet och en 95-percentillägenhet. Skärningspunkten mellan respektive nivåns båda regressionslinjer bestämmer när vilken av regressionslinjerna beskriver nivån. Nivåerna Högsta uppmätta värde och Lägsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta respektive lägsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter var inom de båda temperaturintervallen. Dessa punkter är de som linjerna tangerar inom respektive temperaturintervall i Figur 66. I figuren presenteras samtliga ekvationer som beskriver inomhustemperaturen för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



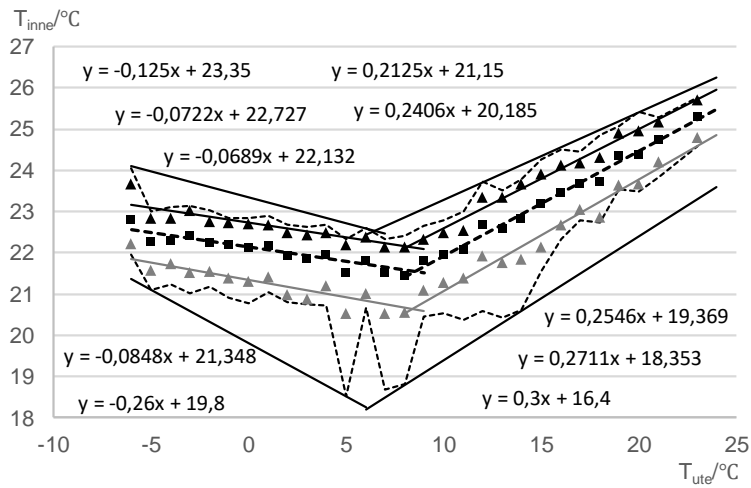
Figur 66 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver inomhustemperaturens medelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Inomhustemperaturen anges i nivåerna Medel, Högsta, 95-percentil, 5-percentil och Lägsta. Den övre och undre streckade linjen beskriver det högsta respektive det lägsta medelvärdet på inomhustemperaturen som uppmäts i någon lägenhet.

Inomhustemperaturens högsta och lägsta dygnsmedelvärde

Inneklimatmodellerna som beskriver inomhustemperaturens högsta respektive lägsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer baseras på resultatet i Figur 25 och Figur 26 som presenterar olika percentiler för inomhustemperaturen. Nivåerna Medel 5- och 95-percentil baseras på värdena i kapitlet Inomhustemperaturens högsta och lägsta dygnsmedelvärde som beskriver fukttilskottet i en medellägenhet, i en 5-percentillägenhet och i en 95-percentilslägenhet. Skärningspunkten mellan respektive nivåns båda regressionslinjer bestämmer när vilken av regressionslinjerna beskriver nivån. Nivåerna Högsta uppmätta värde och Lägsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter var inom de båda temperaturintervallen. Dessa punkter är de som linjerna tangerar inom respektive temperaturintervall i Figur 67 och Figur 68. I figuren presenteras samtliga ekvationer som beskriver inomhustemperaturerna för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



Figur 67 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver inomhustemperaturens högsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Inomhustemperaturen anges i nivåerna Medel, Högsta, 95-percentil, 5-percentil och Lägsta. Den övre och undre streckade linjen beskriver det högsta respektive det lägsta värdet som uppmäts i någon lägenhet.



Figur 68 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver inomhustemperaturens lägsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Inomhustemperaturen anges i nivåerna Medel, Högsta, 95-percentil, 5-percentil och Lägsta. Den övre och undre streckade linjen beskriver det högsta respektive det lägsta värdet som uppmätts i någon lägenhet.

Inneklimatmodeller för relativ fuktighet inomhus

Modellerna som beskriver relativ fuktighet har fem nivåer baserat på fördelningen mellan lägenheter:

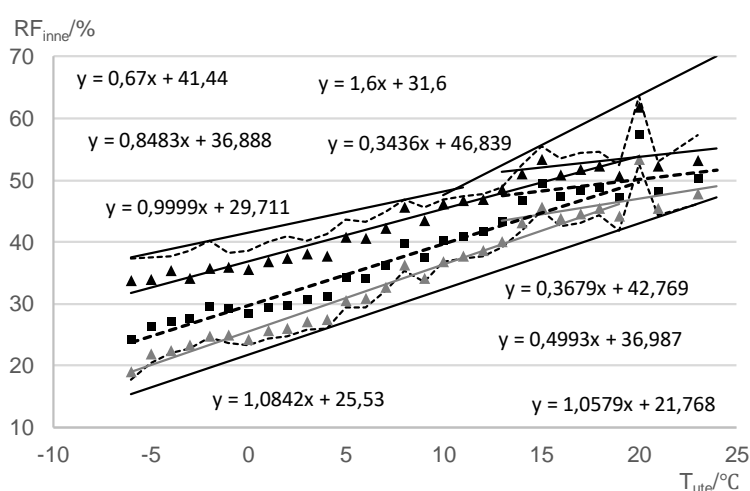
- Medel
- 95-percentil
- Högsta
- 5-percentil
- Lägsta

Modeller presenteras för relativa fuktighetens:

- Medelvärde vid olika utetemperaturer
- Högsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer
- Lägsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer

Relativa fuktighetens medelvärde

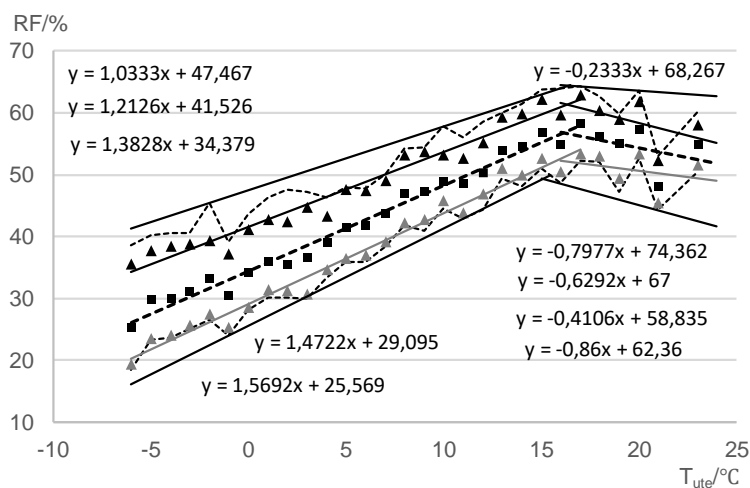
Resultatet i Figur 28 som presenterar olika percentiler för inomhustemperaturens medelvärde ligger som grund för inneklimatmodellen. Nivåerna Medel, 95- och 5-percentil baseras på värdena i kapitlet Fukttillskottets medelvärde som beskriver relativa fuktigheten i en medellägenhet, i en 5-percentillägenhet och i en 95-percentillägenhet. Skärningspunkten mellan respektive nivå's båda regressionslinjer bestämmer när vilken av regressionslinjerna beskriver nivån. Nivån Högsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter var inom de båda temperaturintervallen. Nivån Lägsta uppmätta värde baseras på en linje som täcker in samtliga lägsta uppmätta värden. Linjen bestäms av två punkter. Dessa punkter är de som linjerna tangerar inom respektive temperaturintervall i Figur 69. I figuren presenteras samtliga ekvationer som beskriver inomhustemperaturen för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



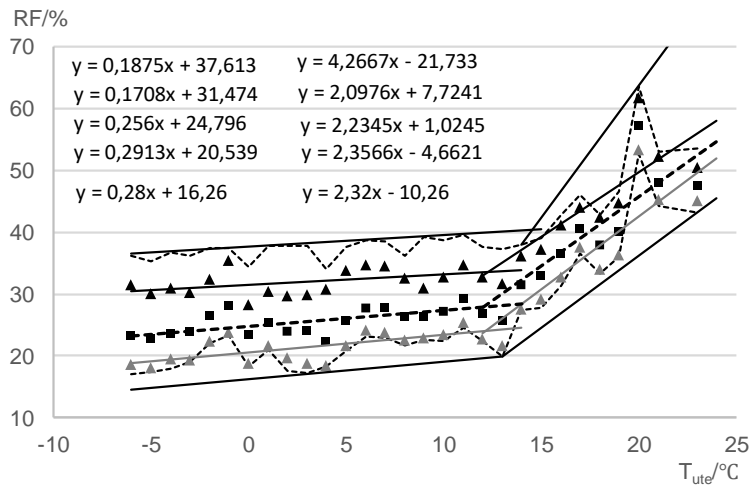
Figur 69 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver relativa fuktighetens medelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Relativa fuktigheten anges i nivåerna Medel, Högsta, 95-percentil, 5-percentil och Lägsta. Den övre och undre streckade linjen beskriver det högsta respektive det lägsta uppmätta medelvärdet på relativa fuktigheten i någon lägenhet.

Relativa fuktighetens högsta och minsta dygnsmedelvärde

Inneklimatmodellerna som beskriver relativa fuktighetens högsta respektive lägsta dygnsmedelvärde vid olika utetemperaturer baseras på resultatet i Figur 31 och Figur 32 som presenterar olika percentiler för relativa fuktigheten. Nivåerna Medel 5- och 95-percentil baseras på värdena i kapitlet Relativa fuktighetens högsta och lägsta dygnsmedelvärde som beskriver fuktillskottet i en medellägenhet, i en 5-percentillägenhet och i en 95-percentillägenhet. Skärningspunkten mellan respektive nivåns båda regressionslinjer bestämmer när vilken av regressionslinjerna beskriver nivån. Nivåerna Högsta uppmätta värde och Lägsta uppmätta värde baseras på två linjer som täcker in samtliga högsta uppmätta värden. Linjerna bestäms av två punkter var inom de båda temperaturintervallen. Dessa punkter är de som linjerna tangerar inom respektive temperaturintervall i Figur 67 och Figur 68. I figuren presenteras samtliga ekvationer som beskriver inomhustemperaturerna för de olika nivåerna och temperaturintervallen.



Figur 70 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver relativa fuktighetens högsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Relativa fuktigheten anges i nivåerna Medel, Högsta, 95-percentil, 5-percentil och Lägsta. Den övre och undre streckade linjen beskriver det högsta respektive det lägsta uppmätta värdet i någon lägenhet.



Figur 71 Byggnad 1. Inneklimatmodell som beskriver relativa fuktighetens lägsta dygnsmedelvärde baserat på mätningar i 36 lägenheter. Relativa fuktigheten anges i nivåerna Medel, Högsta, 95-percentil, 5-percentil och Lägsta. Den övre och undre streckade linjen beskriver det högsta respektive det lägsta uppmätta värdet i någon lägenhet.

SLUTSATSER

Denna rapport presenterar resultat och analys av hygrotermiska parametrar uppmätta under flera år i totalt 81 lägenheter i tre olika flerfamiljshus i Sverige. Rapporten beskriver mätresultaten så att de ska kunna vara till hjälp under både projektering, exempelvis för val av randvillkor, och förvaltning, exempelvis för att jämföra egna uppmätta värden med. Inneklimatmodeller har utvecklats baserat på mätresultaten och ett pc-program har tagits fram för att generera data baserat på inneklimatmodellerna. Olika analyser av exempelvis variation på olika tidsskalor, skillnader mellan olika år och samband mellan olika parametrar presenteras för att öka kunskapen kring hur fuktillskott kan variera.

En generell slutsats är att de hygrotermiska parametrarna varierar mycket mellan olika lägenheter, vid olika uteklimat och på olika tidsskalor. Nedan exemplifieras några olika variationer:

- Det är en kvot på 9 mellan lägenheten med högst och lägenheten med minst medelvärde.
- I samma lägenhet är det högsta dygnsmedelvärdet cirka 75 % högre än ett medeldygn med samma utetemperatur.
- I enstaka lägenheter har det varit mycket stora skillnader i fuktillskott mellan olika år vilket exempelvis kan bero omflyttning och detta exemplifierar hur det snabbt kan bli stora inneklimatförändringar.
- Fuktillskottet i det studerade materialet ökar med antalet rum i lägenheten och är i medeltal nästan dubbelt så stort i lägenheter om 4 rok jämfört med i lägenheter om 2 rok.
- Inomhustemperaturens medelvärde är i stort sett samma oberoende av lägenhetsstorlek.
- En lägenhet med låg inomhustemperatur kan ha ett högt fuktillskott eller hög relativ fuktighet och tvärt om.

Specifika målgrupper är fuktsakkunniga, skadeutredare, förvaltare och forskare.

- *Fuktsakkunniga* behöver för olika beräkningar välja randvillkor och denna rapport presenterar statistik på uppmätta randvillkor i svenska lägenheter. Pc-programmet som tagits fram genererar data på de hygrotermiska parametrarna för att göra resultatet enkelt tillgängligt för olika applikationer.
- *Skadeutredare* kan i samband med skadeutredningar göra egna mätningar av inneklimat under en kortare period. Utifrån rapportens resultat går det att uppskatta förhållanden även utanför en kortare mätperiod vilket kan vara en del i att snabbare kunna identifiera en skadeorsak.
- *Förvaltare* kan jämföra hur egna uppföljningar av inneklimatet förhåller sig till rapportens resultat och kan då bättre avgöra om något avviker vilket skulle kunna innebära att det behövs underhåll.
- *Forskare* kan utgå från resultatet och använda det för att studera fuktsäkerhet i framtida konstruktioner och analysera olika säkerhetsnivåer för ett optimalt byggande av bostäder.

Sammanfattningsvis har denna mätstudie ökat kunskapen om framför allt fuktillskott i Svenska lägenheter. En beställare eller projektör vet inte vem som kommer att bo i en specifik lägenhet under en byggnads drift och därmed måste de lägenheter som projekteras och byggs klara en stor variation av belastningar. Det återstår att ta fram referensdata för många andra byggnadstyper. Dessutom skulle mer kunskaper behövas om huruvida lägenheters brukare får det inneklimat som de vill ha eller om det begränsas av installationssystemen och byggtekniken.

REFERENSER

Arfvidsson J, Harderup L-E, Samuelson I (2017) Fukthandbok : praktik och teori, Svensk Byggtjänst.

Bagge H, Fransson V, Hiller C, Johansson D, Rydén J (2018) Brukarnas påverkan på energianvändning och effektbehov i NNE-byggnader, Rapport 2018:12, Energimyndigheten, IQ Samhällsbyggnad.

Boverket (2009) Så mår våra hus Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m. Karlskrona.

De Place Hansen EJ, Möller EB (2017) Moisture supply in Danish single-family houses – the influence of building style, Energy Procedia 132, 147-152.

EN 13788. Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface Temperature to avoid critical surface humidity and intersitital condensation – Calculation methods. The international organization for standardization and European committee for standardization; 2001.

Geving S, Holme J (2010) Høyisolerte konstruksjoner og fukt. Analyse av fukttekniske konsekvenser av økt isolasjonstykkelse i yttervegger, tak, kryperom og kalde loft, SINTEF Byggeforsk.

Ilomets et al (2017) Indoor hygrothermal loads for the deterministic and stochastic design of the building envelope for dwellings in cold climates, Journal of Building Physics 1-31.

Jensen L (2010) Fuktproblem i bostäder med regenerativ ventilationsvärmeåtervinning? I: Bygg & teknik, no.5. Stockholm: Förlags AB Bygg & teknik.

Kalamees T, Vinha J, Kurnitski J (2005) Indoor temperature and humidity load in Finnish detached houses, Annex 41 MOIST-ENG, Working meeting, 16-18 May, 2005 Montreal, Canada.

Künzel, H.M (1997) Raumluftefeuchteverhältnisse in Wohnräumen. IBP-Mitteilung 24, Nr. 314.

Möller, E.B (2017) Fugt i danske huse, SBI Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.