



Inomhusmiljö i lägenheter med hög boendetäthet

2026-06-16

2026-200787-0003



Inomhusmiljö i lägenheter med hög boendetäthet

Mätning, analys och åtgärdsförslag

Dennis Johansson, Akram Abdul Hamid, Viktor Fransson och
Kristina Mjörnell





Förord

E2B2s vision är en resurs- och energieffektiv byggd miljö.

Bebyggelsesektorn svarar för cirka en tredjedel av Sveriges totala energianvändning och en effektivare energianvändning är en viktig del av utvecklingen av energisystemet. Hållbarhet, effektivitet och robusthet i bebyggelsen behöver stärkas och utvecklas. Lösningarna behöver samspela för att fungera och utnyttjas. Forskning, utveckling, innovation och kommersialisering spelar en avgörande roll.

I E2B2 arbetar forskare och andra aktörer tillsammans för att utveckla samhällets byggande och boende och effektivisera energianvändningen. Syftet med E2B2 är att ta fram ny kunskap, teknik, tjänster och metoder som bidrar till en hållbar energi- och resursanvändning i bebyggelsen.

E2B2 är ett forsknings- och innovationsprogram från Energimyndigheten där IQ Samhällsbyggnad är koordinator. Programmet startade 2013 och en andra programperiod pågår mellan 2018 och 2024. Projektet som beskrivs i den här rapporten har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten.

Stockholm, 21 december 2022

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Energimyndigheten tar ställning till framförda slutsatser, resultat eller eventuella åsikter.



Sammanfattning

Lägenheter med hög boendetäthet kan ha sämre luftkvalitet och högre fuktbelastning än normalt – men problemen kan minskas med rätt ventilation och andra riktade insatser såsom avfuktning eller anvisningar för användning av lägenheten. Det indikerar detta projekt som mätt inomhusklimatet i 44 lägenheter hos en fastighetsägare i Halmstad under drygt ett år.

Andelen trångbodda i Sverige har ökat från 15 till 17 procent mellan 2008 och 2018, och bland utrikesfödda var andelen 38 procent (SCB 2019). Hög boendetäthet återfinns ofta i miljonprogrammets byggnader, som varken planlösnings- eller installationsmässigt projekterades för så många boende. När många personer bor på liten yta ökar fuktbelastningen och risken för fuktskador samt koldioxid och partiklar i luften, vilket kan leda till dålig luftkvalitet och i förlängningen hälsoproblem.

Projektet har mätt temperatur, relativ fuktighet och koldioxidhalt var femte minut i lägenheter med förmodad hög boendetäthet samt i fyra referenslägenheter med låg boendetäthet. I de studerade lägenheterna är fuktillskottet vintertid högre än vad som uppmäts tidigare i svenska studier på lägenheter med normal beläggning – vid utetemperatur kring 0°C uppmättes i snitt ca 3 g/m³ jämfört med ca 2 g/m³ i referensdata. Koldioxidnivåerna ligger i snitt på 850–980 ppm i de trångbodda lägenheterna, jämfört med drygt 600 ppm i referenslägenheterna.

I det studerade beståndet har lägenheter med FTX-ventilation genomgående lägre och stabilare nivåer än lägenheter med frånluftsventilation. Samtidigt förklarar inte luftflödet ensamt variationen – boendevanor som vädring, duschning och möblering verkar också viktiga. Projektet visar också att hög varmvattenförbrukning kan vara indikator för att identifiera lägenheter med hög boendetäthet som annars inte uppmärksammas.

Resultaten är relevanta för fastighetsägare som vill förebygga fuktskador och säkerställa god inomhusmiljö, men fler studier i andra bestånd behövs för att dra generella slutsatser. Nästa steg skulle vara att utvärdera behovsstyrd ventilation som anpassar luftflödet efter faktisk belastning – tekniken finns men har ännu inte testats i detta sammanhang.

Nyckelord: Boendetäthet, inomhusmiljö, ventilation, fuktillskott, bostäder



Summary

Apartments with high occupancy density can have poorer air quality and higher moisture loads than normal – but the problems can be reduced with proper ventilation and targeted measures. This is indicated by a project that measured the indoor climate in 44 apartments owned by a single property manager in Halmstad, Sweden, over more than a year.

The proportion of overcrowded households in Sweden increased from 15 to 17 percent between 2008 and 2018, and among foreign-born residents the proportion was 38 percent (SCB 2019). High occupancy density is often found in buildings from the "Million Programme" (1965–1974), which were not designed for such high occupancy in terms of either floor plans or building services. When many people live in a small space, the load on ventilation increases along with the risk of moisture damage, which can lead to poor air quality and, ultimately, health problems.

The project measured temperature, relative humidity, and CO₂ concentration every five minutes in apartments with presumed high occupancy and in four reference apartments with low occupancy. In the studied apartments, winter moisture supply is higher than in previous Swedish studies of apartments with normal occupancy – at outdoor temperatures around 0°C, the average was approximately 3 g/m³ compared to approximately 2 g/m³ in reference data. CO₂ levels average 850–980 ppm in the overcrowded apartments, compared to just over 600 ppm in the reference apartments.

In the studied building stock, apartments with balanced mechanical ventilation with heat recovery consistently show lower and more stable levels than those with exhaust-only ventilation. However, airflow alone does not explain the variation – occupant behavior such as airing, showering, and furniture placement also appears important. The project also shows that high hot water consumption may be a useful screening tool to identify high-load apartments that might otherwise go unnoticed.

The results are relevant for property owners seeking to prevent moisture damage and ensure good indoor environments, but further studies in other building stocks are needed to draw general conclusions. A logical next step would be to evaluate demand-controlled ventilation that adjusts airflow to actual load – the technology exists but has not yet been tested in this context.

Keywords: Occupancy density, residential, dwellings, ventilation, indoor environment, IAQ



INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	8
1.1	BAKGRUND	8
1.2	SYFTE OCH MÅL	11
1.3	OMFATTNING OCH AVGRÄNSNINGAR	12
2	GENOMFÖRANDE	13
2.1	FÄLTMÄTNINGAR	13
2.2	INOMHUSMILJÖENKÄT	14
2.3	ÅTGÄRDER	14
2.4	SIMULERINGAR	14
2.5	RESULTATSPRIDNING	15
3	RESULTAT	16
3.1	MÄTNINGAR AV INOMHUSKLIMAT	16
3.1.1	TEMPERATUR	17
3.1.2	RELATIV LUFTFUKTIGHET	19
3.1.3	FUKTTILLSKOTT	21
3.1.4	KOLDIOXIDKONCENTRATIONER	27
3.1.5	VENTILATIONSFLÖDEN	30
3.2	ENKÄTER	32
3.2.1	BOENDETÄTHET OCH VISTELSETID	32
3.2.2	BOENDES UPPLEVELSE AV INOMHUSMILJÖN	33
3.2.3	TERMISK KOMFORT	35
3.2.4	LUFTKVALITET OCH FUKTINDIKATIONER	36
3.3	AVFUKTARE	39
3.4	SIMULERINGAR	40
3.4.1	NÄRVAROPROFILER	40
3.4.2	SIMULERING AV BOENDETÄTHETENS INVERKAN PÅ INNEKLIMAT OCH MÖGELRISK	41
3.4.3	ENERGI OCH EFFEKT	41
3.4.4	FUKTBALANSER	47
3.4.5	KUNSKAPSSPRIDNING OCH PUBLIKATIONER	53



4	DISKUSSION	55
4.1	FUKTBELASTNING	55
4.2	INNELUFTSKVALITÉ	55
4.3	VENTILATIONSSYSTEM OCH LUFTFLÖDEN	55
4.4	SIMULERINGAR MED HJÄLP AV NYA LASTPROFILER	56
4.5	UTFÖRANDE OCH UTMANINGARNA MED MÄTNINGAR I LÄGENHETER	56
4.5.1	ERFARENHETER FRÅN ÅTGÄRDSARBETET	56
4.5.2	METODMÄSSIGA STYRKOR OCH BEGRÄNSNINGAR	57
4.6	LÄGENHETSURVAL	57
4.7	RÅD	58
4.7.1	IDENTIFIERA RISKLÄGENHETER SYSTEMATISKT	59
4.7.2	SÄKERSTÄLL OCH FÖLJ UPP VENTILATIONEN	59
4.7.3	ARBETA AKTIVT MED BRUKARBETEENDE	59
4.7.4	HANTERA FUKT- OCH MÖGELRISKER I KONSTRUKTIONEN	60
4.7.5	DIMENSIONERA NY- OCH OMBYGGNATION FÖR VARIERANDE BOENDETÄTHET	60
4.7.6	FÖRSLAG PÅ INRIKTNING FÖR REGLER OCH BRANSCHPRAXIS	61
5	SLUTSATSER	62
6	PUBLIKATIONSLISTA	64
6.1	EXAMENSARBETEN	64
6.2	KONFERENSARTIKLAR	64
6.3	MANUS TILL VETENSKAPLIGA ARTIKLAR	64
7	REFERENSER	66
8	BILAGOR	70



1 Inledning och bakgrund

1.1 Bakgrund

I Sverige byggdes över en miljon bostäder under åren 1965-1974, det så kallade miljonprogrammet, för att lösa bostadsbristen och komma till rätta med dålig bostadsstandard (Boverket 2009). Under de senaste åren har emellertid antalet boende i många lägenheter i dessa byggnader, särskilt i förorter till större städer, ökat på grund av bostadsbrist i allmänhet men också på grund av invandring. Andelen människor som bor i en bostad med mer än en person per sovrum, som enligt Socialstyrelsen definieras som trångbodda enligt Norm 3 (Boverket 2006) har ökat från 15 till 17 procent mellan 2008 och 2018. Bland utrikesfödda invånare var andelen 38 procent 2018 (SCB 2019). Det kom tidigt indikatorer på att utsatta stadsdelar där man bor trångt och där flera generationer delar lägenhet drabbades extra hårt under Covid-19 pandemin. Som det ser ut i dagsläget kommer hög boendetäthet att vara ett faktum i delar av bostadsbeståndet under många år framöver. Då är det viktigt att det finns kunskap om hur man på bästa sätt tekniskt kan förvalta byggnader på ett sätt så att bostaden erbjuder en bra inomhusmiljö och fastigheten en låg energi- och effektanvändning och låg risk för skador oavsett boendetäthet.

De byggnader och områden där hög boendetäthet är utbredd är ofta från miljonprogrammet vilket dels beror på att byggnaderna, dess planlösning, byggnadsskal och installationsteknik inte projekterades för hög boendetäthet, men även att byggnaderna är i behov av renovering på grund av att den tekniska livslängden på material och komponenter är slut. Inte heller nyare lägenheter har projekterats för hög boendetäthet. När många boende vistas och utför aktiviteter såsom matlagning, dusch, tvätt etc. på liten yta under stor del av dygnet bidrar det till en ökad fuktbelastning och ökade luftföroreningar inomhus. Detta kommer att påverka risken för dålig inomhusluftkvalitet och fuktskador i byggnaden och på lång sikt de boendes hälsa och välbefinnande. Ett väl fungerande ventilationssystem i byggnader är en förutsättning för att uppnå god luftkvalitet och termisk komfort. För att spara energi sänks dock ventilationen ofta till lägsta möjliga nivåer, vilket i vissa fall har lett till risken för att koldioxidkoncentrationer överskrider de tillåtna. Koldioxidkoncentration är allmänt accepterat som en indikator för inomhusluftkvalitet eftersom andra föroreningar korrelerar med koldioxidkoncentrationen.

Hur många personer som bor i en lägenhet kan variera mycket och kan bero på var i landet som orten är belägen men kan även variera kraftigt inom samma stad. Det kan variera mycket över tid i samma byggnad och i enskilda lägenheter. Beroende på boendetätheten kommer byggnaden att fungera olika både vad gäller energianvändning och inneklimat samtidigt som i princip varje ny byggnad projekteras för samma boendemässiga förutsättningar i hela landet. Det är därför viktigt att ha kunskap och medvetenhet kring hur den tekniska förvaltningen av byggnaden kan göras på bästa sätt för att med den för byggnaden aktuella boendetätheten uppnå bra inneklimat och låg energianvändning. För att uppnå ett bra inneklimat och låg energianvändning i en byggnad kan speciella åtgärder krävas i en byggnad med hög boendetäthet jämfört med i en byggnad med låg boendetäthet.

Ett väl fungerande ventilationssystem är en förutsättning både för att uppnå god luftkvalitet och termisk komfort. Pettenkopfer-gränsen för koldioxid på 1000 ppm anses i allmänhet som en gräns som inte får överskridas för att upprätthålla god luftkvalitet men erfarenheter från mätningar i bostäder är



att nivån normalt är lägre än så i bostäder med normal användning och normenlig ventilation. För att spara energi hålls dock ofta ventilationsflödena på lägsta möjliga nivåer, vilket i vissa fall har lett till en ökad risk att koldioxidkoncentrationen överskridit tillåtna nivåer och formaldehydkoncentrationen hamnat nära det högsta tillåtna gränsvärde som rekommenderas av Världshälsoorganisationen (WHO) (Dovjak 2019). Dessutom visade en nyligen genomförd studie att negativa hälsoeffekter förekommer vid betydligt lägre koldioxidkoncentrationer än tidigare känt (Jacobson 2019). Dessutom måste relativa fuktigheten i luften hållas nere för att risken för mögeltillväxt i byggnadens klimatskal ska undvikas, och för att det inte ska bli inomhusmiljöproblem.

Redan 1993 uppgav Markus et al (1993) att trångboddhet och otillräcklig ventilation ökar den inre fuktbelastningen. Hög boendetäthet leder både till en ökning av fuktbelastningen på grund av ökad närvaro av människor och på grund av mer fuktgenererande aktiviteter som matlagning, tvätt och dusch. Enligt resultat från intervjuer av Boverket (2006) leder dessutom hög boendetät till ett ökat antal möbler och andra föremål i lägenheten, med ökade emissioner som följd samtidigt som det blir svårare att städa lägenheten, vilket kan påverka luftkvaliteten och i förlängningen leda till luftvägssjukdomar. Bostäder med hög boendetäthet ställer högre krav på ventilation och hygien, eftersom luftvägssjukdomar och magsjukdomar annars sprids lättare (Krieger et al 2002, Bornehag et al 2001). Detta har vi sett tydliga exempel på just i trångbodda områden under COVID-19-pandemin i Sverige.

En lösning för att hantera de ökade belastningarna i inomhusluften kan vara ett högre ventilationsflöde, vilket skulle minska fuktbelastningen i materialen i byggnadsskalet och undvika höga koncentrationer av föroreningar inomhus. Att styra ventilationen till högre nivåer än vad systemet är konstruerat för är troligtvis möjligt med befintliga ventilationsaggregat, men det kommer sannolikt att orsaka buller och drag inomhus och kommer att öka energianvändningen (Mjörnell et al 2019). Såvitt vi vet saknas forskning om effekterna av hög boendetäthet på byggnadstekniken, VVS-systemen och inomhusmiljön. Det finns också ett gap i forskningen när det gäller hur man designar och hanterar lägenheter för att de ska fungera med olika boendetäthet. För att kartlägga situationen har 11 intervjuer med anställda på bostadsföretag genomförts i en tidigare studie (Abdul Hamid et al. 2020). Baserat på ytterligheterna av de förhållanden som beskrevs i intervjuerna gjordes simuleringar av inomhusklimat och fuktrisker vid vissa utsatta delar av konstruktioner. Simuleringar fokuserades på fuktbelastningar och koldioxidkoncentrationer som funktioner av boendetäthet och ventilation. Preliminära resultat från simuleringarna indikerar att hög boendetäthet resulterar i ökade koldioxidkoncentrationer, långt över de rekommenderade nivåerna. Med 10 personer i den simulerade lägenheten överstiger koldioxidkoncentrationerna 1000 ppm, som är nivå ovan vilken inomhusmiljö anses bristfällig, under mer än 5841 timmar årligen. Simuleringarna är baserade på användningsprofiler för en familj på fyra personer enligt diverse europeiska standarder, och dessa har anpassats för att passa ytterligheterna enligt intervjuerna (Abdul Hamid et al. 2020). Dock har de scenario, som fångades i intervjuerna, ganska stor osäkerhet och kvantifiering med verkliga mätningar gjordes inte i denna studie. Därför finns det ett stort vetenskapligt värde av att mäta koldioxidkoncentrationer och fuktbelastningar för att kartlägga inomhusmiljöförhållanden i trångbodda lägenheter i jämförelse med lägenheter med lägre boendetäthet.

Genom en litteratursökning i internationella och nationella databaser hittades endast två referenser som utfört någon sorts mätning direkt kopplad till boendetäthet i lägenheter (Johansson, Bagge och Lindstrij, 2011; Papakostas, Papageorgiou och Sotiropoulos, 1995). Totalt har enkätundersökningar



och intervjuer utförts i tio studier med hänsyn till boendetäthet (McCarthy och Saegert, 1978; Al-Nahari och Ballal, 1992; Papakostas och Sotiropoulos, 1997; Popoola, 1999; Boverket, 2006, 2015; Adebayo och Iweka, 2013; Kubota, Surahman och Higashi, 2014; Ekstam, 2016; Abdul Hamid et al., 2020). Förutom detta, finns de som har kopplat hushållets storlek med faktorer såsom bostadsutformning (Tervo och Hirvonen, 2020), avfallshantering (Margal, 1997), uppvärmningsbehov (Iwafune och Yagita, 2016), varmvattenbehov (Iwafune och Yagita, 2016), elanvändning (Bedir, Hasselaar och Itard, 2013), hushållselanvändning (Margal, 1997), vattenanvändning (Mangold, 2013; Ghavidelfar, Shamseldin och Melville, 2016, 2018), samt barns utsatthet för tobaksrök (Bolte och Fromme, 2009). Sammanfattningsvis visar litteraturen att endast ett par studier har genomfört mätningar av inomhusrelaterade parametrar med hänsyn till boendetäthet, men att ett flertal studier har utfört enkätundersökningar eller intervjuer. Dock är endast en av intervjustudierna direkt kopplad till de problem som hög boendetäthet kan leda till med hänsyn till inneklimatet och fuktbelastningen på byggnadsmaterialen. Vissa studier har mindre relevans med tanke på att de är föråldrade, och andra är inte utförda i Sverige. Ingen av studierna har utfört omfattande mätningar för att bedöma inverkan av varierande boendetäthet på inneklimatet och fuktbelastningen med koppling till enkätundersökningar utförda med boende och ingen har provat och utvärderat specifika åtgärder.

Resultatet från tidigare projekt är att trångbodda lägenheter har problem med bristfällig ineluftkvalitet och riskerar skador i byggnadsskalen (Mjörnell et al 2019). Vid systematiska intervjuer med fastighetsskötare har det framkommit att boendetätheten i vissa lägenheter är mycket hög samt att det förekommer olägenheter och skador orsakade av hög boendetäthet och hög belastning som i sin tur är beteenderelaterad och bör kunna påverkas med bra information till de boende. Baserat på uppgifter från intervjuerna har beräkningar utförts som har visat på koldioxidhalter och fukttillskott som medför stor risk för ohälsa men även risk för skador på byggnaden om boendetätheten är hög (von platten et al 2020; Mjörnell et al 2020; Abdul Hamid et al 2020).

De beräkningar och simuleringar som är gjorda är teoretiska och bygger på en rad antaganden varför en ordentlig kvantifiering av boendetätheten och belastningen genom omfattande mätningar av inommiljöparametrar i trångbodda lägenheter behövs för att verifiera beräkningarna. Dessutom behövs tester och utvärdering av olika konkreta och möjliga åtgärder som kan införas för att minska problemen med dålig inommiljö och risker för byggnadsskalen i dessa lägenheter, men också mer representativa indata till beräkningar och simuleringar som kan vara underlag för att simulera åtgärder som kan vara dyra att testa i fält. Baserat på resultatet av dessa mätningar och tester kommer vi att kunna ge tydliga råd om hur bostadsbolag ska hantera problemen som hög boendetäthet orsakar, även med beaktande av låg energianvändning och att det ofta är svårt eller omöjligt att hitta utrymme att höja hyran. Detta är ett förhållandevis stort steg i att nå våra mål om minskning av byggnaders energianvändning samtidigt som ekonomisk och ekologisk hållbarhet tas till vara och den sociala hållbarheten stärks genom att säkerställa hälsosam och sund inommiljö.



1.2 Syfte och mål

Det övergripande målet med projektet var att kunna ge praktiska råd till fastighetsägare och samhälle om hur lägenheter och flerbostadshus i områden med hög boendetäthet ska förvaltas, skötas och åtgärdas för att:

- undvika inomhusmiljöproblem som hög boendetätheten orsakar och därmed minska hälsoproblem och dåligt välbefinnande kopplat till inomklimatet
- undvika skador på byggnaderna samtidigt som energi- och effektanvändningen optimeras och boendet inte fördyras.

Baserat på kunskap om ventilationen, byggnadsskalet och brukarnas energianvändning bedömdes den byggnadsrelaterade energianvändningen kunna minska ett flertal procent som resultat av en optimering och ett medvetandegörande av rätt drift av flerbostadshus med tanke på boendetätheten jämfört med om ogenomtänkta åtgärder för att säkerställa en god inomhusmiljö sätts in.

Projektmålen var att:

- göra mätningar av koldioxidkoncentration, relativ luftfuktighet och temperatur i cirka 50 lägenheter i områden där det förekommer varierande boendetäthet och trångboddhet med uttryckta problem, var femte minut under ett år. Mätningarna kommer att användas för att ge kunskap om inomklimat och olika belastningar såsom närvaro och fuktproduktion vid normal användning i dessa områden.
- utföra en enkätstudie med de boende för att kartlägga och jämföra upplevelser av inomhusmiljön. Jämförelser görs dels med mätresultat, dels med annan bebyggelse ur BETSI-undersökningen samt andra undersökningar som forskargruppen och andra har genomfört.
- ta fram, projektera och genomföra fyra olika åtgärdspaket i fyra grupper om cirka 10 lägenheter per grupp. I en femte grupp om de återstående cirka 10 utförs inga åtgärder, och denna blir en kontrollgrupp.
- göra mätningar i åtgärdade lägenheter och kontrollgrupp efter att åtgärder har utförts.
- använda uppmätta data som indata i simuleringar för att utvärdera risker med avseende på energi, effekt, fukt och inomhusmiljö för att ta fram konkreta råd för förvaltning i dessa situationer, samt som indata för simuleringar för bedömning av ytterligare åtgärder som av praktiska skäl inte kan inrymmas i projektet.
- diskutera möjliga ändringar i byggregler och rekommendationer såsom Boverkets byggregler, miljöcertifieringssystem, Sveby, etc.
- sprida resultaten till relevanta aktörer och målgrupper så att resultaten kommer till användning.

Baserat på resultaten från mätningar och efterföljande analyser föreslås lösningar och råd dels för befintliga bostäder med olika bygg- och installationssystem vid renovering respektive drift, dels för nybyggnation för att hantera varierande boendetäthet. På så sätt kan fastighetsägare få viktigt stöd att välja åtgärder som är lämpliga att införa för att tekniskt förvalta fastigheten på bästa sätt.

Resultaten från projektet kan användas för framtida rekommendationer för brukarinformation och byggnads- och ventilationsåtgärder i syfte att förbättra luftkvaliteten i trångbodda lägenheter för att undvika negativa konsekvenser för hälsa och välbefinnande både i normala och extrema situationer. Syftet är att resultaten ska användas av myndigheter för att formulera incitament eller



rekommendationer för bostadsföretag att vidta åtgärder för att säkerställa en bra inomhusmiljö för alla, oavsett boendetäthet.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Projektet har omfattat mätningar av temperatur, relativ fuktighet och koldioxidkoncentration i 44 lägenheter och mätning av ventilationsflöden i dessa lägenheter vid ett tillfälle. Lägenheterna ägs och förvaltas av en fastighetsägare och ligger i en ort i södra Sverige. Lägenheterna har väldigt olika boendetäthet och få har väldigt många boende. Resultatet från studien måste därför betraktas som ett exempel på hur inomhusmiljön kan se ut i lägenheter med hög boendetäthet men är ingalunda representativ för lägenheter med hög boendetäthet generellt.

Mätningar i fler områden och i byggnader med olika typer av förutsättningar skulle behövas för att dra mer generella slutsatser. Dessvärre har det varit komplicerat att få lägenhetsinnehavare att ställa upp på mätningar och mätningarna har inneburit relativt många problem, till exempel urkoppling av givare, täckning av GSM, omflyttningar och integritetsinvändningar. Det har också varit svårt att testa konkreta, verkliga åtgärder som planerats. Dock har mätningarna kunnat ge information om potentiella problem som tillsammans med simuleringar och forskargruppens erfarenhet och kunskap har kunnat göra det möjligt att dra slutsatser om råd och rekommendationer och hur allvarligt problemet med lägenheter med hög boendetäthet verkar vara.

Mätningarna har fokuserats på lägenheter som kan antas ha hög boendetäthet och är därmed ingen tvärsnittsstudie för att avgöra hur många lägenheter med hög boendetäthet det finns. Då hade ett slumpmässigt urval behövts och eftersom andelen lägenheter med hög boendetäthet är okänd krävs ett ganska stort antal mätningar för en sådan studie.



2 Genomförande

2.1 Fältmätningar

Under perioden juni 2022 till hösten 2024 genomförde forskargruppen omfattande mätningar i 40 lägenheter inom fastighetsförvaltarens bestånd i Halmstad med förmodad hög boendetäthet, samt i fyra referenslägenheter. Huvudsyftet med mätningarna har varit att kvantitativt beskriva inomhusklimatet i termer av temperatur, relativ fuktighet och koldioxidhalt i vad som förmodats vara lägenheter med hög boendetäthet under en längre period samt testa riktade åtgärder.

Urvalet av lägenheter genomfördes i två steg. Som ett första steg ombads förvaltarens hyresvärdar att identifiera lägenheter med hög boendetäthet, vilket resulterade i 28 lägenheter som ingick i det första steget av mätningarna. För att utöka antalet lägenheter använde forskargruppen därefter en metod baserad på möjlig korrelation mellan hög varmvattenanvändning och hög boendetäthet. Utifrån denna analys tillfrågades ytterligare 35 hushåll om de kunde upplåta sina lägenheter för mätningar av inneklimatet. Av dessa valde endast 12 hushåll att delta i studien. Inför studien fick de boende ett informationsbrev av fastighetsförvaltaren innan telefonkontakt togs för att bestämma tid för installation av mätutrustning. Samtycke till mätningarna inhämtades på flera språk (svenska, engelska eller arabiska) innan mätningar initierades. Dessutom användes ett par referenslägenheter, med vetskap om att boendetätheten var låg i dessa, som jämförelse.

I varje lägenhet placerades två GSM-uppkopplade IC Meter Mobileenheter. Dessa placerades normalt i ett sovrum och i vardagsrummet och de loggade temperatur, relativ fuktighet och CO₂-koncentration var femte minut, vilket ger upp till 105 000 datapunkter per mätpunkt och år. Enheterna drivs via vanlig USB-nätadapter (5 V, 1 A) och överför sina data krypterat till IC Metermolnet. Vid installation mättes dessutom det aktuella ventilationsflödet vid samtliga till- och frånluftsdon med en kalibrerad flödesmätare från SWEMA.

IC Meter Mobileenheter (IC Meter, 2026) innehåller följande sensorer och mätnoggrannhet:

- Temperatur/RF: Sensirion SHT21 ($\pm 0,3$ °C respektive ± 2 % RH) (Sensirion, 2011).
- CO₂: SenseAirmodul med NDIR-teknik (± 30 ppm + 3 % av avläst värde) (Senseair, 2013).

Efter cirka 12–18 månader demonterades givarna. I fem lägenheter testades portabla avfuktare under minst en vecka för att utvärdera potentialen att sänka fuktnivåerna genom avfuktning. Vid test av åtgärder gjordes en kontrollerande mätning av ventilationsflödet.

Inom projektet har cirka 650 000 datapunkter samlats in, vilket motsvarar omkring 2 miljoner enskilda mätvärden, inklusive ventilationsflöden som registrerats vid några tillfällen.

Som tack för medverkan fick varje hushåll ett presentkort på 150–500 kr beroende på projektfas, åtgärd och fullföljd mätperiod.



2.2 Inomhusmiljöenkät

Som ett komplement till mätningarna delades enkäter ut till boende i samtliga lägenheter. Enkäten var en förenklad version av Boverkets BETSI-enkät (Boverket, 2025) för vuxna boende i flerbostadshus och bestod av 22 huvudfrågor med kryss- eller svarsalternativ på en skala. Syftet var att fånga de boendes subjektiva upplevelse av temperatur, drag, luftkvalitet, fukt, buller och ljus samt deras dagliga vanor såsom till exempel vädring, duschning och matlagning, som kan påverka inomhusklimatet.

Enkäten delades ut i pappersform tillsammans med ett frankerat svarskuvert vid det tillfället när mätutrustningen installerades. En vuxen per hushåll fyllde i formuläret, vilket beräknades ta cirka femton minuter. Personal från fastighetsförvaltaren eller forskargruppen fanns till hands för att förklara frågorna i den mån det behövdes. I den första omgången erbjöds stöd på svenska och engelska; i den andra erbjöds även stöd på arabiska för att säkerställa att alla hushåll kunde delta i enkätstudien på ett likvärdigt sätt.

2.3 Åtgärder

De planerade åtgärderna omfattade ökad luftväxling, informationsinsatser till de boende samt användning av avfuktare.

Ökad luftväxling: Forskargruppen och samarbetspartnern undersökte möjligheten till ökad luftväxling i enskilda lägenheter, men detta visade sig vara praktiskt ogenomförbart inom projektets ramar.

Brukarinformation: Information delades ut till de boende i samband med installationen av mätutrustningen och när enkäten fylldes i. Informationen handlade bland annat om vikten av god ventilation och att inte blockera ventilationsöppningar.

Avfuktare: Portabla avfuktare testades i fem lägenheter med syfte att minska fuktbelastningen. Avfuktarna placerades i eller nära badrum för att nå avloppsanslutning.

Genomförandet av åtgärderna begränsades av att de boende var svåra att nå, vilket minskade tillgången till lägenheterna. Vissa boende flyttade under projektets gång, vilket ledde till att mätutrustning och tillgång till lägenheter försvann. Avfuktare kunde testas men i övrigt gjordes istället simuleringar för att bedöma ökad luftväxling och beteendets inverkan.

2.4 Simuleringar

Med grund i projektets mätningar gjordes bedömningar av hur hög boendetäthet inverkar på effektanvändning, energianvändning, fuktsäkerhet och inomhusmiljö. Simuleringarna har utförts i programmet WUFI Plus som möjliggör hygrotermisk analys av inomhusmiljö och konstruktioner. Arbetet har utförts inom ramen för två examensarbeten inom detta område. Linderholt och Persson (2023) tog fram realistiska lastprofiler (CO₂, fukt, värme – konvektion och strålning) för hushåll med fem till sju personer, baserat på litteraturstudier och enkätdata. Torstenius (2024) använde dessa profiler för parameterstudier och mögelriskanalyser av typiska miljonprogramslägenheter, där effekten av ort, väderstreck, solskydd, lägenhetsposition och ventilationsnivå undersöktes. Simuleringarna visar att de framtagna profilerna ger högre relativ fuktighet och delvis lägre



temperaturer än uppskalade standardprofiler, vilket innebär att traditionella antaganden riskerar att underskatta fuktproblematiken i trångbodda lägenheter.

2.5 Resultatspridning

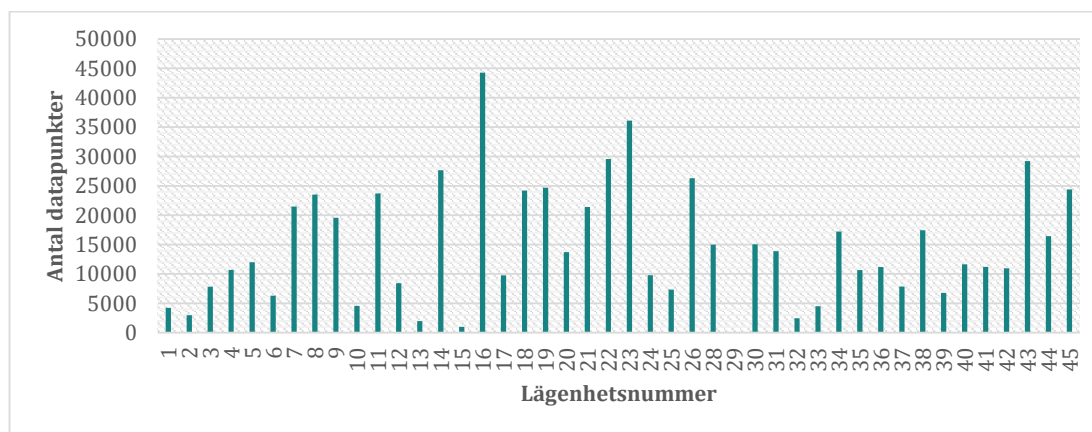
Förutom vid seminarier arrangerade inom ramen av E2B2 programmet har resultatspridning skett vid vetenskapliga seminarier, konferenser och genom publikationer. Projektet har presenterats vid ASHRAE Building Performance Analysis Conference i Austin, Texas (september 2023) med fokus på lastprofiler för trångbodda hushåll, samt vid ASHRAE Eighth International Conference on Energy Research and Development i Kuwait (november 2023). Två examensarbeten har genomförts vid LTH: Linderholt och Persson (2023) om inomhusklimat för simulering av hög boendetäthet, samt Torstenius (2024) om inverkan av boendetäthet på inneklimat och mögelrisk. Arbeta med vetenskapliga artiklar pågår. Målgruppen har varit fastighetsägare, konsulter, ventilationssystemleverantörer, Hyresgästföreningen och boende.



3 Resultat

3.1 Mätningar av inomhusklimat

Figur 1 illustrerar hur många mätvärden som samlats in från respektive lägenhet under projektets gång. Antalet datapunkter ger en indikation på både mätperiodens längd och mätutrustningens tillförlitlighet i varje lägenhet. En jämn fördelning av datapunkter mellan lägenheterna möjliggör mer rättvisande jämförelser mellan olika boendemiljöer. Om vissa lägenheter har färre datapunkter kan det bero på tekniska problem (t.ex. med SIM-kort), tillfälligt bortfall eller praktiska hinder (som att barn drar ut elsladden till givaren) som gjort det svårt att genomföra mätningar. Dessa skillnader påverkar därmed analysens kvalitet och representativitet. En lägenhet med få datapunkter kan exempelvis ge en missvisande bild av inomhusklimatet jämfört med lägenheter där datainsamlingen varit mer komplett.



Figur 1: Figuren visar antalet datapunkter per lägenhet. Staplarna representerar varje enskild lägenhet, där höjden visar det totala antalet insamlade mätvärden under projektperioden. OBS! Lägenheter 40–45 är referenslägenheter.

Det är av betydelse att påtala att urvalet av de inkluderade lägenheterna skiljer sig åt beroende på grupp:

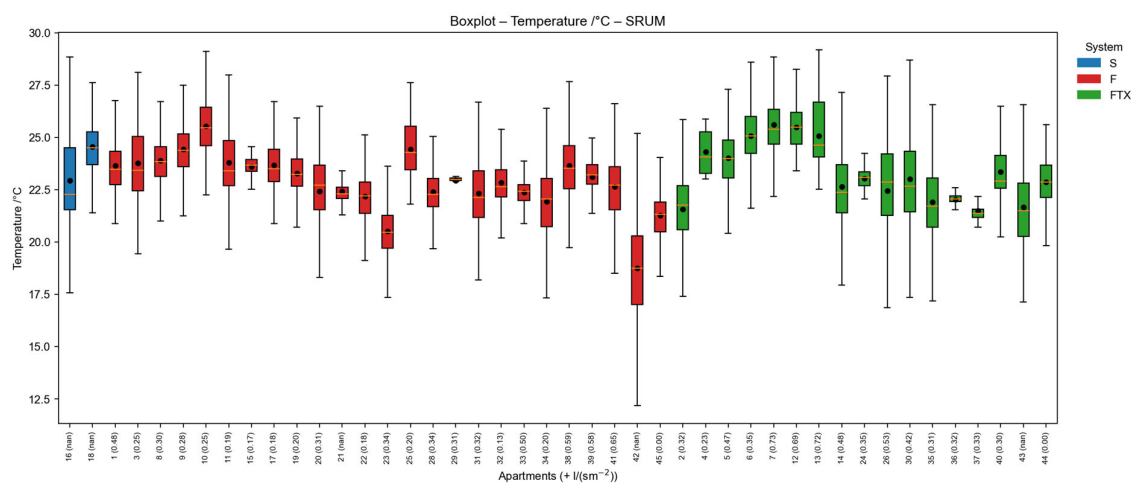
- Lägenheter 1–29 har av fastighetsförvaltaren identifierats som "trångbodda" och potentiellt problematiska; dessa benämns fortsättningsvis som "**grupp A**".
- Lägenheter 30–41 har inkluderats på grund av antagande om hög boendetäthet, baserat på deras förhöjda varmvattenförbrukning, och benämns härnäst som "**grupp B**".
- Lägenheter 41–45 har valts ut som referenslägenheter inom samma fastighetsbestånd, då de med säkerhet uppvisar låg boendetäthet, härnäst "**grupp C**".

I den fortsatta analysen kommer denna variation i urvalsmetod att beaktas, eftersom den har en påverkan på resultatet.

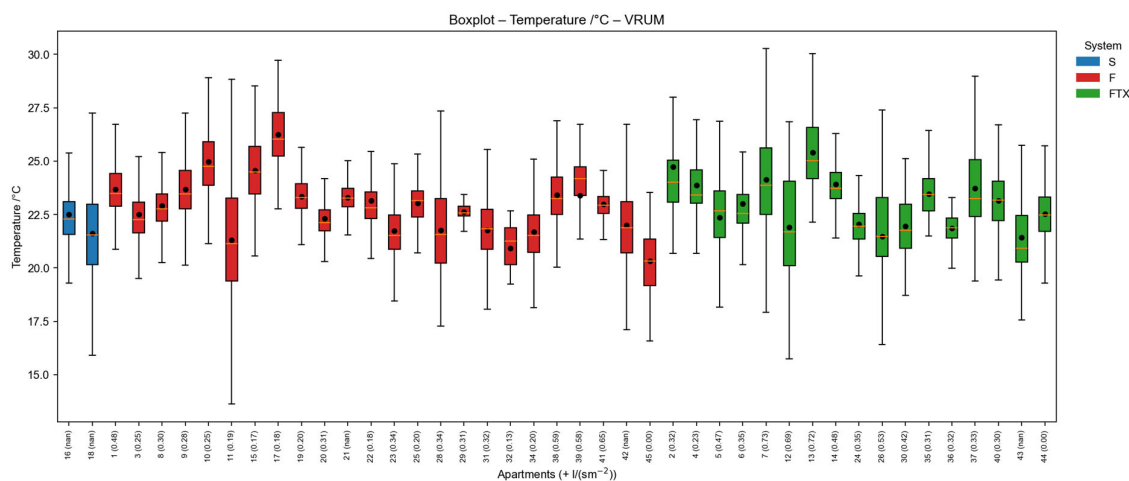


3.1.1 Temperatur

Temperaturfördelningen skiljer något mellan vardagsrum (VRUM) och sovrum (SRUM), jämför Figur 2 och Figur 3, men mönstren är till stora delar likartade. I vissa lägenheter ligger nivåerna något högre i sovrummen, vilket kan kopplas till nattlig närvaro och periodvis stängda dörrar som begränsar luftomblandningen. Skillnaderna är dock inte konsekventa för alla lägenheter.



Figur 2: Boxplots som visar temperaturfördelningar i sovrum för samtliga lägenheter, grupperade efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och svarta punkter markerar medelvärde. Parentesen vid namn visar luftflöde i $l/(s \cdot m^2)$. OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.



Figur 3: Boxplots som visar temperaturfördelningar i vardagsrum för samtliga lägenheter, grupperade efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och svarta punkter markerar medelvärden. Parentesen vid namn visar luftflöde i $l/(s \cdot m^2)$. OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.

Variationerna över dygnet är däremot ofta något större i SRUM, vilket syns som bredare boxar för flera lägenheter och speglar den tydligare dygnsrytm som uppstår i rum som används för sömn. VRUM uppvisar generellt en något jämnare temperaturprofil, vilket är väntat i större och mer centralt placerade rum med högre luftvolym och mer genomströmning. Skillnaderna mellan rummen är dock små jämfört med skillnaderna mellan ventilationssystemen.

Tabell 1: Medelvärden för varje urvalsgrupp avseende temperatur; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

Grupp	Lgh	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/°C	Median/°C	Std	P25	P75	n
A	1–29	0,35	23,3	23,2	1,6	22,3	24,3	28
B	30–41	0,39	22,7	22,6	1,4	21,8	23,6	12
C	42–45	-	21,4	21,4	1,7	20,3	22,5	4

Tabell 2: Medelvärden för varje systemgrupp avseende temperatur; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

System	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/°C	Median/°C	Std	P25	P75	n
F	0,30	22,9	22,9	1,4	22,0	23,8	25
FTX	0,41	23,0	22,9	1,7	21,9	24,1	17
S	-	23,1	23,1	1,9	22,0	24,1	2



Ventilationstypen påverkar temperaturfördelningen (se ovan tabeller), men skillnaderna mellan systemen är relativt små. Enligt

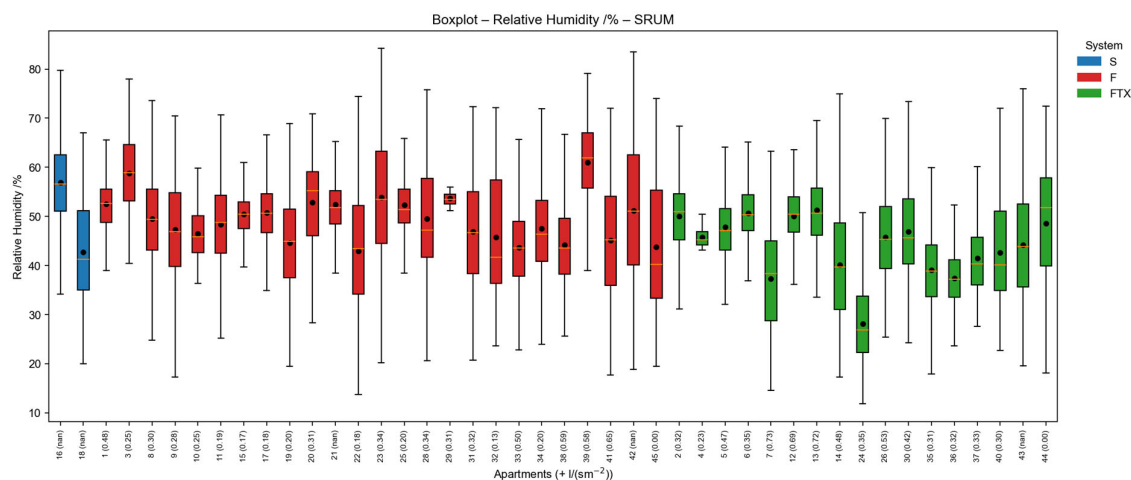
Tabell 2 ligger medeltemperaturen för **F-system** på 22,9 °C, FTX på 23,0 °C och S på 23,1 °C. **FTX-lägenheterna** har något större spridning (Std 1,7) än **F-systemet** (Std 1,4), medan S-systemet uppvisar störst variation (Std 1,9) men baseras endast på två lägenheter. Skillnaderna mellan ventilationssystemen är alltså marginella vad gäller temperatur.

Avseende skillnaden i urvalet framgår enligt Tabell 1 att grupp A (1–29) har högst medeltemperatur (23,3 °C), följt av grupp B (22,7 °C) och referenslägenheterna i grupp C (21,4 °C). Den lägre temperaturen i referenslägenheterna kan möjligtvis förklaras av lägre internvärmelaster från färre boende.

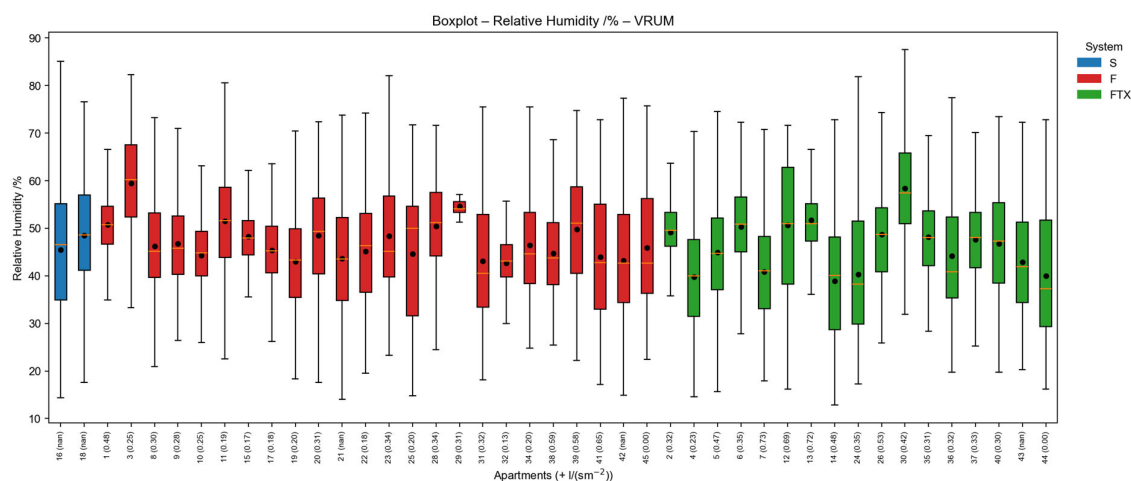
3.1.2 Relativ luftfuktighet

Nedan två figurer (*Figur 4* och *Figur 5*) visar den relativa fuktigheten i vardagsrum (VRUM) respektive sovrum (SRUM). Figurerna visar liknande övergripande mönster i vardagsrum (VRUM) och sovrum (SRUM), men vissa skillnader framträder vid jämförelse av figurerna. För flera lägenheter ligger fuktigheten något högre i sovrummen, men skillnaden är inte konsekvent för alla. Det tydligaste är i stället att spridningen ofta är större i SRUM, vilket syns som längre whiskers och större totalintervall för många lägenheter. Detta beror sannolikt på tydligare variationer över dygnet, där sovrum påverkas mer av nattlig närvaro och periodvis stängda dörrar.

VRUM uppvisar i regel något jämnare fuktnivåer, vilket är rimligt i rum med större luftvolym och mer omblandning med övriga delar av bostaden. Skillnaderna mellan VRUM och SRUM är dock små jämfört med skillnaderna mellan ventilationssystemen.



Figur 4: Boxplots baserade av relativ fuktighet i sovrum, grupperade efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och svarta punkter markerar medelvärdet. Parentesen vid namn visar luftflöde i l/(s·m²). OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.



Figur 5: Boxplots av relativ fuktighet i vardagsrum, grupperade efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och svarta punkter markerar medelvärdet. Parentesen vid namn visar luftflöde i l/(s·m²). OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.

Ventilationstypen är den faktor som har störst genomslag i båda rummen. Enligt Tabell 4:



- **F-systemet** har högst medelvärde (47,8 %) och median (47,7 %), med 75-percentilen på 55,0 %.
- **FTX-lägenheterna** har tydligt lägre och stabilare nivåer med medelvärde 45,1 % och median 44,6 %. Spridningen är jämförbar (Std 10,0) men 75-percentilen ligger lägre (52,7 %).
- **S-systemet** ligger mellan F och FTX med medelvärde 46,6 % och median 47,3 %. Dock finns endast två lägenheter med S-system, vilket gör att en jämförelse med andra system ej ger en rättvisande bild då underlaget är för litet för statistiskt säkra slutsatser.

Avseende skillnaden i urvalet framgår i *Tabell 3* att den genomsnittliga fuktnivån är i stort sett likartad i de olika grupperna: grupp A 47,4 %, grupp B 46,1 % och grupp C 44,1 %. Skillnaderna är alltså bara någon procentenhet.

Tabell 3: Medelvärden för varje urvalsgrupp avseende relativ luftfuktighet; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

Grupp	Lgh	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/%	Median/%	Std	P25	P75	n
A	1–29	0,35	47,4	47,5	9,2	40,4	54,2	28
B	30–41	0,39	46,1	45,2	10,1	38,4	53,8	12
C	42–45	0,00	44,1	42,9	12,4	34,0	54,4	4

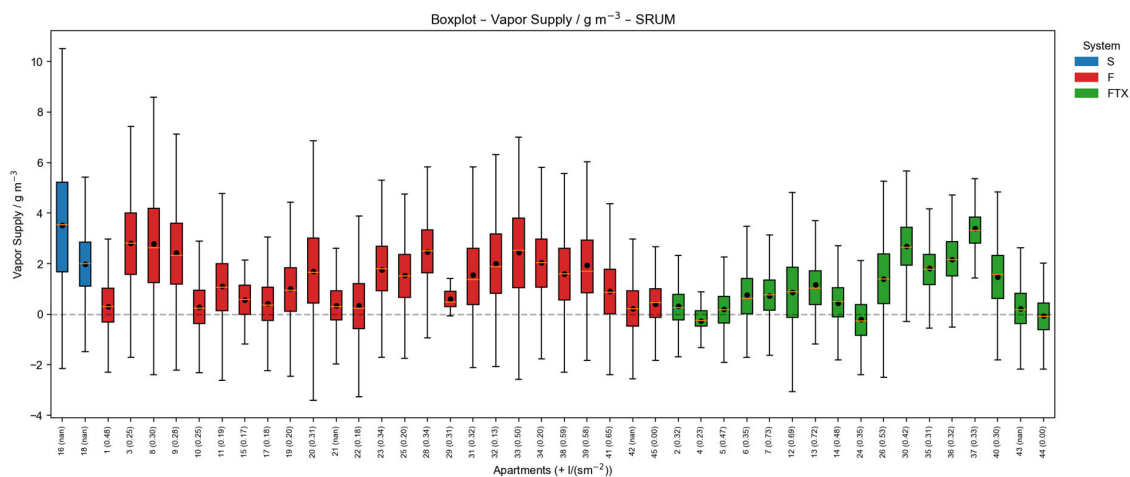
Tabell 4: Medelvärden för varje systemgrupp avseende relativ luftfuktighet; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

Systemgrupp	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/%	Median/%	Std	P25	P75	n
F	0,30	47,8	47,7	9,3	40,5	55,0	25
FTX	0,41	45,1	44,6	10,0	37,5	52,7	17
S	–	46,6	47,3	11,7	37,7	55,4	2

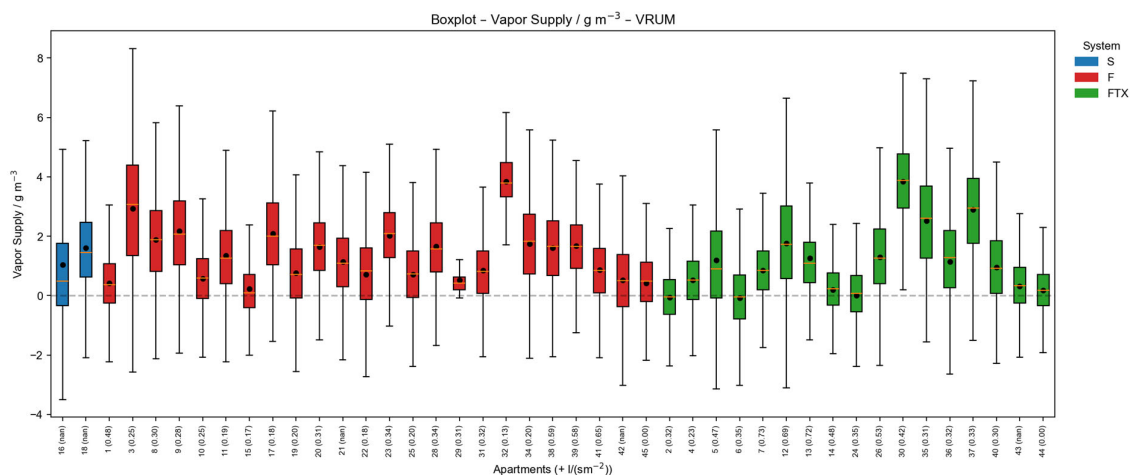
3.1.3 Fukttillskott

Fukttillskott beskriver hur mycket fukt som tillförs inomhusluften av de aktiviteter som sker i en bostad, exempelvis matlagning, duschning, tvätt, vädning, möblering och genom de boendes egen fuktavgivning. Det definieras som skillnaden i ånghalt mellan inomhusluften och uteluften och används för att bedöma hur stor fuktbelastningen är i en lägenhet. Höga fukttillskott kan påverka risker för mögel, kondens och dålig luftkvalitet, särskilt vintertid då uteluften är mycket torr.

För att beräkna fukttillskottet omvandlas först uppmätt relativ fuktighet (RF) och temperatur till ånghalt. Detta görs genom att multiplicera relativ fuktighet (t.ex. 45 % = 0,45) med mättnadsånghalten vid den aktuella temperaturen. Mättnadsånghalten beräknas med hjälp av etablerade termodynamiska samband eller tas från tabellvärden. Resultatet uttrycks i g/m^3 och visar hur mycket fukt som tillförts inomhusluften utöver det fuktinnehåll som finns i uteluften.



Figur 6: Figuren visar fukttillskottet i sovrum, grupperade efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och svarta punkter markerar medelvärdet. Parentesen vid namn visar luftflöde i $l/(s \cdot m^2)$. OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.



Figur 7: Figuren visar fukttillskottet i vardagsrum, grupperade efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och svarta punkter markerar medelvärdet. Parentesen vid namn visar luftflöde i $l/(s \cdot m^2)$. OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.

Beräknat fukttillskott i Figur 6 och Figur 7 uppvisar ett mönster i både vardagsrum (VRUM) och sovrum (SRUM), där ventilationstypen är den faktor som påverkar resultaten mest. Skillnaderna mellan VRUM och SRUM är relativt små jämfört med skillnaderna mellan ventilationssystem. I vissa lägenheter ligger tillskotten något högre i sovrummen, men mönstret är inte konsekvent. Spridningen



tenderar dock att vara något större i SRUM, vilket sannolikt speglar tydligare dygnsvariationer och perioder med låg ventilation när dörrar hålls stängda.

Tabell 5: Medelvärden för varje urvalsgrupp avseende fukttillskott; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

Grupp	Lgh	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/(g/m ³)	Median/(g/m ³)	Std	P25	P75	n
A	1–29	0,35	1,13	1,06	1,31	0,24	1,98	28
B	30–41	0,39	1,91	1,89	1,41	0,91	2,87	12
C	42–45	0,00	0,31	0,31	0,98	-0,32	0,96	4

Tabell 6: Medelvärden för varje ventilationsgrupp avseende fukttillskott; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

System	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/(g/m ³)	Median/(g/m ³)	Std	P25	P75	n
F	0,30	1,36	1,32	1,32	0,43	2,25	25
FTX	0,41	1,08	1,05	1,22	0,28	1,85	17
S	–	1,75	1,38	1,90	0,40	3,03	2

Enligt Tabell 6:

- **F-systemet** har högt fukttillskott med medelvärde 1,36 g/m³ och median 1,32 g/m³. 75-percentilen ligger på 2,25 g/m³, vilket visar att fuktproduktionen varierar kraftigt över tid och att ventilationssystemet i många fall inte förmår transportera bort fukten tillräckligt effektivt.
- **FTX-lägenheterna** har de lägsta och mest stabila fukttillskotten med medelvärde 1,08 g/m³ och median 1,05 g/m³. 75-percentilen ligger på 1,85 g/m³. Detta visar att det balanserade ventilationsflödet ger effektivt bortförsel av den fukt som genereras i bostaden.
- **S-systemet** uppvisar högst medelvärde (1,75 g/m³) men baseras endast på två lägenheter, vilket gör variationen stor och nivån svårtolkad.

Sammanfattningsvis visar fukttillskottet att **F-systemen** har högre nivåer och större variation än **FTX-lägenheterna**, som har lägst tillskott och störst stabilitet. Skillnaderna mellan VRUM och SRUM är sekundära i förhållande till skillnaderna mellan ventilationssystemen.

Avseende skillnaden i urvalet framgår i *Tabell 5* tydliga skillnader mellan grupperna. Grupp B (30–41) har medelvärde 1,91 g/m³ jämfört med grupp A (1–29) som har 1,13 g/m³ – en skillnad på cirka 0,8 g/m³. Referenslägenheterna i grupp C har mycket lägre fukttillskott (0,31 g/m³). I boxplottarna för VRUM och SRUM syns detta som högre boxar och längre whiskers för flera av lägenheterna 30–41. Det stämmer också med bilden av hög varmvattenanvändning – mycket duschning och tappvarmvatten ger mer fuktproduktion.

3.1.3.1 Fukttillskott kopplat till temperaturen utomhus

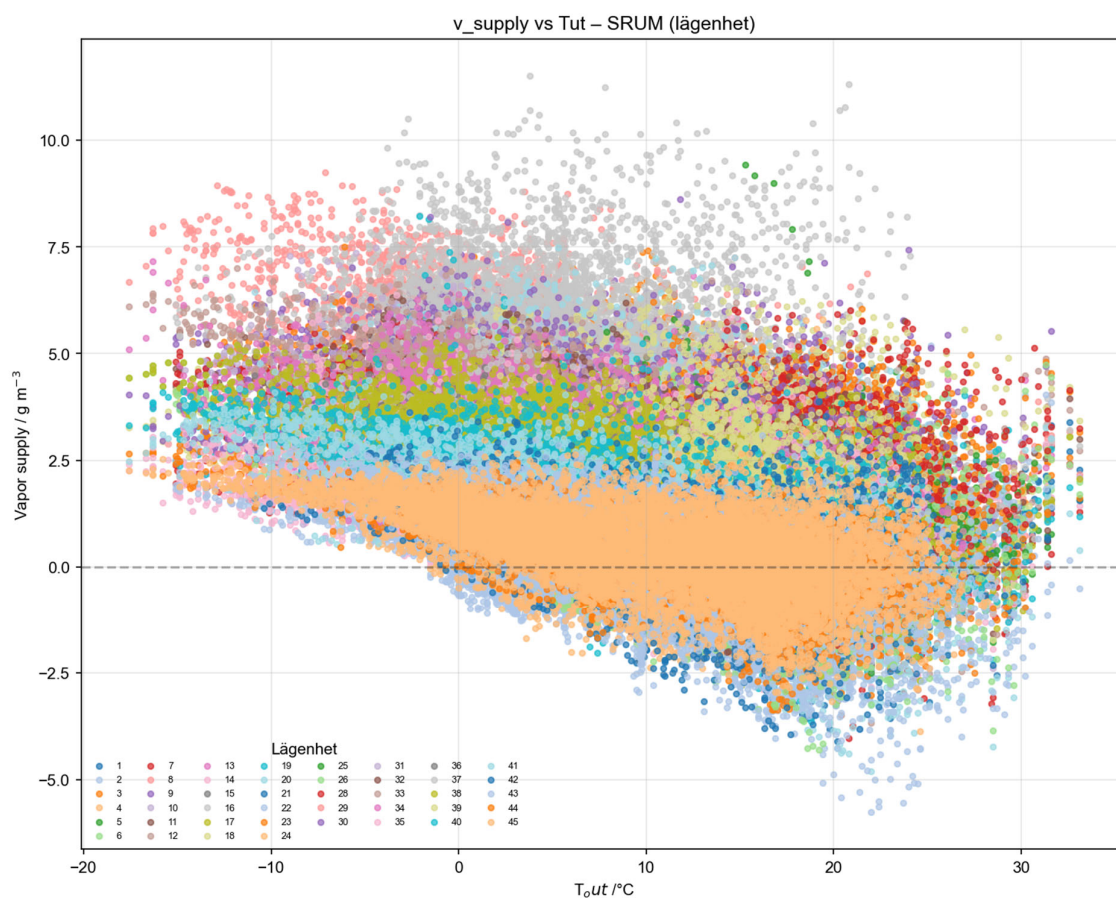
Följande tre figurer visar att fukttillskottet uppvisar ett tydligt och förväntat samband med utetemperaturen. Vid låga utetemperaturer är fukttillskottet generellt högt i samtliga lägenheter,



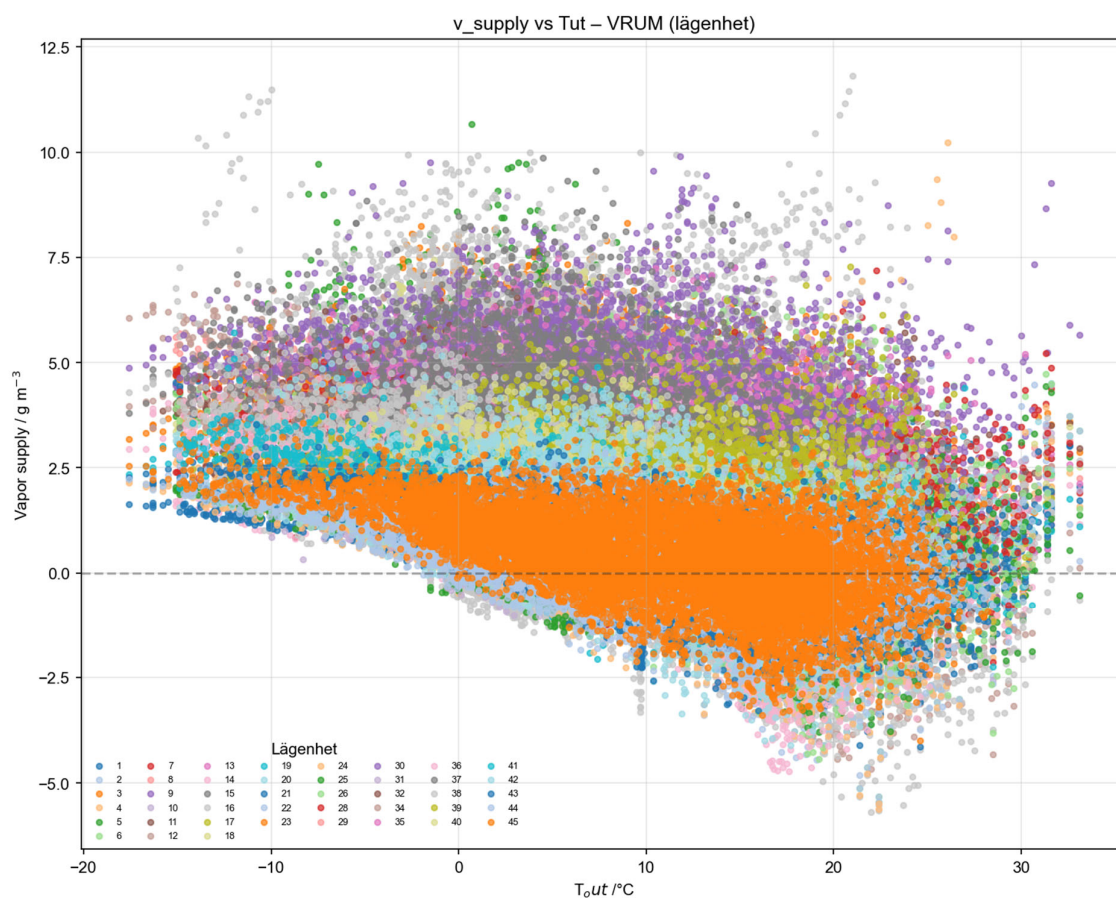
medan det sjunker gradvis när utetemperaturen stiger. Under kalla perioder ($T_{ute} < 0\text{ °C}$) ligger majoriteten av värdena i intervallet $2\text{--}6\text{ g/m}^3$, och flera lägenheter uppvisar toppar över 8 g/m^3 . Detta bör bero på att den låga relativa fuktigheten som blir inomhus då ger större förångning vid de fuktalstrande processerna inomhus, samt i viss mån att man är inne mer då. När utetemperaturen stiger minskar denna skillnad successivt, och under varma perioder ($T_{ute} > 20\text{ °C}$) närmar sig fukttillskottet noll och blir kortare tider negativt, på grund av varierande väder och fördröjningseffekter men också viss mätosäkerhet där värden från två loggrar subtraheras.

Spridningen mellan lägenheterna är stor och återfinns vid alla utetemperaturer. Detta visar att lägenheterna har väldigt olika fuktbelastning vid samma klimatförhållanden, vilket sannolikt beror på skillnader i ventilation, boendetäthet eller fuktalstrande aktiviteter. Sovrummen uppvisar dessutom större variation än vardagsrummen och har fler höga toppar, vilket är rimligt eftersom sovrum ofta har lägre luftomblandning och hög närvaro under längre sammanhängande perioder.

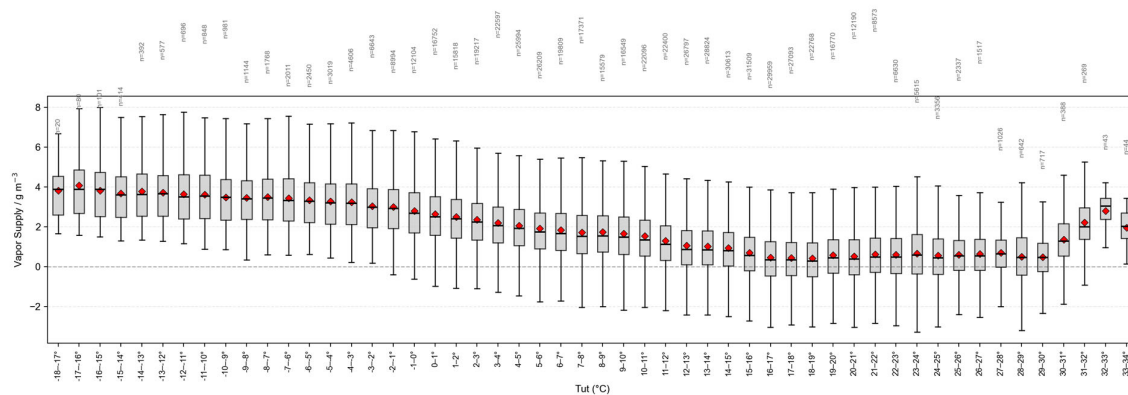
Boxplottarna i *Figur 10*, där all data från lägenheter 1–39 ingår, förstärker detta mönster. Vid T_{ute} under fryspunkten ligger medianvärdena mellan $2\text{--}4\text{ g/m}^3$ och variationen är som störst. När utetemperaturen stiger upp mot $10\text{--}15\text{ °C}$ sjunker både medianen och spridningen tydligt, och vid sommartemperaturer ligger merparten av värdena nära noll. Formen på fördelningen visar alltså att fukttillskottet styrs starkt av klimatet men också varierar betydande mellan lägenheterna. I andra sammanhang (Bagge och Johansson, 2019) uppmäter vi medelvärden på i storleksordningen 1 g/m^3 i lägenheter i Umeå och Karlstad. Fukttillskottet är högre vid lägre utetemperatur, något som tros bero på att man är mer inomhus under kalla årstiden, samt att man vädrar mer på sommaren då utetemperaturen är hög och då luftomsättningen ökar med vädringen.



Figur 8: Scatterplot som visar sambandet mellan fukttillskott och utetemperatur i sovrum. Färgkodade punkter visar att nivåerna varierar mellan lägenheterna. OBS! Lägenheter 40-45 är referenslägenheter.



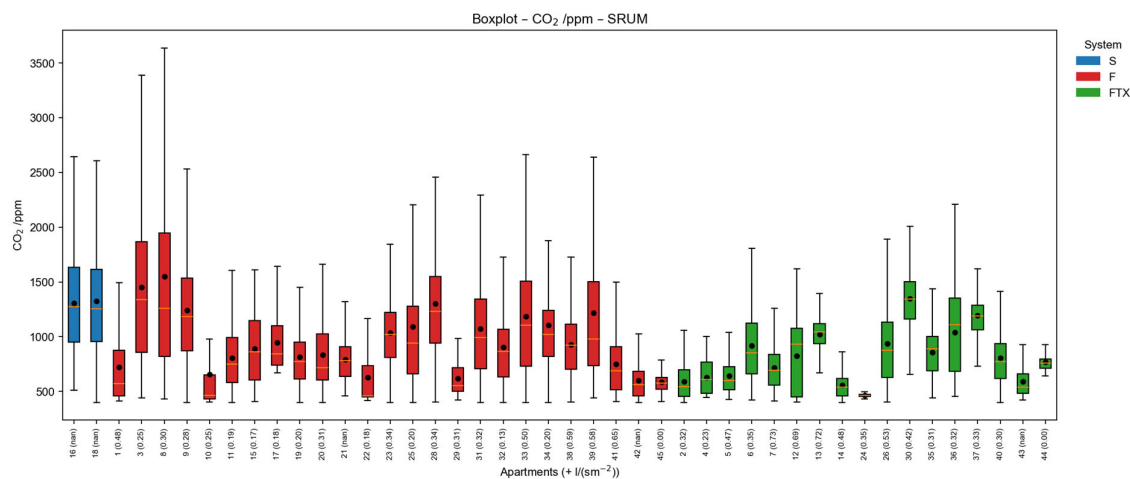
Figur 9: Scatterplot som visar sambandet mellan fukttillskott och utetemperatur i sovrum. Färgkodade punkter visar att nivåerna varierar mellan lägenheterna. OBS! Lägenheter 42-45 är referenslägenheter.



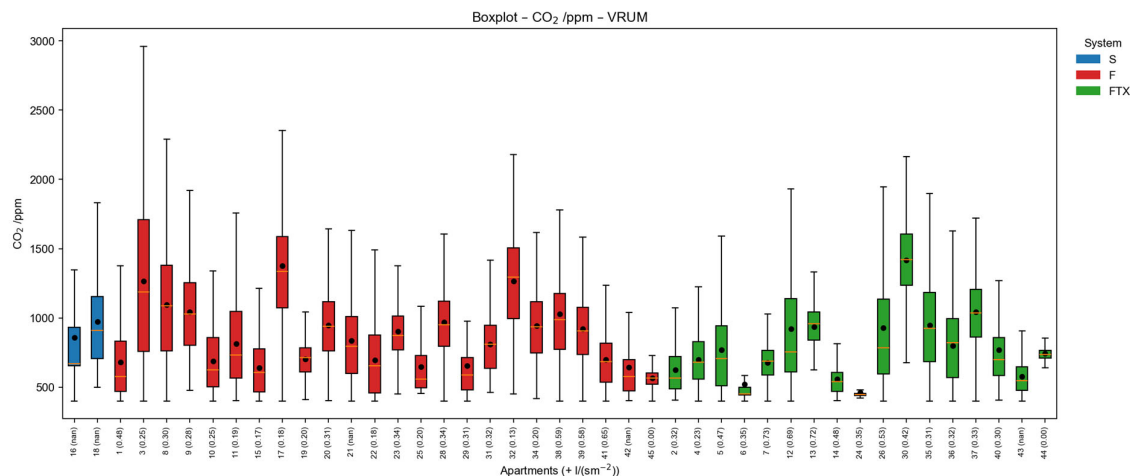
Figur 10: Boxplots över fukttillskott i hela datasetet (lägenheter 1-41) för varje utetemperaturintervall. Boxarna visar median, kvartiler och spridning, och röda romber markerar medelvärde. "n=" ovanför varje boxplot anger antal mätvärden inkluderade i boxplotten. Här exkluderas referenslägenheterna.

3.1.4 Koldioxidkoncentrationer

CO₂-nivåerna varierar tydligt mellan lägenheterna och mellan ventilationssystemen i *Figur 11* och *Figur 12*, men i stort sett uppvisar sovrummen och vardagsrummen likartade mönster. Nivåerna är generellt högre i sovrummen än i vardagsrummen, vilket är förväntat eftersom sovrum används under längre sammanhängande perioder med stängda dörrar. Detta syns genom högre medianvärden, fler extrema värden och ett större antal lägenheter som når nivåer över 1500 ppm i SRUM jämfört med VRUM.



Figur 11: Figuren visar CO_2 -nivåerna i sovrum (SRUM) för samtliga lägenheter. Varje boxplot representerar en lägenhet, färgkodad efter ventilationssystem (S, F och FTX). Boxarnas mittlinje markerar medianen, den färgade boxen visar den lägre och övre kvartilen (25–75-percentilen) och whiskers visar variationen i datan upp till $1,5 \times IQR$. De svarta punkterna markerar medelvärden. Värdet i parantes vid lägenhetsnumret anger luftflöde i $l/(s \cdot m^2)$ per lägenhet.



Figur 12: Figuren visar CO_2 -nivåerna i vardagsrum (VRUM) för samtliga lägenheter. Boxplottarnas uppbyggnad: medianen markeras med en linje, boxen täcker 25–75-percentilen, whiskers visar datans variation och svarta punkter visar medelvärden. Varje lägenhet är färgkodad efter ventilationssystem (S, F, FTX). Värdet i parantes vid lägenhetsnumret anger luftflöde i $l/(s \cdot m^2)$ per lägenhet.



Tabell 7: Medelvärden för varje urvalsgrupp avseende koldioxid; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

Grupp	Lgh	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/ppm	Median/ppm	Std	P25	P75	n
A	1–29	0,35	855	776	326	615	1021	28
B	30–41	0,39	979	941	341	731	1150	12
C	42–45	0,00	633	604	126	544	684	4

Tabell 8: Medelvärden för varje systemgrupp avseende koldioxid; medelvärde, standardavvikelse, median och 75-percentil.

System	$q/(l/(s \cdot m^2))$	Medel/ppm	Median/ppm	Std	P25	P75	n
F	0,30	905	832	357	642	1077	25
FTX	0,41	791	754	228	627	911	17
S	–	1084	899	457	739	1357	2

Ventilationssystemet framträder som den dominerande faktorn bakom skillnaderna mellan lägenheterna. Enligt

Tabell 8:

- **F-systemet** har medelvärde 905 ppm och median 832 ppm, med 75-percentilen på 1077 ppm. Spridningen är stor (Std 357) och övre whiskers når långt över 2000 ppm i flera fall. Några F-lägenheter i SRUM når toppnivåer på 3000–3600 ppm, vilket indikerar periodvis mycket låg luftomsättning.
- **FTX-lägenheterna** uppvisar lägst och mest stabila CO₂-nivåer, med medelvärde 791 ppm och median 754 ppm. 75-percentilen ligger på 911 ppm och spridningen är betydligt mindre (Std 228). Detta visar att det balanserade ventilationssystemet ger ett mer effektivt och konsekvent luftutbyte. FTX-lägenheterna har dessutom få extrema värden, och toppnivåerna når sällan över 1500 ppm.
- **S-systemet** uppvisar högst medelvärde (1084 ppm) men baseras endast på två lägenheter. Spridningen är stor och vissa lägenheter når över 2000 ppm.

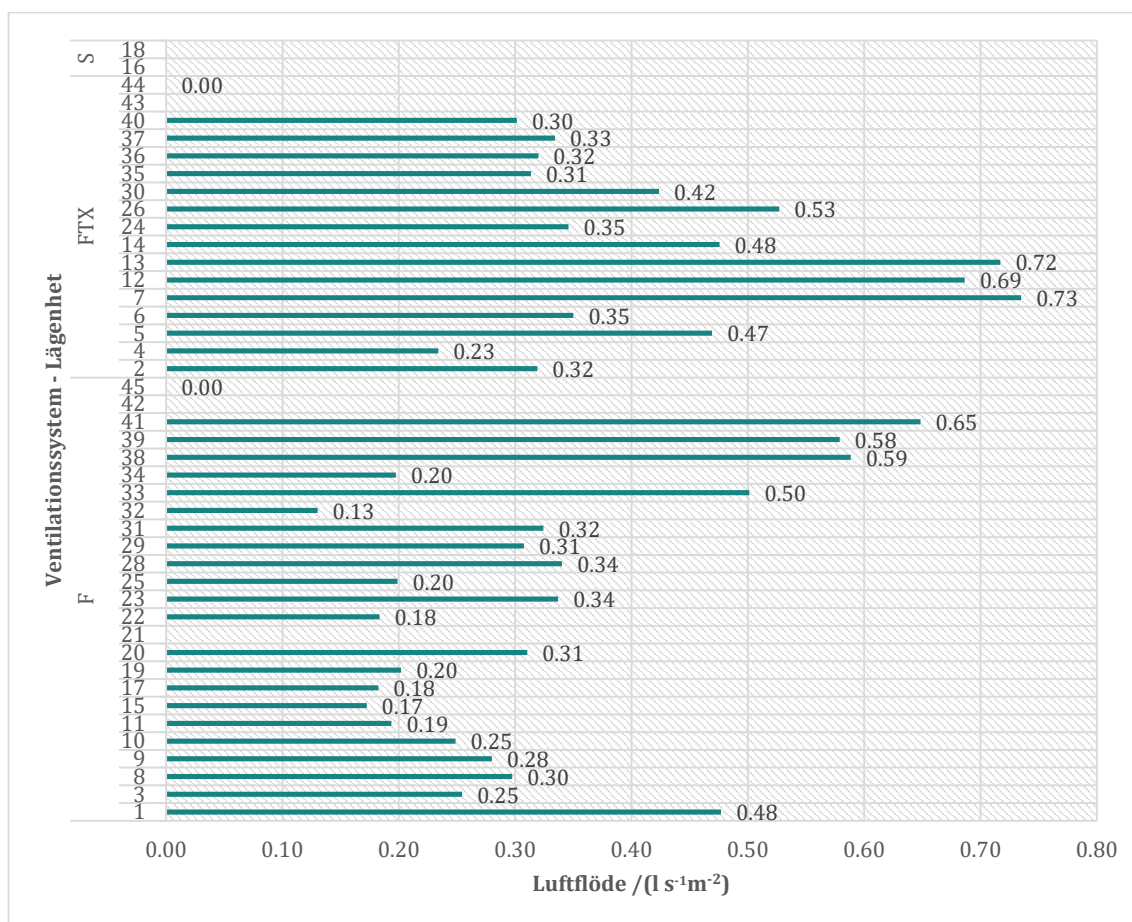
Skillnaderna mellan SRUM och VRUM följer samma mönster: SRUM visar generellt högre nivåer och större variation, men ventilationssystemets funktion är den avgörande faktorn i båda rummen. Sammantaget visar resultaten att F- och S-ventilation inte alltid förmår hålla CO₂-nivåerna på önskade nivåer, medan FTX-lägenheterna uppnår betydligt stabilare och lägre koncentrationer.

Avseende skillnaden i urvalet framgår enligt Tabell 7 att grupp B (30–41) har högst CO₂-nivåer med medelvärde 979 ppm och median 941 ppm, jämfört med grupp A (1–29) som har medelvärde 855 ppm och median 776 ppm. Referenslägenheterna i grupp C har betydligt lägre nivåer (medelvärde 633 ppm, median 604 ppm). Skillnaden mellan grupp A och B är intressant – trots att grupp B har något högre luftflöde (0,39 l/s,m² jämfört med 0,35) har de högre CO₂-nivåer, vilket tyder på att personbelastningen är den avgörande faktorn.



3.1.5 Ventilationsflöden

De uppmätta luftflödena varierar tydligt mellan lägenheterna och mellan ventilationssystemen, vilket framgår av 3. FTX-lägenheterna uppvisar genomgående de högsta luftflödena, medan F-systemet visar stor variation och S-ventilationen de lägsta nivåerna, i vissa fall nära noll. Skillnaderna i luftflöde mellan systemtyperna är alltså stora, men när luftflödena kopplas till fukttillskott och CO₂-halter framträder ett oväntat svagt samband.



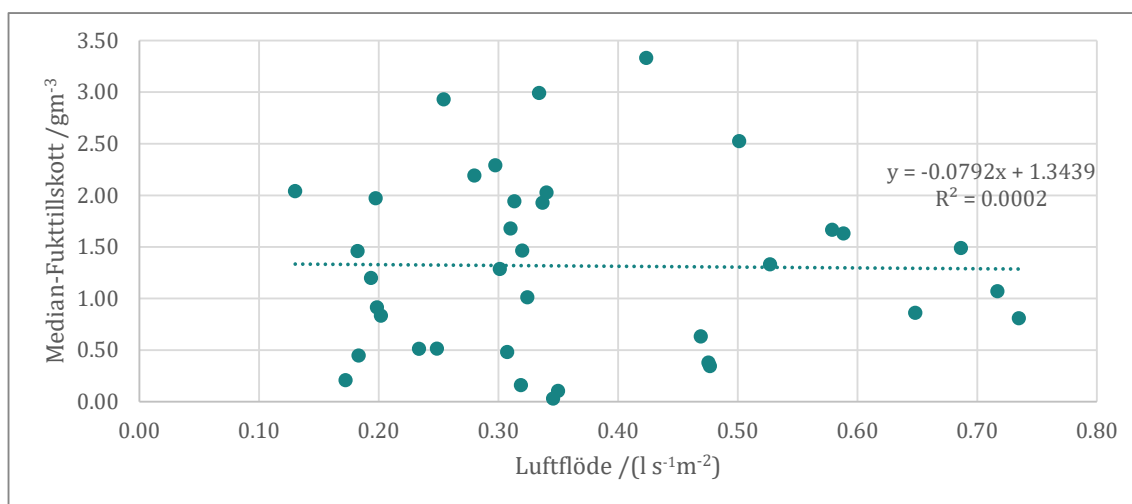
Figur 13: Figuren visar det specifika luftflödet ($l/(s \cdot m^2)$) för varje lägenhet, indelat efter ventilationssystem (S, F och FTX). Varje horisontell stapel motsvarar en lägenhet och etiketten anger uppmätt luftflöde. Medelvärden: S-0, F-0,3, och FTX-0,41 $l/(s \cdot m^2)$.

Scatterploten i Figur 14 som visar specifikt luftflöde i relation till medianfukttillskott visar ingen tydlig trend. Trots att ökad ventilation teoretiskt borde minska fuktnivåerna varierar fukttillskotten kraftigt

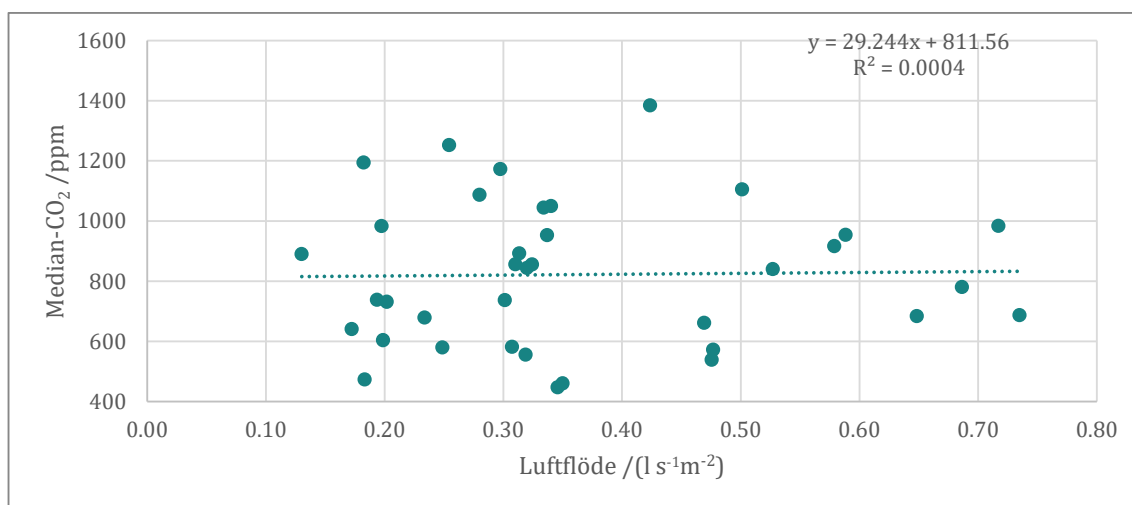


inom hela intervallet av luftflöden, och höga fukttillskott förekommer även vid relativt höga flöden. Det mycket låga R^2 -värdet indikerar att luftflödet endast förklarar en försumbar del av variationen i fukttillskottet. Detta tyder på att intern fuktproduktion, boendemönster och vådringsrutiner har större betydelse än det uppmätta grundflödet.

Ett liknande mönster syns i Figur 15 som visar sambandet mellan luftflöde och median- CO_2 . CO_2 -nivåerna varierar stort mellan lägenheter med liknande flöden, och höga CO_2 -halter förekommer även vid måttligt höga luftflöden. Även här är R^2 -värdet mycket lågt, vilket visar att luftflödet endast i liten utsträckning förklarar variationerna. Detta tyder på att andra faktorer, t.ex. närvarotid och beteenden, har större påverkan på CO_2 -nivåerna än det nominella lägenhetsflödet.



Figur 14: Figuren visar ett spridningsdiagram över specifikt luftflöde ($\text{l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$) och medianfukttillskott (g/m^3) för respektive lägenhet. Den streckade linjen representerar en enkel linjär regression. Referenslägenheter är exkluderade i denna analys.



Figur 15: Figuren sambandet luftflöde och median CO₂-halt per lägenhet. Den streckade linjen representerar en enkel linjär regression. Referenslägenheter är exkluderade i denna analys.

3.2 Enkäter

Totalt delades 40 enkäter ut, varav 24 returnerades och kunde godkännas för analys. Svarsfrekvensen var alltså 60 %. Den höga täckningsgraden innebär att majoriteten av de lägenheter i vilka mätningar utförts även har subjektiva data från enkäterna. Därmed blir det möjligt att jämföra upplevd temperatur, luft- och fuktighet med mätdata (temperatur, relativ fuktighet och koldioxidkoncentration) på lägenhetsnivå, vilket ger ett underlag för korrelations- och orsaksanalys mellan boendes upplevelser och faktiska inomhusförhållanden.

3.2.1 Boendetäthet och vistelsetid

I enkäten fick de boende ange antal boende i lägenheten och hur ofta man vistades i bostaden. Resultatet var följande:

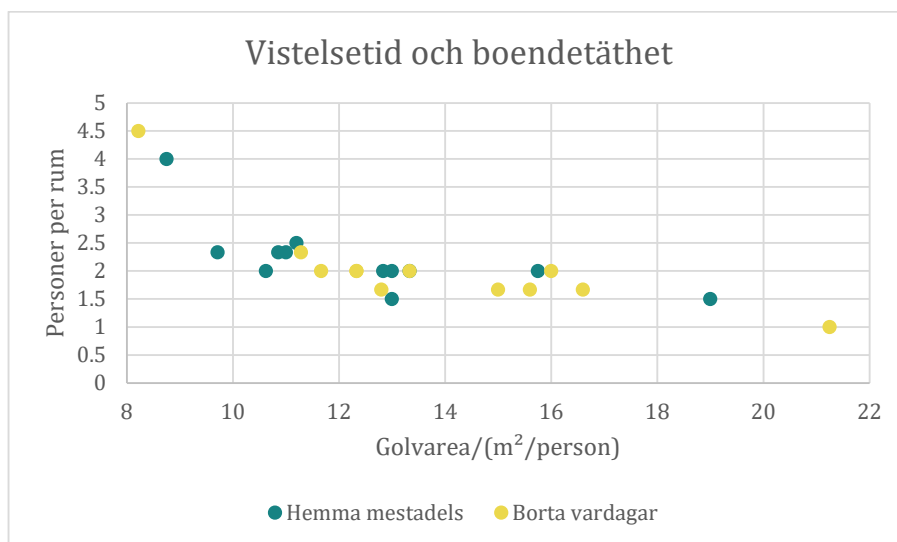
- Median = 6 personer / lägenhet (min 3 – max 10)
- Vuxna ≥ 18 år: medel 2,5 st
- Barn/ungdomar < 18 år: medel 3,4 st

Utifrån siffran på antal boende och information från fastighetsförvaltaren om lägenhetens area och antal rum så beräknades boendetätheten dels som "antal personer per rum" och "antal kvadratmeter per person", se Figur 16. Det första måttet kan användas för att jämföra med Norm 3 (max en person per sovrum förutom par) och det andra måttet för att jämföra med exempelvis hur medelbostadsytan per person anges (exempelvis var medelbostadsytan i Sverige 42 kvadratmeter per person 2023).

För att få information om vistelsetiden ombads de boende att uppskatta ungefär hur många timmar de är borta från bostaden under vardagar i två intervall: 0-4 timmar eller 5-9 timmar. De anges i



resultaten som "hemma mestadels" vilket kan representera hemmavarande barn och föräldrar, pensionärer, sjukskrivna samt arbetssökande, eller "borta vardagar" vilket kan representera de som går till arbete, skola, förskola eller annan verksamhet flera timmar varje vardag.

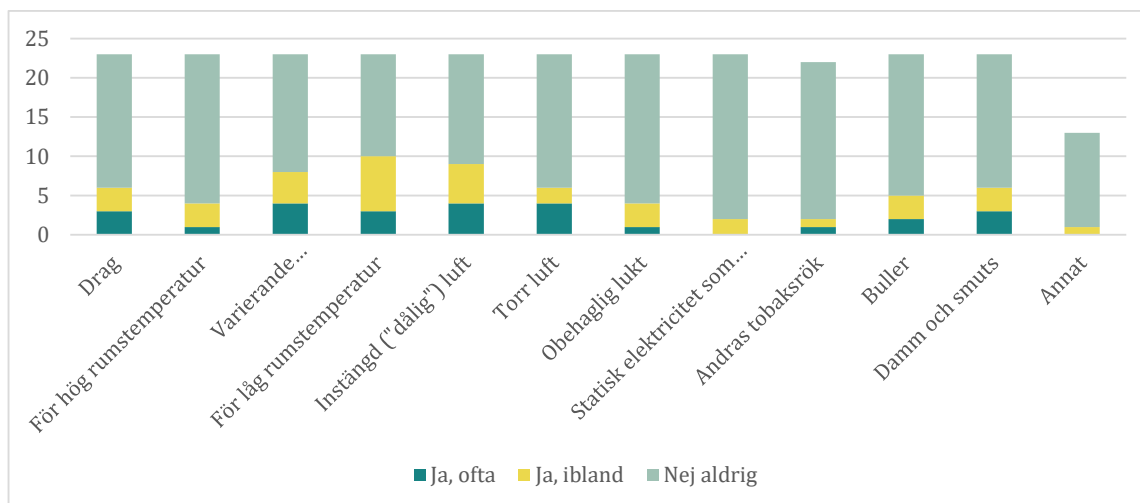


Figur 16. Boendetäthet uttryckt som boende per rum och kvadratmeter per person för olika vistelsemönster.

Resultaten visar att lägenheterna representerar ett underlag som täcker hela skalan från "normalt" till "mycket hög" boendetäthet samt täcker även in olika vistelsetider, vilket gör det möjligt att korskoppla subjektiva svar om upplevd inomhusmiljö med mätdata på lägenhetsnivå.

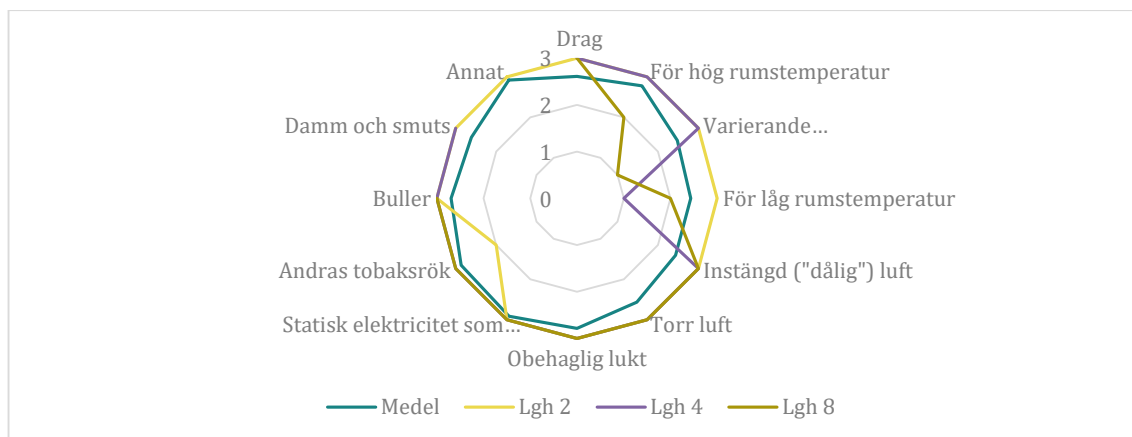
3.2.2 Boendes upplevelse av inomhusmiljön

De boende fick svara på ett antal frågor om de har upplevt besvär med sin inomhusmiljö under de senaste tre månaderna, och då specifikt beträffande: Drag; För hög rumstemperatur; Varierande rumstemperatur; För låg rumstemperatur; Instängd ("dålig") luft; Torr luft; Obehaglig lukt; Statisk elektricitet som gör att man lätt får stötar; Andras tobaksrök; Buller; Damm och smuts; eller Annat. Svaren gavs som flervalssalternativ där 1 står för "Ja, ofta", 2 står för "Ja, ibland" och 3 för "Nej aldrig".



Figur 17. Resultat från enkätundersökningen redovisad som upplevda besvär under de tre senaste månaderna sammanställt för alla 24 lägenheter. Svaren gavs på skalan 1 – Ja, ofta, 2 – Ja, ibland och 3 – Nej aldrig.

De flesta upplever aldrig besvär, en del upplever ibland besvär men väldigt få upplever ofta besvär, se Figur 17. Frågan är om de som upplever besvär ofta eller ibland bor i lägenheter med hö boendetäthet. Resultaten för de lägenheterna med högst boendetäthet, där man har mindre än 10 kvadratmeter boendeyta per person, jämfördes med medelvärdet i alla lägenheter för att se om det finns markanta skillnader. Resultaten skiljer sig lite mellan olika lägenheter men generellt kan man inte se att man upplever besvär i något högre grad i de trångbodda lägenheterna än vad man uppger i medel. I vissa fall kan man se större besvär och då handlar det om att man i en lägenhet verkar ha besvär med både för hög, låg och varierande temperatur och i en för låg temperatur, se Figur 8.

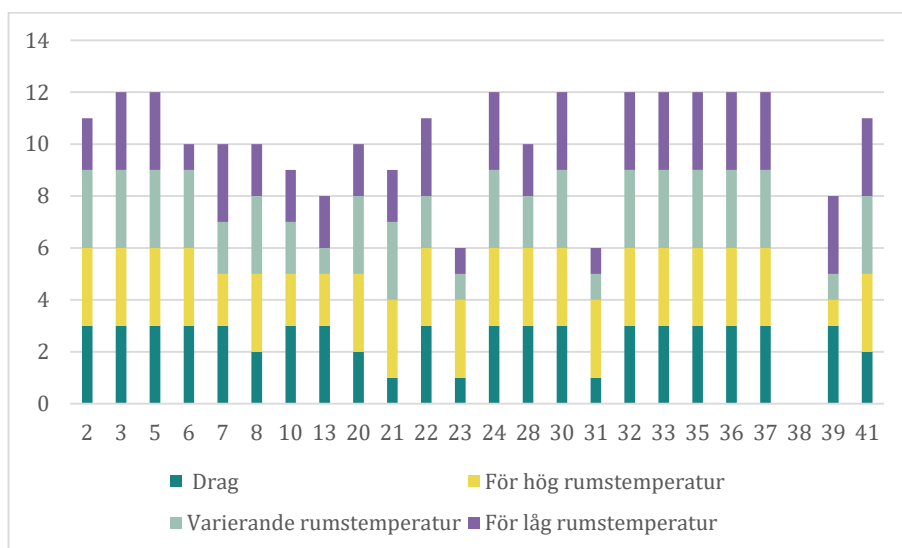


Figur 18. Resultat från enkätundersökningen redovisad som upplevda besvär i de tre mest trångbodda lägenheterna (<10kvm/person) i jämförelse med medelvärdet av upplevda besvär i alla 24 lägenheter som svarat på enkäten. Svaren gavs på skalan 1 – ja ofta, 2 – ja ibland och 3 – nej aldrig.



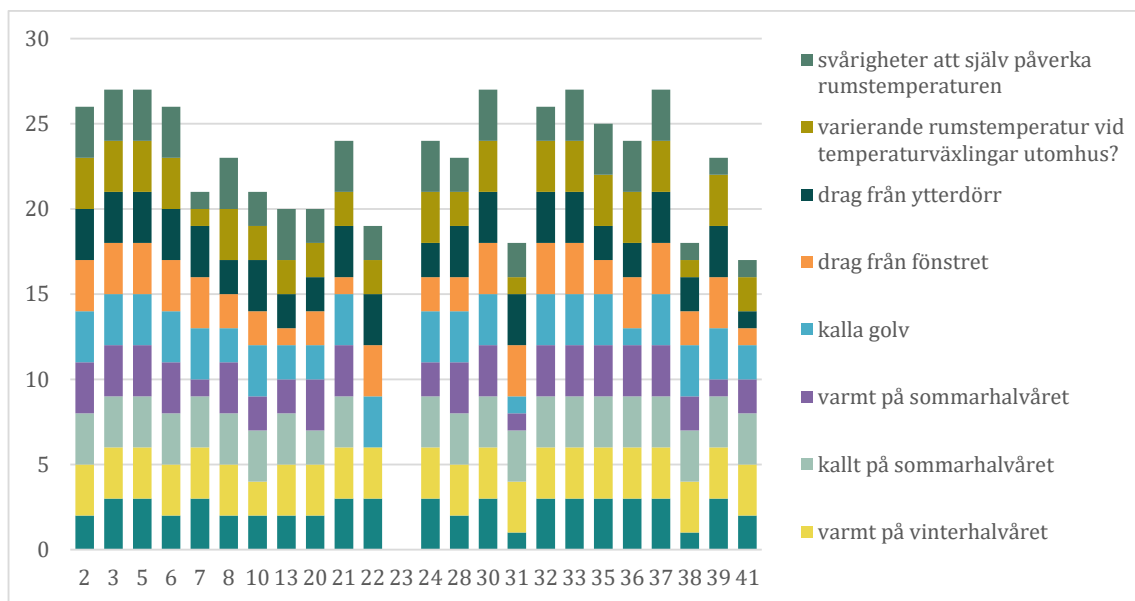
3.2.3 Termisk komfort

Sammanfattningsvis så har de flesta boende sällan eller aldrig problem med termiska komforten i lägenheten men några undantag, se Figur 19. I några lägenheter, exempelvis nr 4, 8, 12, 16 upplever man ofta problem med för låg eller varierande rumstemperatur och i lägenhet 23 även ofta för hög rumstemperatur. I två lägenheter nr 10, 12 och 16 har man ofta problem med drag.



Figur 19. De boendes egenrapporterade upplevelse om temperatur och drag besvarades på en tredelad skala där 1 står för "Ja, ofta", 2 står för "Ja, ibland" och 3 för "Nej aldrig", som motsvaras av höjden på de olidfärgade staplarna.

Tittar man mer specifikt vad de boende har besvär med, Figur 20, så verkar flera ha svårighet att påverka temperaturen (5, 22, 23 och 24) och några har problem med drag från fönster (13, 21 och 41). Några har problem med för varmt sommardag (7, 31 och 39) och några har problem med för kallt vintertid (31 och 38). Endast lägenhet 31 har angivit att man har problem med kalla golv. En lägenhet har inte svarat på de detaljerande frågorna rörande termisk komfort (23).

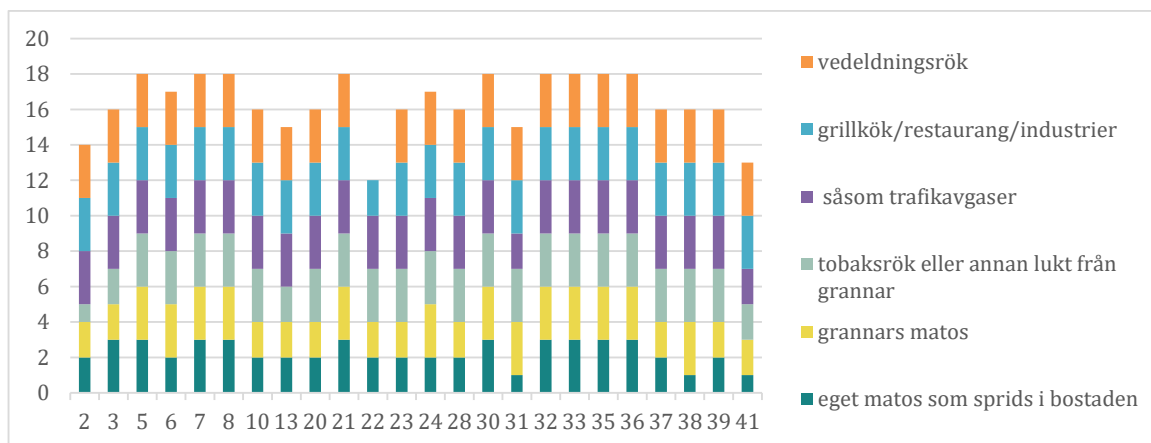


Figur 20. Boendes egenrapporterade upplevelse av termisk komforten mer specifikt. På en tredelad skala där 1 står för "Ja, ofta", 2 står för "Ja, ibland" och 3 för "Nej aldrig som motsvaras av höjden på de olidfärgade staplarna.

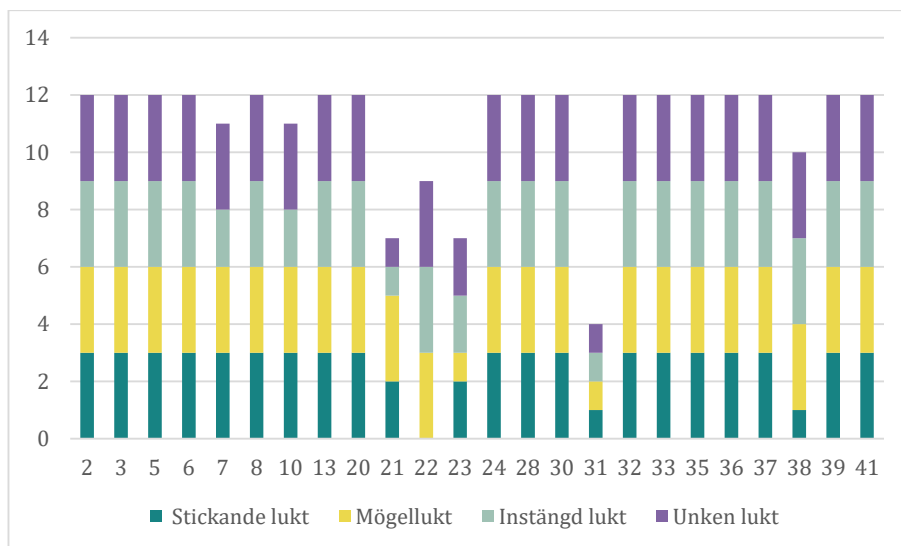
3.2.4 Luftkvalitet och fuktindikationer

Sammanfattningsvis så har boende i de flesta lägenheterna inga eller sällan problem med lukt och fukt i lägenheterna, men det finns undantag. Det finns några lägenheter där de boende rapporterar både problem med lukt utifrån och från egen matlagning vilket tyder på luftläckage och dåligt utsug i köksfläkt, unken instängd lukt och problem med fukt och kondens. Dessa sammanfaller i viss mån. Lägenhet 12, 16 och 22 har tydlig indikation på besvär som kan orsakas av hög belastning eller dålig ventilation. Gemensamt för dessa lägenheter är att de är relativt stora hushåll 10, 6 respektive 6 personer som bor relativt tätt 11, 12 respektive 13 kvadratmeter per person. Tittar man däremot på den uppmätta ventilationsluftflödet så låg det på väldigt olika nivåer 33,7, 12,5 respektive 45,9 l/s.

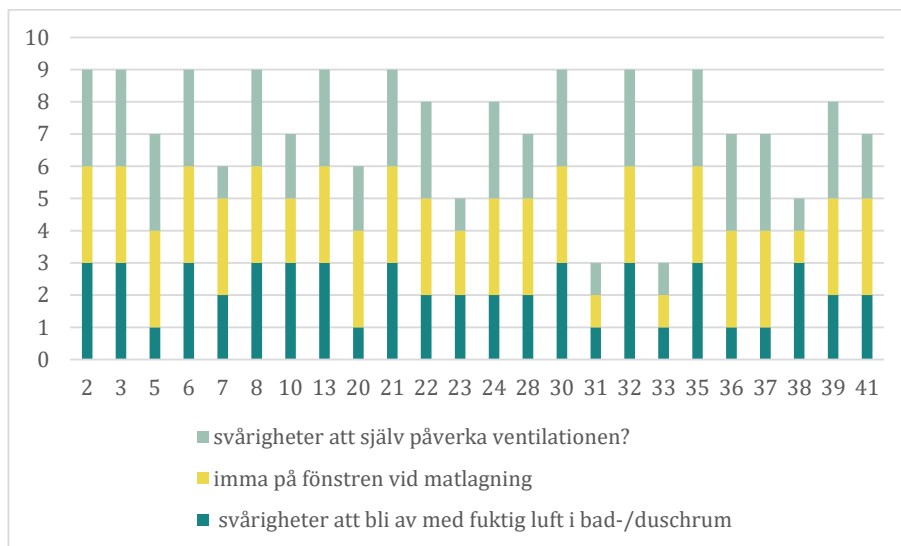
Enligt Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation i bostäder bör det specifika luftflödet (luftomsättningen) inte understiga 0,5 omsättningar per timme vilket finns i byggreglerna genom att uteluftsflödet inte bör understiga 0,35 l/s per kvadratmeter golvareal. Man hittar värde på 4 l/s per person. Detta kan jämföras med 7 l/s per person vid stillasittande sysselsättning i lokaler.



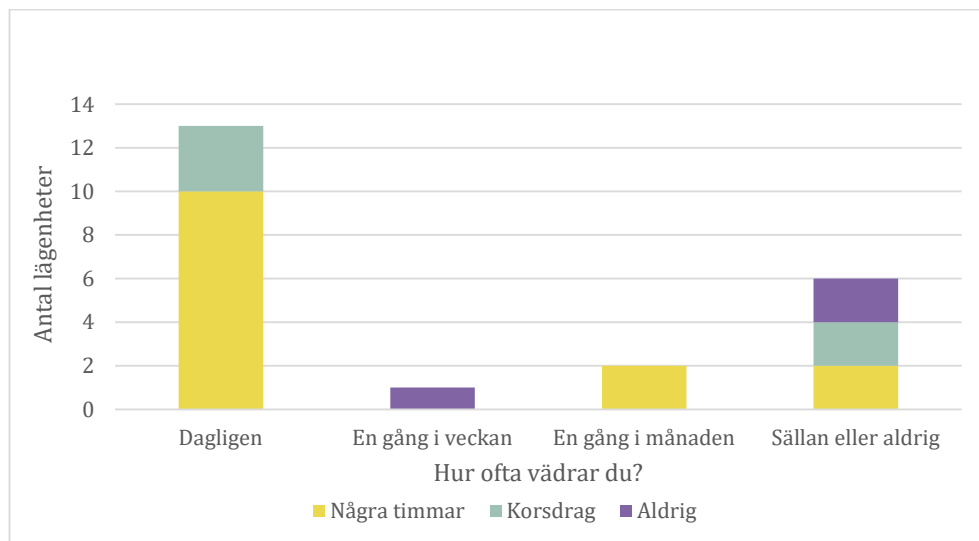
Figur 21. De boendes egenrapporterade lukt genererat av grill, tobak, matlagning eller trafik i lägenheten. Observera skalan där 1 står för "Ja, ofta", 2 står för "Ja, ibland" och 3 för "Nej aldrig". Om man inte svarat på frågan så finns ingen markering alls. Det betyder att lägenheter med låga staplar av en eller flera färger, såsom lägenhet nr 2, 31, 31 och 41, har fler problem än lägenheter med höga staplar. De flesta problemen handlar om eget matos.



Figur 22. De boendes egenrapporterade upplevelse av stickande, unken, instängd eller mögellukt i lägenheten. Observera skalan där 1 står för "Ja, ofta", 2 står för "Ja, ibland" och 3 för "Nej aldrig". Om man inte svarat på frågan så finns ingen markering alls. Det betyder att lägenheter med låga staplar av en eller flera färger, såsom lägenhet nr 21, 23, 31 och 38, har fler problem än lägenheter med höga staplar.



Figur 23. De boendes egenrapporterade upplevelse av att kunna påverka ventilation och undvika fukt. Observera skalan där 1 står för "Ja, ofta", 2 står för "Ja, ibland" och 3 för "Nej aldrig". Om man inte svarat på frågan så finns ingen markering alls. Det betyder att lägenheter med låga staplar av en eller flera färger, såsom lägenhet nr 5, 7, 20, 23, 31, 33 och 38, har avsevärt fler problem än övriga lägenheter med höga staplar.



Figur 24. De boendes rapporterade vädrings-mönster i termer av hur ofta och hur länge man vädrar.



Dessa resultat korrelerar väl med loggade CO₂-toppar (> 1 000 ppm nattetid) och höga fukttillskott som hittades i flertalet lägenheter. Trots relativt frekvent vädring, se Figur 15, kan mätdata tyda på att luftomsättningen inte räcker i flera lägenheter. Självrapporterade vanor kan alltså inte kompensera fullt ut för den höga personbelastningen.

3.3 Avfuktare

De åtgärder som var möjliga att testa inom projektet bestod av att tillfälligt placera portabla avfuktare i ett antal lägenheter. För tre av dessa lägenheter finns tillräckligt med mätdata för att göra en jämförelse av fukttillskott före och under avfuktningssperioden, vilket sammanställs i Tabell 1. Avfuktarna kunde endast användas under kortare perioder eftersom de upplevdes som störande av de boende, och mätningarna av fukttillskott utfördes i sovrum och vardagsrum oberoende av var avfuktarna var placerade.

Jämförelsen av medelvärdena för fukttillskott visar att effekten av avfuktningen är begränsad och varierar mellan både lägenheter och rum. I vissa fall minskar medelvärdet under avfuktningssperioden, medan det i andra fall förblir i stort sett oförändrat eller till och med ökar. Tabell 9 visar att förändringarna i medelvärden oftast är små och inte följer ett konsekvent mönster mellan sovrum och vardagsrum eller mellan olika tidsperioder. Detta innebär att de observerade variationerna sannolikt påverkas av beteendemönster, intern fuktproduktion och hur luften rör sig i lägenheten, snarare än av avfuktaren i sig. Eftersom avfuktarna placerades i kök eller badrum, medan mätningarna gjordes i andra rum, kan deras effekt ha varit begränsad till den del av lägenheten där de placerades och där luftomblandningen var tillräcklig.

Jämförelsen av medelvärdena före och under avfuktningssperioden visar att avfuktarens effekt på fukttillskotten är relativt begränsad och varierar tydligt mellan lägenheterna. I lgh 16 ses en minskning i sovrummet på ungefär 1 g/m³, men samtidigt ökar medelvärdet i vardagsrummet med ungefär samma storleksordning. I lgh 23 stiger medelvärdena i både sovrum och vardagsrum, vilket indikerar att avfuktningen inte gav någon reducerande effekt på den uppmätta fuktbelastningen. I lgh 40 är förändringarna små, där de sovrummet i princip är oförändrade och i vardagsrummet minskar med cirka 0,6 g/m³. Sammantaget visar resultaten i tabell 9 att förändringarna i medelvärden ofta är små, inkonsekventa och i flera fall går åt motsatt håll än förväntat.



Tabell 9: Sammanställning av fukttillskott före och under test av portabla avfuktare i tre lägenheter. Tabellen visar min-, max-, medelvärden samt percentiler för både sovrum och vardagsrum, baserat på två mätperioder per lägenhet.

				Fukttillskott /(g·m ⁻³)											
Lgh	Start	Slut	Rum	Min	Max	Medel	Std	P5	P10	Median	P25	P75	P90	P95	Data-punkter
16	2023-10-29	2023-11-07	Sov	1,42	8,55	4,61	1,59	2,53	2,77	4,39	3,36	5,49	7,04	7,71	217
16	2023-11-08	2023-11-15	Sov	-0,01	6,95	3,52	1,26	1,04	1,84	3,78	2,75	4,26	4,76	5,19	130
23	2023-10-29	2023-11-07	Sov	0,50	5,03	2,75	1,01	0,82	1,40	2,79	2,19	3,53	3,91	4,39	217
23	2023-11-08	2023-11-15	Sov	1,86	5,45	3,64	0,85	2,12	2,38	3,69	3,00	4,32	4,74	4,86	169
40	2024-04-11	2024-04-18	Sov	-0,14	4,88	1,95	1,02	0,27	0,44	2,11	1,11	2,59	3,14	3,66	169
40	2024-04-19	2024-04-26	Sov	0,96	2,76	1,90	0,53	1,15	1,27	1,95	1,38	2,42	2,53	2,57	41
16	2023-10-29	2023-11-07	Var	-1,47	5,19	0,74	1,72	-0,95	-0,78	0,15	-0,38	0,96	4,18	4,69	245
16	2023-11-08	2023-11-15	Var	-0,14	4,65	1,76	1,06	0,24	0,52	1,55	0,88	2,53	3,30	3,52	244
23	2023-10-29	2023-11-07	Var	0,01	4,35	2,13	0,93	0,32	0,86	2,09	1,60	2,79	3,27	3,69	217
23	2023-11-08	2023-11-15	Var	1,14	5,16	2,55	0,80	1,41	1,69	2,40	2,09	2,81	3,63	4,38	169
40	2024-04-11	2024-04-18	Var	-0,15	4,27	1,73	0,89	0,26	0,44	1,83	0,94	2,31	2,79	3,10	169
40	2024-04-19	2024-04-26	Var	-0,16	2,95	1,13	0,54	0,29	0,50	1,15	0,78	1,43	1,70	2,02	159

3.4 Simuleringar

3.4.1 Närvaroprofiler

Examensarbetet "Inomhusklimat för simulering av hög boendetäthet i flerbostadshus" av Linn Linderholt och Lovisa Persson syftade till att ta fram mer realistiska indata för simuleringar av inomhusklimat i lägenheter med hög boendetäthet. Bakgrunden är att befintliga lastprofiler i simuleringsprogram som WUFI Plus och IDA ICE i regel är baserade på hushåll med upp till fyra personer. När dessa profiler skalas upp till större hushåll riskerar de att ge orealistiska toppar i fukt-, värme- och CO₂-produktion, vilket i sin tur påverkar simuleringarnas tillförlitlighet. Arbetet adresserar detta genom att skapa nya profiler som speglar vardagsrutinerna i hushåll med fem, sex respektive sju personer.

Metoden bygger på en kombination av litteraturstudier och beteendeanalys. Först kartlades typiska aktivitetsmönster, utrustning och belastningskällor i trångbodda hem, vilket låg till grund för så kallade "persona". Därefter sammanställdes emissionsdata för olika aktiviteter – såsom matlagning, duschning, sömn och elektronik – för att beskriva hur mycket CO₂, fukt och värme som genereras under dygnet. Resultatet blev hushållsspecifika lastprofiler med dygnsvariationer som bättre återspeglar hur större familjer faktiskt använder sin bostad.

Arbetets jämförelser visar tydligt att uppskalade fyrbildpersonprofiler inte överensstämmer med de nya profilerna. De uppskalade profilerna ger korta men kraftiga toppar, medan de anpassade profilerna visar mer utdragna och jämnare belastningar, vilket är mer representativt för stora hushåll där aktiviteter sprids ut i tid. Studien rekommenderar därför att simuleringar av lägenheter med hög



boendetäthet använder anpassade profiler för att undvika att riskbedömningar av fukt, ventilationsbehov och värmelaster baseras på felaktiga antaganden.

Examensarbetet bidrar därmed med ett saknat underlag för framtida simuleringar av fukt-, värme- och luftkvalitetsförhållanden i bostäder med många boende. För projektet innebär resultaten att mer realistiska belastningsprofiler nu finns att använda i fortsatta analyser av hur trångboddhet påverkar byggnadsfysik och inomhusmiljö.

3.4.2 Simulering av boendetäthetens inverkan på inneklimat och mögelrisk

Examensarbetet "Inverkan av boendetäthet på inneklimat och mögelrisk" av Knut Torstenius undersöker hur hög boendetäthet påverkar inneklimat och mögelrisk i typiska lägenheter från miljonprogrammet. Utgångspunkten är att sådana bostäder ursprungligen dimensionerats för ett lägre antal boende än vad som idag är vanligt i trångboddade hushåll, vilket kan resultera i förhöjda fukt- och CO₂-nivåer samt försämrade termisk komfort. Tidigare simuleringar har ofta baserats på uppskalade brukarprofiler avsedda för hushåll med fyra personer, vilket har visat sig ge missvisande resultat. I studien används i stället nya lastprofiler framtagna för familjer med fem till sju personer framtagna av Linn Linderholt och Lovisa Persson (2023).

Arbetet bygger på simuleringar i WUFI Plus där en standardiserad 70 m² lägenhet modelleras. Först jämfördes de nya brukarprofilerna med traditionellt uppskalade profiler, och därefter genomfördes en parameterstudie där faktorer som ort, väderriktning, solskydd och lägenhetsposition analyserades med avseende på inneklimat och risk för mikrobiell tillväxt. Mögelrisk bedömdes med VTT-modellen baserad på hygrotermiska förhållanden vid den inre ytan av en yttervägg.

Resultaten visar att de framtagna profilerna ger betydligt högre relativ fuktighet än de uppskalade profilerna, samtidigt som temperatur och CO₂-nivåer tenderar att bli lägre. Parameterstudien visar också att olika lägenhetslägen och klimatförhållanden ger stora variationer i risknivå, vilket innebär att samma typ av hushåll kan få mycket olika förutsättningar beroende på ventilation, väderexponering och solinstrålning. Studien visar att ökad naturlig ventilation och vädring är effektiva åtgärder för att minska mögelrisken i utsatta fall.

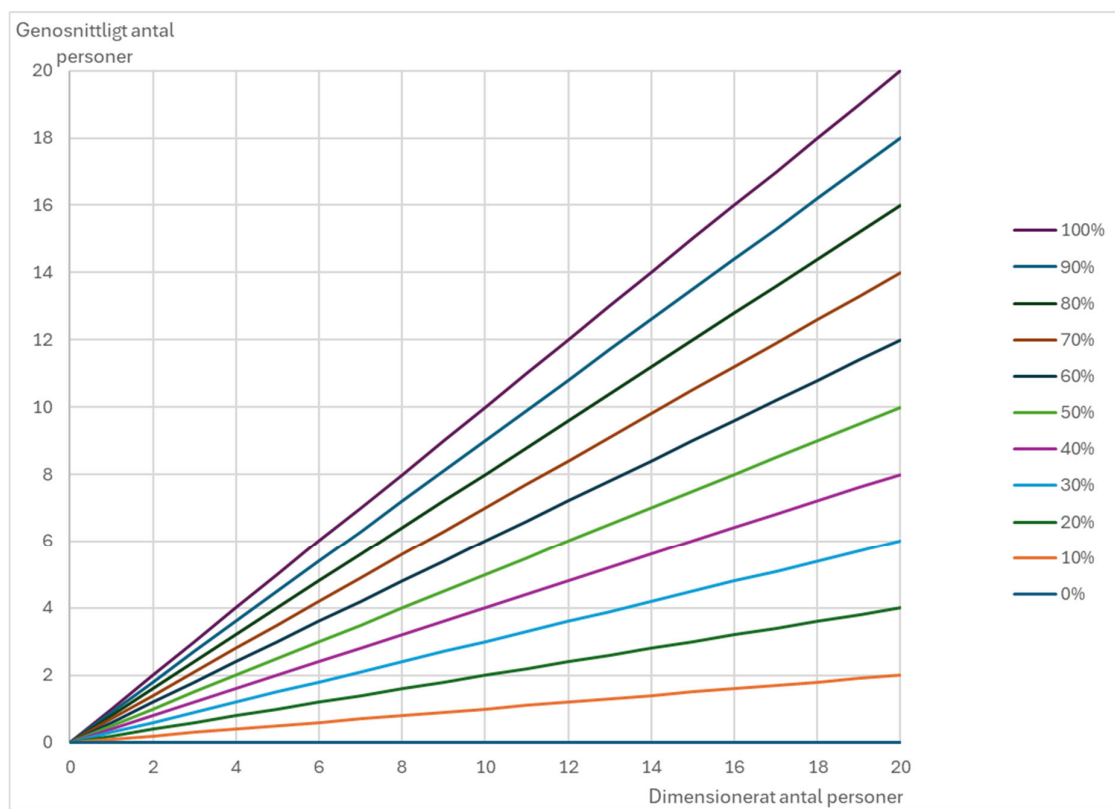
Examensarbetet bidrar med fördjupad kunskap om hur trångboddhet påverkar inneklimatet i miljonprogrammet och understryker vikten av realistiska lastprofiler och ventilationsstrategier vid simulering och analys av boendemiljöer. Resultaten är direkt relevanta för projektets fortsatta arbete med att utveckla åtgärder och förbättrad dimensionering för lägenheter med hög boendetäthet.

3.4.3 Energi och effekt

Det som händer om man har fler personer i en lägenhet är att de avger värme som minskar värmebehovet och ökar kylbehovet. Om man å andra sidan kompenserar ventilationen så att den blir konstant per person så beror energibehovet på värmeåtervinningen och i vad mån man har behovsstyrning. Behovsstyrning är ett inte helt billigt sätt att ventilerat bara när det behövs. Det kan dels leda till lägre genomsnittsflöde i en lägenhet med lägre antal personer i genomsnitt än en lägenhet med högre, men det kan också leda till lägre genomsnittliga luftflöden de tider under året när människor inte är hemma. Man kan då tänka sig en genomsnittlig närvaro på cirka 60% som har mätts i lägenheter på olika orter i Sverige som normalt, baserat på antal personer som bor där. Det kan sedan



vara över 100% om man har gäster eller lägre om man är borta mycket. Denna genomsnittliga närvaroandel skulle kunna tänkas vara lägre om det bor många i en lägenhet eftersom det helt enkelt är trångt inne och man gärna går ut oftare. Figur 25 visar genomsnittligt antal personer som funktion av dimensionerat antal personer och närvaroandelen uttryckt i procent.

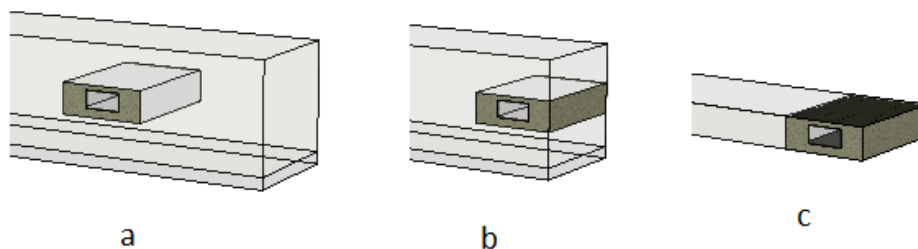


Figur 25. Genomsnittligt antal personer som funktion av dimensionerat antal personer för olika närvaroandelar uttryckta i procent.

Detta har simulerats för att ge grepp om hur energianvändningen och maxeffektbehovet varierar med olika antal personer, olika ventilationsflöde, olika värmeåtervinning och värmetransmission i form av genomsnittligt U-värde på $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Antaganden har gjorts med en typ lägenhet på 70 m^2 golvyta och för att representera andra lägenheter har U-medelvärdet bibehållits men areorna mot utomhusklimatet ändrats enligt Figur 26. Det vill säga bostad representeras av en genomgående lägenhet med utomhusklimat på de två kortsidorna (Figur 26a) en gavellägenhet med utomhusklimat längs ena långsida och de två kortsidorna (Figur 26b) samt ett en-plans radhus med kallt klimat på alla sidor förutom mot ena långsida (Figur 26c). Luftflödena som undersökts är: 0, 0,175, 0,35 samt $0,7 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$, samt ytterligare ett där flödet varierar med antal personer, $10 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{person})$. Uteklimatet är normalår från Halmstad, och samtliga fall testas med och utan värmeåtervinning på ventilationen, angivet som $\eta_a=0$ respektive $\eta_a=0,8$. Det har antagits att

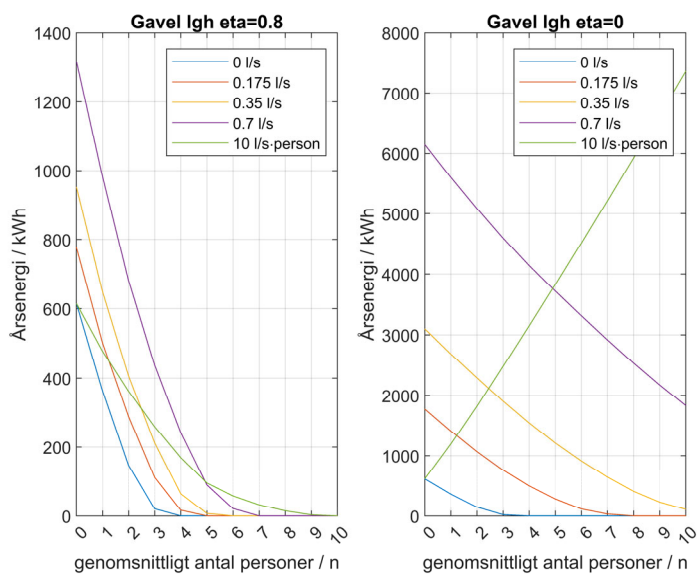


hushållselanvändningen är 3 W/m^2 . Tappvarmvattenanvändningen är inte medräknad i denna beräkning. En tanke är att det inte spelar någon roll var man bor utan att man använder samma mängd tappvarmvatten ändå.

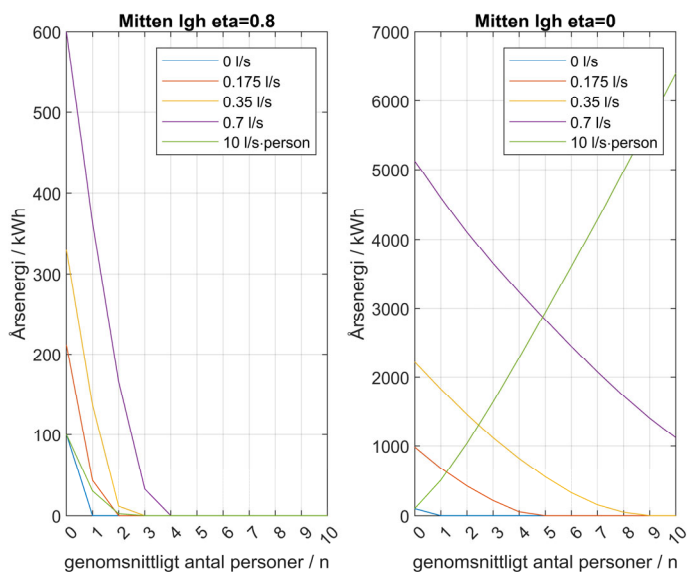


Figur 26. Beskrivning av de tre olika simuleringsfallen, a är en mittenlägenhet, b en gavellägenhet och c ett enplans radhus. Alla fallen har en golvyta på 70 m^2 och ett medel U-värde på $0,4 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$.

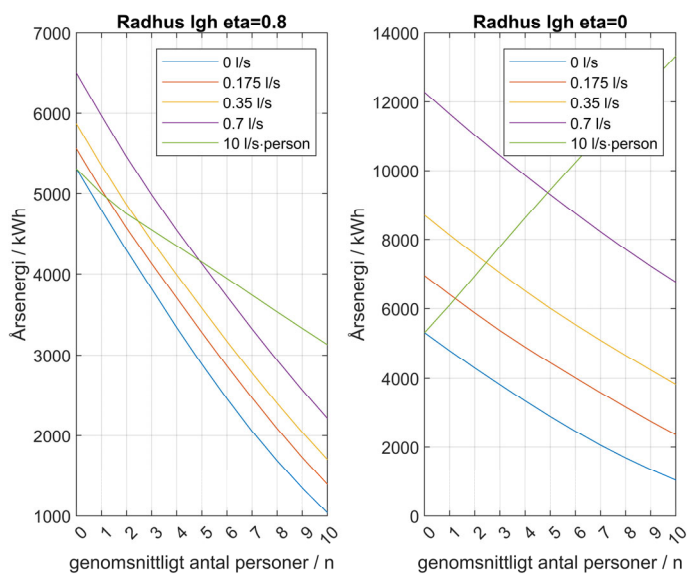
Figur 27, 28 och 29 visar årsenergianvändning som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena för de tre olika simuleringsfallen respektive med och utan värmeåtervinning. Genomsnittet av antal personer kan ses som antalet boende multiplicerat med genomsnittlig närvaro, som beskrivs i Figur 16. Ett genomsnitt på fyra eller fler personer generar väldigt liten eller ingen energianvändning i gavellägenheten respektive mittenlägenheten då det finns värmeåtervinning av ventilationen.



Figur 27. Årsenergianvändning som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena gavellägenheten med och utan värmeåtervinning.

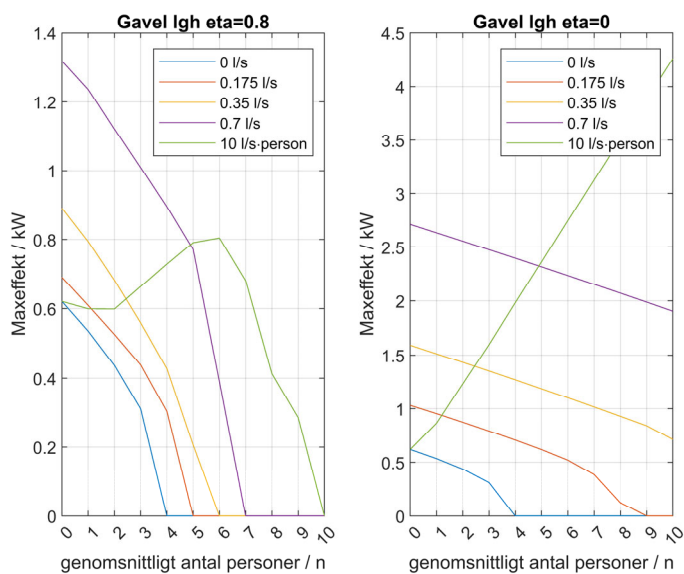


Figur 28. Årsenergianvändning som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena mittenlägenheten med och utan värmeåtervinning.

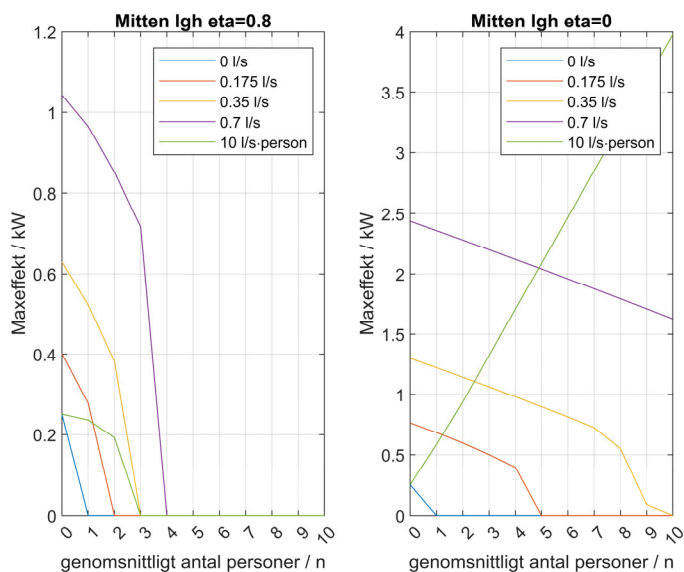


Figur 29. Årsenergianvändning som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena radhuslägenheten med och utan värmeåtervinning.

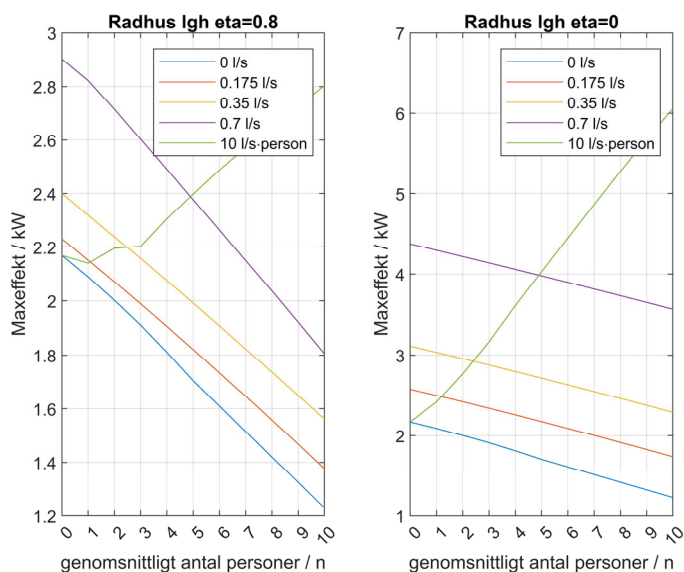
Figur 30, 31 och 32 visar maxeffekt för värmesystemet under året som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena för de tre olika simuleringsfallen respektive med och utan värmeåtervinning.



Figur 30. Maxeffekt för värmesystemet som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena i gavellägenheten med och utan värmedåtervinning.



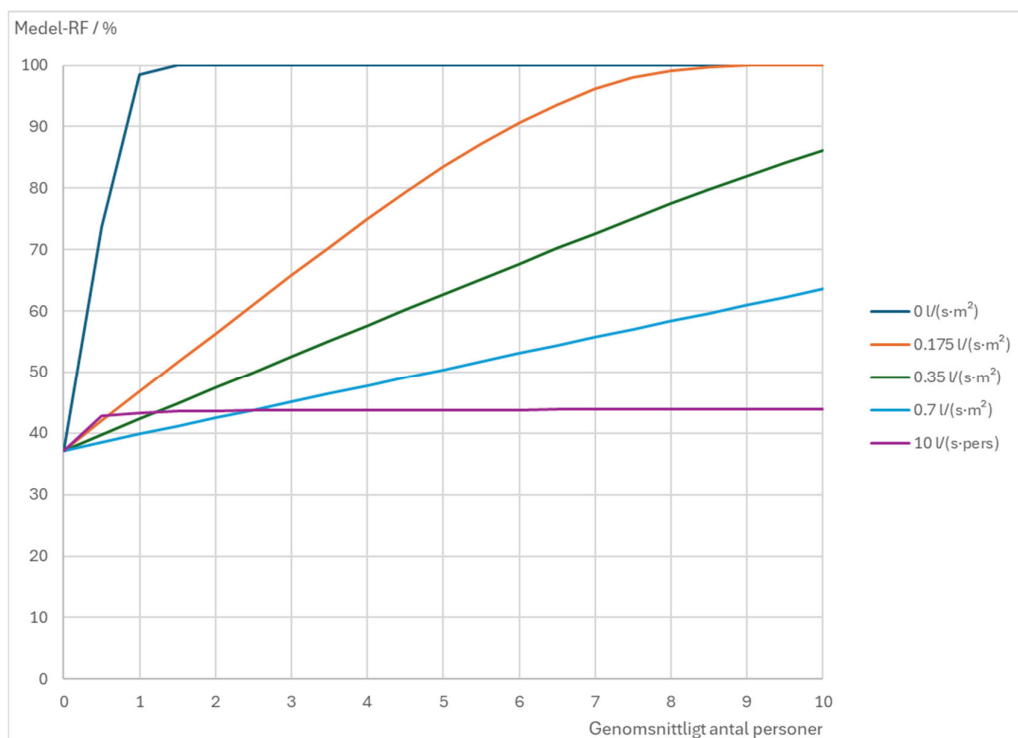
Figur 31. Maxeffekt för värmesystemet som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena i mittenlägenheten med och utan värmedåtervinning.



Figur32. Maxeffekt för värmesystemet som funktion av antal genomsnitt närvarande personer för de olika ventilationsflödena i radhuslägenheten med och utan värmeåtervinning.

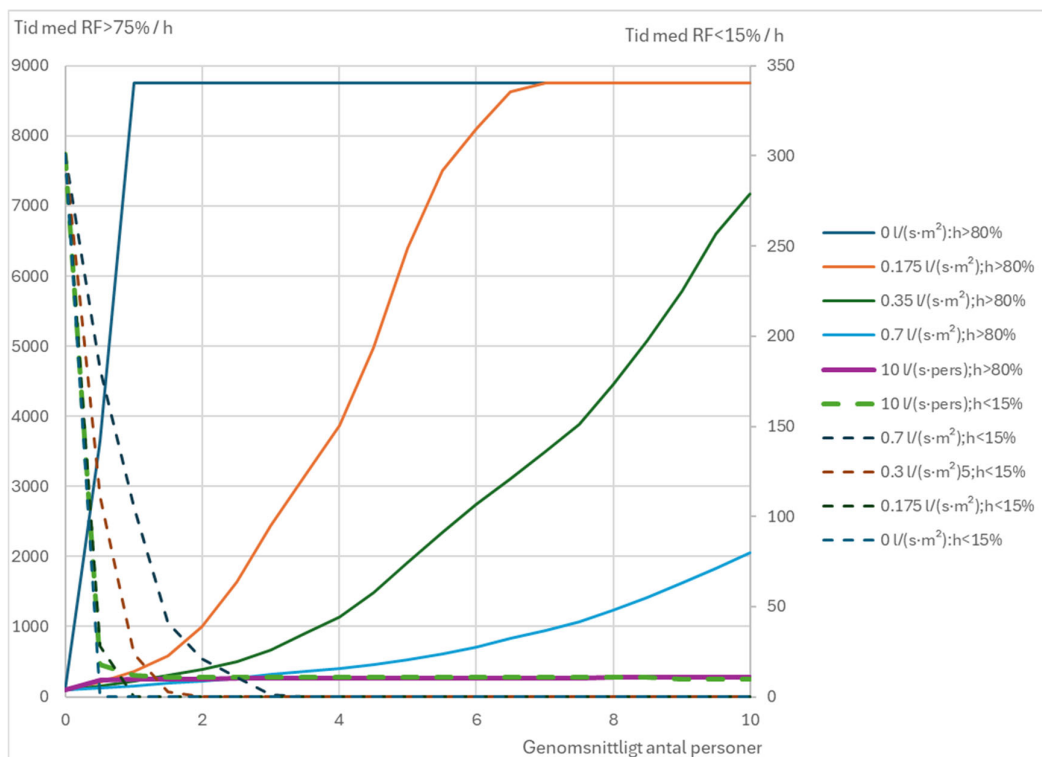
3.4.4 Fuktbalanser

Abdul Hamid et al (2021) simulerade fuktrisker för olika scenario. För att komplettera dessa simuleringar görs en parameterstudie baserat på fuktavgivning och ventilation och vilken den resulterande ånghalten och relativa fuktigheten blir inomhus. Vid mätningar i Umeå och Karlstad (Bagge och Johansson, 2019) visade det sig att fukttillskottet var cirka 1.0 g/m^3 vid årsmedelutetemperaturen. Om man antog att det bodde 2 personer i dessa lägenheter i genomsnitt med en närvaro på 50% skulle det ge 94 g/h i fuktavgivning per person med normal ventilation och normalt läckage. Detta stämmer överens även med fuktbelastningsprofilerna som Linderholt och Persson (2023) gjorde för bostäder med högre boendetäthet. Detta inkluderar personavgivning som anges till $40 \text{ g/(h}\cdot\text{person)}$ i Fukthandboken (Nevander och Elmarsson, 1994) och fuktavgivning från annat som matlagning, tvätt och dusch. Denna avgivning antas här vara linjär med antal personer och omvänt linjär med luft som växlas i lägenheten, alltså läckage och ventilation.

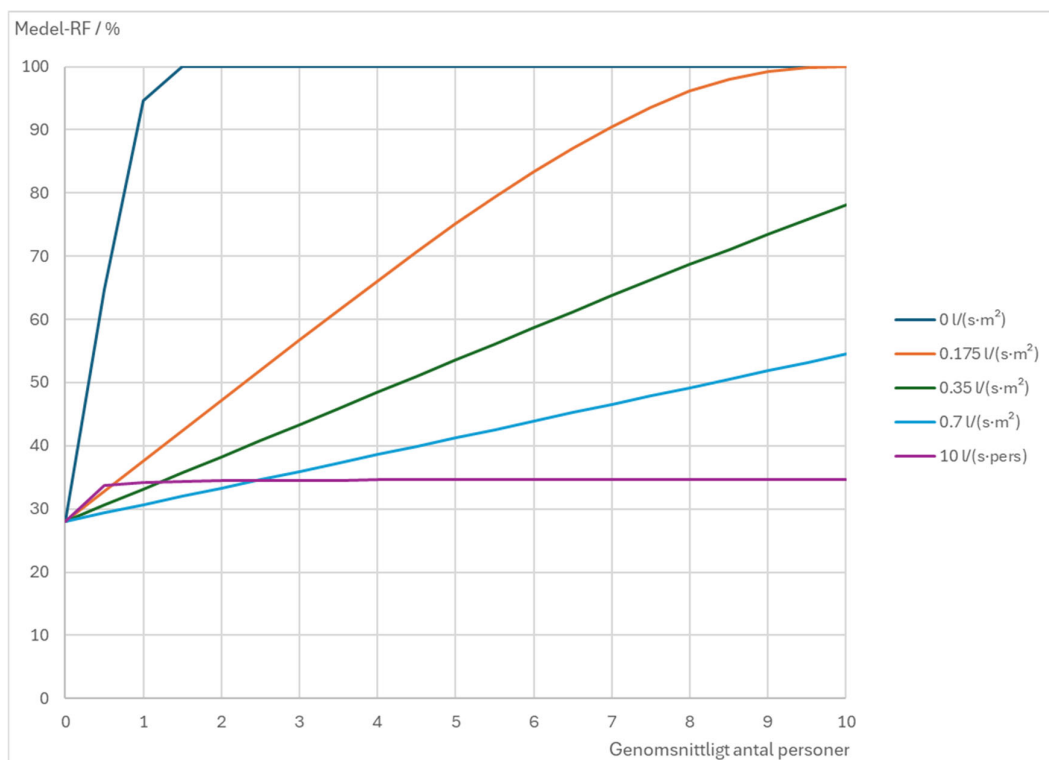


Figur 33. Medelvärde på relativ fuktighet i simulering i Halmstad för olika antal personer. De olika kurvorna avser olika ventilationsflöden, 0 – 0,7 l/(s·m²) samt 10 l/(s·person).

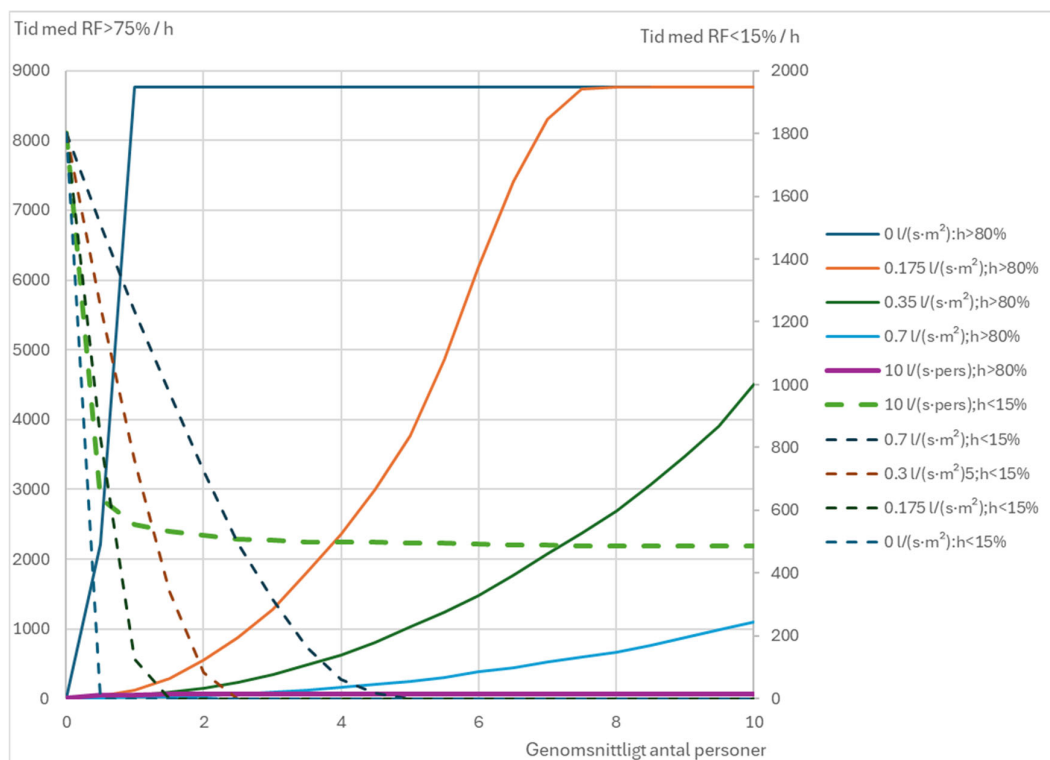
Ventilationen antas sakna fuktåtervinning. En parameterstudie av resulterande RF i lägenheten gjordes för olika genomsnittligt antal personer, för Halmstad respektive Umeås uteklimat samt för olika ventilationsflöden. De resultat som visas är genomsnittligt RF samt tid som RF överstiger 75% eller understiger 15% under ett år. Över 75% kan man tänka att det är risker med påväxt och under 15% är det risk för att inomhusmiljön upplevs för torr. Figurerna 33-36XX visar resultaten. Det är viktigt att komma ihåg att det är förenklade beräkningar och att i verkligheten påverkar fönstervädring, i synnerhet på sommaren, resultatet.



Figur 34. Antal timmar under ett år som relativ fuktighet överstiger 75% respektive understiger 15% i simulering i Halmstad för olika antal personer. De olika kurvorna avser olika ventilationsflöden, 0 – 0,7 l/(s·m²) samt 10 l/(s·person).

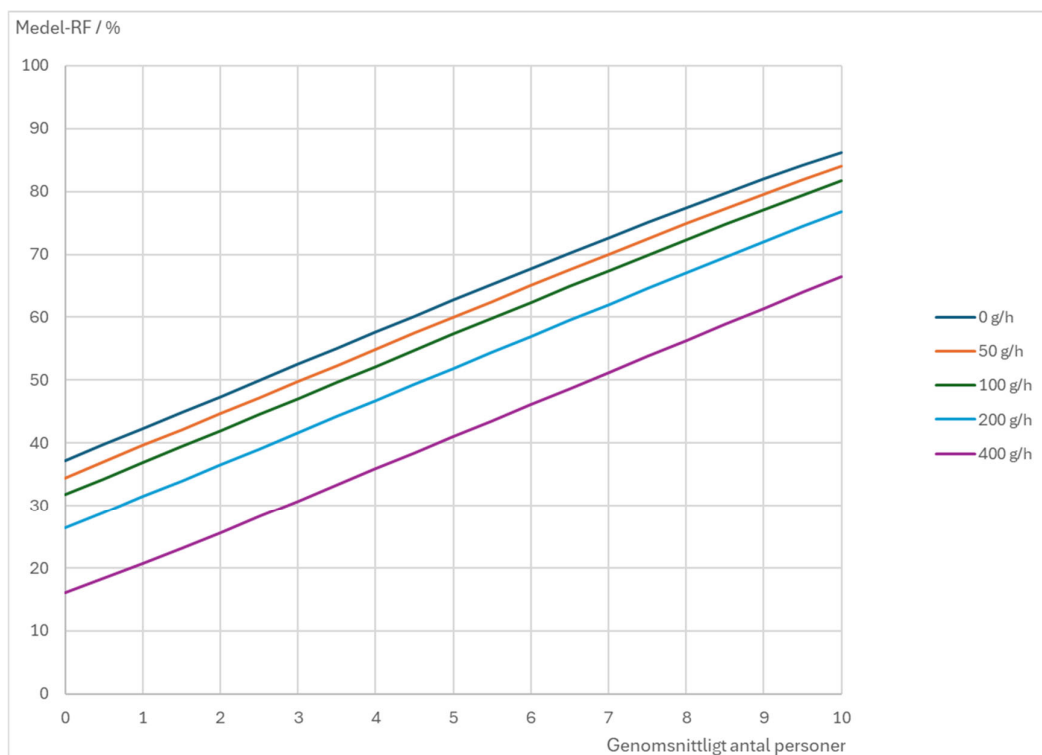


Figur 35. Medelvärde på relativ fuktighet i simulering i Umeå för olika antal personer. De olika kurvorna avser olika ventilationsflöden, 0 – 0,7 l/(s·m²) samt 10 l/(s·person).

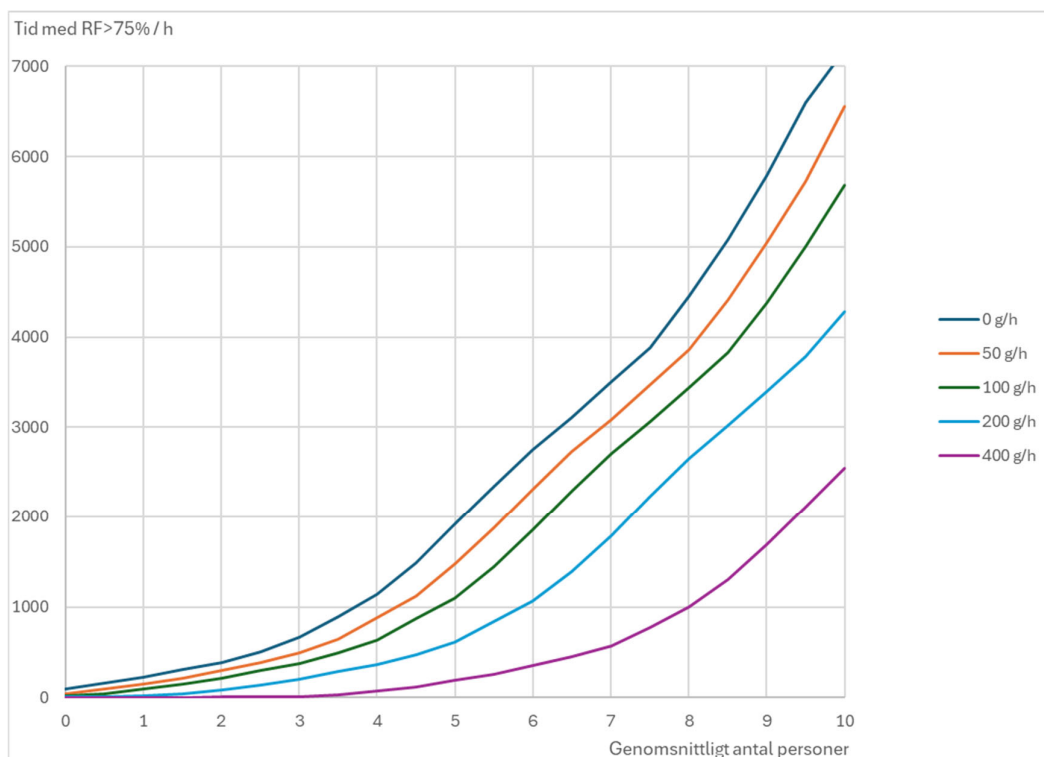


Figur 36. Antal timmar under ett år som relativ fuktighet överstiger 75% respektive understiger 15% i simulering i Umeå för olika antal personer. De olika kurvorna avser olika ventilationsflöden, 0 – 0,7 l/(s·m²) samt 10 l/(s·person).

Figur 37 och 38 visar vad som händer om man installerar en avfuktare som tar bort ett visst fuktflöde uttryckt i g/h kontinuerligt. Denna analys är förenklad i och med att avfuktaren avfuktar med ett konstant fuktflöde.



Figur 37. Genomsnittligt RF som funktion dimensionerat antal personer för olika avfuktningssgrader uttryckt i konstant vattenmassa i g/h.



Figur 38. Antal timmar under ett år som relativ fuktighet överstiger 75% respektive understiger 15% i simulering i Umeå för olika genomsnittligt antal personer för olika avfuktningsgrader uttryckt i ett konstant vattenflöde i g/h.

3.4.5 Kunskapsspridning och publikationer

Projektet har under hela sin tid haft kontakt med fastighetsförvaltaren som är en av Sveriges större fastighetsförvaltare. Dessutom har några andra spridningsmöjligheter utnyttjats.

- **E2B2 projektledarmöte (18e oktober, 2023)** – presentation med poster på nationellt möte inom E2B2, "Hög boendetäthets inverkan på brukare och byggnader – tekniska åtgärder för mitigerings". Akram Abdul Hamid, Dennis Johansson, Victor Fransson, Kristina Mjörnell.

[Kunskapslunch: Trångboddhet – hur påverkas byggnaden och boendet? – E2B2](#)

Projektet har spritts genom två exjobb vars presentationer har nått studenter och seniora forskare.

- Linderholt, Linn, and Lovisa Persson. "Inomhusklimat för simulering av hög boendetäthet i flerbostadshus." TVBH—5000 (2023).
- Torstenius, Knut. "Inverkan av boendetäthet på inneklimat och mögelrisk." (2024).



Två konferensartiklar har gjorts under projektets gång.

- Hamid, A. A., Persson, L., Linderholt, L., & Johansson, D. (2023). Quantifying Circadian Heat, Moisture, and Carbon Loads of Overcrowded Swedish Apartments-A Synthesis. In 8th International Conference on Energy Research and Development, ICERD 2023 (Vol. 2023, pp. 170-183).

Det pågår arbete med flera manus till vetenskapliga artiklar som planeras skickas in efter projektets slut. Preliminärt blir det ett par av följande:

- Abdul Hamid, A., Fransson, V., Johansson, D., Mjörnell, K. (manuskript). "Moisture loads in overcrowded Swedish apartments: Field measurements of temperature and relative humidity across ventilation system types"
- Fransson, V., Abdul Hamid, A., Mjörnell, K., Johansson, D. (manuskript). "Self-reported indoor environment complaints and measured air quality in Swedish apartments with high occupancy density"
- Abdul Hamid, A., Fransson, V., Johansson, D., Bagge, H. (manuskript). "Identifying overcrowded apartments: Comparing property manager assessments and hot water consumption as screening indicators"
- Abdul Hamid, A., Fransson, V., Torstenius, K., Johansson, D. (manuskript). "Simulating moisture and mold risk in overcrowded apartments: Comparing scaled and purpose-built occupancy profiles"

Spridning kommer att kunna ske inom arbeten inom Nationellt renoveringscentrum, Fuktcentrum, Centre for Healthy Indoor Environment och genom undervisning i flera olika utbildningar som Väg och vatten, Byggingenjör, Energieffektivt byggande, Livslångt lärande och Arkitektur.

Populärvetenskaplig artikel som ett sammandrag av denna slutrapport planeras efter projektets slut. Information planeras att skickas till SVECIAQ, Swegon Air Academy, Svensks ventilation etc.



4 Diskussion

Projektet har haft som mål att gå från teoretiska resonemang om trångboddhet till uppmätta data från faktiska lägenheter, och att kombinera dessa med simuleringar och tidigare studier. Sammanlagt har temperatur, relativ fuktighet, fukttillskott, koldioxidhalt och luftflöden mätts i ett större antal lägenheter, kompletterat med enkäter och ett mindre antal åtgärdstester. Resultaten visar tydligt att hög boendetäthet ofta leder till förhöjda fukt- och CO₂-nivåer, men också att variationen mellan lägenheter är stor och att ventilationssystem, luftflöden och brukarbeteenden samverkar på ett komplext sätt.

4.1 Fuktbelastning

Fukttillskotten ligger generellt högre i denna studie än vad som rapporterats i tidigare svenska studier på flerbostadshus med mer normal boendetäthet. Vid utetemperatur kring 0°C ligger medelvärdet på ca 3 g/m³, jämfört med ca 2 g/m³ enligt Bagge och Johansson (2019). Vid de kallaste perioderna (utetemperatur under -10°C) når medelvärdet 4–4,5 g/m³ mäter vi i enskilda lägenheter upp värden över 6 g/m³. Referenslägenheterna (grupp C) har betydligt lägre fukttillskott med årsmedeltal på 0,3 g/m³, vilket bekräftar att trångboddhet innebär ett reellt tillskott av fuktbelastning på byggnaden. Detta är nivåer som, i kombination med låga ytemperaturer, kan innebära ökad risk för mögel och fuktrelaterade skador i klimatskalet. De lägenheter som är extra känsliga är de som har dåligt isolerade ytterväggar och köldbryggor som leder till lägre temperatur på innerytor. Med samtidigt högt fukttillskott leder detta till högt RF på klimatskalets kalla innerytor. Placerar de boende dessutom möbler eller hänger gardiner nära ytterväggen, så kommer ytemperaturen på bakomliggande vägg att bli ännu lägre, och RF högre vilket kan leda till mikrobiell tillväxt.

4.2 Inneluftskvalité

Koldioxidmätningarna visar att många lägenheter har en koldioxidkoncentration som periodvis ligger över rekommenderade nivåer. Medelvärdet för CO₂ ligger på 855–979 ppm i de trångbodda lägenheterna (grupp A och B), med 75-percentiler på 1021–1150 ppm. I flera lägenheter når nivåerna 2000–3000 ppm under de mest belastade perioderna. Samma lägenheter uppvisar också höga fukttillskott, vilket tyder på att ventilationen inte förmår hantera de kombinerade belastningarna från många boende och fuktproducerande aktiviteter. Eftersom 1000 ppm ofta används som riktvärde för god luftkvalitet, och nyare studier pekar på att negativa hälsoeffekter kan uppträda redan vid dessa nivåer (Satish et al., 2012; Allen et al., 2016), kan resultaten måste betraktas som anmärkningsvärda. Referenslägenheterna (grupp C) har betydligt lägre nivåer med medelvärde 633 ppm.

4.3 Ventilationssystem och luftflöden

En observation är att ventilationssystemet har betydelse, men kan inte vara den enda förklaringen till utfallet. Lägenheter med F-ventilation uppvisar genomgående högre CO₂-halter (medel 905 ppm jämfört med 791 ppm för FTX) och högre fukttillskott (medel 1,36 g/m³ jämfört med 1,08 g/m³ för FTX). FTX-lägenheterna har också lägre spridning i båda parametrarna. Det förekommer dock enstaka fall där även FTX-systemet inte ger önskad prestanda, vilket sannolikt beror på injustering, driftproblem eller att ventiler hålls stängda. Det kan även bero på antal datapunkter då inte alla mätningar har utförts under samma eller lika lång tid.



Samtidigt visar sambandsanalyserna mellan uppmätta luftflöden ($\text{l/s}\cdot\text{m}^2$) och median-fukttillskott respektive median- CO_2 att korrelationen är svag; spridningen i data är stor och determinationskoefficienterna låga. FTX-lägenheterna har visserligen högre genomsnittligt luftflöde ($0,41 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$) än F-lägenheterna ($0,30 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$), men detta förklarar inte hela skillnaden. Brukarbeteende – till exempel vädringsvanor, hur dörrar hålls öppna eller stängda, tvätt- och duschrutiner samt möblering nära kalla ytterväggar – framstår som minst lika viktigt som själva ventilationssystemet. Detta ligger i linje med tidigare studier som visar att boendevanor kan påverka både energianvändning och inneklimat i betydande omfattning (Andersen et al., 2009), von Platten et al (2020), Hamid et al. (2020).

4.4 Simuleringar med hjälp av nya lastprofiler

Projektet har kompletterats av två examensarbeten som tagit fram studiebaserade lastprofiler för hushåll med fem till sju personer och sedan använt dessa i simuleringar av inneklimat och mögelrisk. Simuleringarna visar att dessa profiler ger högre relativ fuktighet och delvis lägre temperaturer än "uppskalade" profiler, vilket bekräftar att standardantaganden riskerar att underskatta fuktproblematiken i trångbodda lägenheter. De visar också att lägenhetsläge, solinstrålning och klimatzon påverkar risknivån kraftigt. Kombinationen av fältmätningar och simuleringar ger därmed en robustare förståelse av hur hög boendetäthet påverkar byggnadens funktion och vilka åtgärder som är mest verkningsfulla.

4.5 Utförande och utmaningarna med mätningar i lägenheter

Det har varit svårt att hitta mätobjekt – lägenheter med boende som vill ställa upp för mätningar – och det har varit svårt att hålla mätningarna igång en längre period med nätanslutningar som inte får dras ur, internetuppkoppling till mätloggrarna och omflyttningar. Åtgärder har varit svåra att prova men avfuktare har kunnat testas under kortare perioder och simuleringar har gjorts för att parametrisera andra strategier för ventilationsluftflöde.

Utöver de kontinuerliga mätningarna har enkäter om innemiljön delats ut till de boende. Det finns indikativa kopplingar mellan lägenheter med synpunkter på innemiljön och lägenheter där det har mätts höga fukttillskott och koldioxidkoncentrationer – de två parametrar som bedöms koppla väl till inneluftens "renhet". Fukttillskott inne kan kopplas till utetemperaturen, vilket också framgår av det tydliga sambandet i figur 10 där fukttillskottet sjunker från $3\text{--}4 \text{ g/m}^3$ vid temperaturer under 0°C till nära noll vid sommartemperaturer.

Lägenheterna omfattar tre olika ventilationssystem: frånluftsventilation (F, $n=25$), från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX, $n=17$) samt självdrag (S, $n=2$). Luftflödesmätningar har genomförts i de lägenheter där detta var tekniskt möjligt, med medelvärden på $0,30 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ för F-system och $0,41 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ för FTX-system. Dessa skillnader i luftflöde, tillsammans med ventilationssystemets typ, utgör en viktig förklaringsfaktor för variationen i uppmätt inneklimat.

4.5.1 Erfarenheter från åtgärdsarbetet

Det hade varit önskvärt att installera ett nytt ventilationssystem med högre luftflöde i en hel byggnad för att undersöka effekterna på inomhusmiljön, men de trångbodda lägenheterna var spridda i olika byggnader, vilket gjorde en sådan ombyggnad omöjlig. Att öka luftflödet markant i en enskild lägenhet är svårt på grund av ventilationskanalernas utformning och de tryckfall som måste hanteras. Detta



skulle kräva en omfattande balansering av ventilationen i hela fastigheten och innebär därmed en stor kostnad för fastighetsägaren. Om man senare vill återgå till det ursprungliga flödet måste samma procedur upprepas. Ett högre luftflöde medför även ökat buller, vilket kan överskrida gällande riktvärden och leda till klagomål från de boende.

Det visade sig även vara utmanande att testa avfuktare eftersom de genererar en hel del ljud, kräver anslutning till både el och avlopp samt tar upp mycket plats. För att nå avloppet behövde de placeras nära badrummet, men äldre badrum är ofta små och saknar extra eluttag. Om avfuktarna används utan avloppsanslutning måste de tömmas ofta, vilket gör dem opraktiska. Att använda tillfälliga avfuktare är därför inte en permanent lösning, utan ska främst ses som ett test.

En intressant teoretisk åtgärd som dock skulle vara dyr och inte särskilt resurseffektiv skulle vara att bygga flerbostadshus speciellt för hög boendetäthet. Där skulle man kunna ha mer ventilation och en dimensionering som är anpassad. Det är kostsamt att göra så i all nybyggnation eller renovering för att kunna hantera olika boendetäthet beroende på vem som flyttar in.

4.5.2 Metodmässiga styrkor och begränsningar

Metodmässigt är projektets styrka den omfattande datamängden med femminutersupplöst information under längre perioder samt kopplingen till enkätdata och tidigare studier. Samtidigt finns viktiga begränsningar. Antalet lägenheter är relativt litet och ligger i ett begränsat geografiskt område, vissa mätserier har databortfall och åtgärdstesterna kunde bara genomföras i ett fåtal lägenheter och under kort tid. Dessutom finns ingen exakt registrering av faktisk personbelastning över tid, vilket gör att boendetäthet måste tolkas indirekt via enkät och mönster i CO₂-koncentrationer och fukttillskott. Dessa faktorer gör att resultaten bör uppfattas som tydliga indikationer snarare än statistiskt heltäckande nationella siffror.

Trots dessa begränsningar ger projektet viktiga implikationer för förvaltning och regelutveckling. För fastighetsägare visar resultaten att trångboddhet kan leda till en kombination av förhöjda fukttillskott, dålig luftkvalitet och höga CO₂-halter, även i byggnader som i grunden uppfyller gällande krav. Det understryker behovet av systematisk uppföljning av inneklimatet, särskilt i områden där hög boendetäthet är vanlig. De åtgärder som kan vara intressanta är de som kombinerar tekniska lösningar (exempelvis FTX, injustering och behovsstyrning) med riktad brukarinformation om vädring, tvätt och möblering.

På ett samhälleligt plan visar studien att dagens generella ventilationskrav inte alltid är dimensionerade för de belastningar som uppstår i hushåll med många boende. Tillsammans med resultaten från simuleringsstudierna talar detta för att framtida rekommendationer behöver ta större hänsyn till faktisk boendetäthet och möjliggöra luftflöden som kan anpassas efter hushållets storlek, samtidigt som energianvändningen hålls på en rimlig nivå genom värmeåtervinning och smart styrning.

4.6 Lägenhetsurval

Ur ett projektperspektiv är det intressant att de två grupperna av lägenheter – dels de som fastighetsförvaltaren initialt pekade ut som "problematiske" (grupp A, lgh 1–29), dels de som identifierades via hög varmvattenanvändning (grupp B, lgh 30–41) – uppvisar likvärdiga eller högre belastningar i den senare gruppen. Grupp B har högre fukttillskott (medelvärde 1,91 g/m³ jämfört med



1,13 g/m³ för grupp A) och högre CO₂-nivåer (medelvärde 979 ppm jämfört med 855 ppm). Även 75-percentilerna är genomgående högre i grupp B: 2,87 g/m³ respektive 1150 ppm, jämfört med 1,98 g/m³ respektive 1021 ppm för grupp A. Det tyder på att hög varmvattenförbrukning kan vara en indikator för lägenheter med många boende och intensiv användning, och att en del belastade lägenheter sannolikt inte fångas upp enbart genom klagomål eller förvaltarens erfarenhet.

För relativ fuktighet är skillnaderna mellan grupperna däremot små: grupp A har medelvärde 47,4 % och grupp B 46,1 %, med stor överlappning i boxplottarna. Först när fukttillskottet beräknas – där uteluftens fukttinnehåll tas med – framträder tydligare skillnader. Det understryker vikten av att studera och följa uppånghalt och fukttillskott snarare än enbart relativ fuktighet när trångboddhet och ventilationsbrister ska analyseras. Två lägenheter kan ha samma relativa fuktighet men helt olika belastning på byggnaden beroende på klimat och ventilationsgrad.

Referenslägenheterna (grupp C) har betydligt lägre värden på samtliga parametrar: fukttillskott 0,31 g/m³ och CO₂ 633 ppm i medelvärde. Skillnaden mellan de trångbodda grupperna och referensgruppen är således markant – fukttillskottet i grupp B är sex gånger högre än i grupp C.

Sammantaget visar jämförelsen att både fastighetsförvaltarens bedömning och varmvattenstatistik fångar upp lägenheter med förhöjd fukt- och CO₂-nivå, men att de två urvalsmetoderna delvis identifierar olika delar av beståndet. Det talar för att en kombination av subjektiva signaler (klagomål, kända problemhus) och objektiva indikatorer (varmvattenanvändning, uppmätta CO₂-nivåer och fukttillskott) behövs för att hitta de mest belastade lägenheterna. För förvaltningen innebär detta att varmvattenförbrukning kan användas som ett enkelt screeningverktyg för att upptäcka "dolda" trångbodda lägenheter där inneklimatet riskerar att vara lika ansträngt som i de redan kända problemfallen.

4.7 Råd

Hänsyn behöver tas till att det kan se olika ut i nybyggnation respektive renovering, mellan vad som kan göras med ventilation, fuktlaster och möjlig boendetäthet. Fler personer innebär större ventilationsbehov och det är en utmaning att kunna variera luftflödena baserat på vem som ska bo i lägenheten, och vem som bor där kan variera över tiden. Att hantera denna variation, med ett behovsstyrt system eller med system som man kan injustera för nya hyresgäster vid omflyttning, är en bas för att kunna hantera varierande boendetäthet.

Ventilation kan ökas med vädring, ett beteende som kan läras in, men det drar med sig olika komplikationer som att det går åt mer värme för att värma luften än om det är FTX-ventilation, och att vädringen behöver ske vid rätt tillfällen. Rätt injusterad ventilation, alltså tillräckligt flöde, inte alltför hög boendetäthet och ett beteende som undviker stora fuktlaster samt undviker höga RF nära väggarna kan samlat undvika problem med hög boendetäthet när det gäller byggnadsfysikaliska och installationstekniska aspekter. Det finns en gräns för vad ventilation kan klara av och dessutom finns det också andra aspekter, inte minst sociala, på grund av hög boendetäthet.

Projektet visar sammantaget att hög boendetäthet tydligt kan kopplas till förhöjda fukttillskott och CO₂-halter, särskilt vintertid, men också att utfallet varierar kraftigt mellan lägenheter med liknande tekniska förutsättningar. Ventilationstyp, verkligt luftflöde och brukarbeteende samverkar, och både mätningar och simuleringar indikerar att dagens "normaldimensionerade" system ofta ligger på



gränsen för att klara av att säkerställa en god inomhusmiljö när många personer bor på liten yta. Mot denna bakgrund ges nedan råd som riktar sig till främst fastighetsägare och förvaltare, men också till projektörer och regelgivare.

4.7.1 *Identifiera risklägenheter systematiskt*

- Kombinera förvaltarens erfarenhet (klagomål, kända problemhus) med objektiva indikatorer som hög varmvattenanvändning, många folkbokförda per lägenhet och uppmätta CO₂-nivåer. Projektet visar att lägenheter utpekade via varmvattenstatistik (grupp B) har högre CO₂-halter och fukttillskott än de lägenheter som förvaltaren bedömt som problematiska (grupp A).
- Det kan vara värdefullt att införa enkla screeningmätningar i risklägenheter: logga CO₂ och relativ fuktighet under minst en vintermånad i sovrum och vardagsrum. Medianvärden över ca 1000 ppm CO₂ nattetid eller fukttillskott runt 2–3 g/m³ vintertid kan motivera vidare utredning eftersom det i litteraturen kopplas till ökad risk för både hälsobesvär och fuktskador.

4.7.2 *Säkerställ och följ upp ventilationen*

- Mätningarna visar genomgående lägre och stabilare nivåer av både CO₂ (medel 791 ppm jämfört med 905 ppm för F-system) och fukttillskott (1,08 g/m³ jämfört med 1,36 g/m³) i FTX-lägenheter. Vid större renoveringar och nyproduktion kan det därför vara bra att överväga FTX-system, särskilt eftersom simuleringar visar att värmeåtervinning är avgörande för att hantera högre luftflöden utan orimlig energipåverkan.
- I befintliga F- och S-system kan det vara bra att kontrollera och injustera grundflödena regelbundet, särskilt i trapphus eller byggnader där man vet att boendetätheten är hög. Mätningarna visar att faktiska flöden varierar (0,30 l/s·m² för F-system i medel) och att vissa lägenheter ligger lågt.
- Projektet visar svag korrelation mellan specifikt luftflöde och inneklimat, vilket innebär att generella flödesökningar inte nödvändigtvis ger önskad effekt. Det kan vara bra att pröva höjda luftflöden i utpekade risklägenheter och följa upp med mätningar, snarare än att genomföra ökningar slentrianmässigt.
- Om det är tekniskt och ekonomiskt möjligt kan det vara bra att utvärdera behovsstyrd ventilation (t.ex. CO₂- och/eller fuktstyrning) som ett sätt att hantera variation i boendetäthet över tid. Simuleringarna indikerar att anpassade flöden efter faktisk belastning kan begränsa energianvändningen samtidigt som kritiska perioder ventileras bättre, men detta har inte testats i fält inom projektet.

4.7.3 *Arbeta aktivt med brukarbeteende*

- Projektet visar svag korrelation mellan luftflöde per m² och inneklimat, vilket tyder på att boendevanor är minst lika viktiga som nominella flöden. Informationsinsatser bör därför ses som en integrerad del av åtgärdsarbetet, inte som ett komplement.
- Det kan vara bra att utforma tydliga, korta råd på flera språk om:



- vädning (korta, effektiva vädringsperioder, särskilt vid matlagning, dusch och tvätt),
 - att inte blockera till- och frånluftsdon,
 - att undvika torkning av stora mängder tvätt i sovrum,
 - samt möblering en bit från kalla ytterväggar och hörn.
- Enkätsvaren visar att många upplever problem med lukt, matos och instängd luft i samma lägenheter där höga fukttillskott och CO₂-nivåer uppmätts. Det talar för att återkommande dialog med de boende (exempelvis vid klagomål) kan vara viktig för att få genomslag för råden.

4.7.4 Hantera fukt- och mögelrisker i konstruktionen

- Fukttillskotten vid kalla perioder (utetemperatur under 0°C) ligger i intervallet 2–6 g/m³ för majoriteten av de trångbodda lägenheterna, vilket är högre än referensdata för normala hushåll (ca 2 g/m³ enligt Bagge och Johansson, 2019). Vid renoveringar i utsatta byggnader kan det vara bra att inkludera en byggnadsfysikalisk genomgång av klimatskalet. Låga yttemperaturer i kombination med höga fukttillskott kan ge förhöjd mögelrisk enligt projektets simuleringar.
- Det kan vara bra att prioritera åtgärder som:
 - förbättrad värmeisolering och minskade köldbryggor vid ytterväggar och balkonganslutningar,
 - kontroll av möblering så att luftcirkulation möjliggörs bakom garderober och stora möbler såsom soffor och sängar mot yttervägg,
 - detaljer i hörn där möbler vanligtvis placeras.
- Portabla avfuktare visade i projektet endast begränsad och inkonsekvent effekt på fukttillskotten i sovrum och vardagsrum, särskilt när de placerades i badrum eller kök. De bör därför ses som tillfälliga punktåtgärder vid specifika problem, inte som en generell lösning för lägenheter med hög boendetäthet.

4.7.5 Dimensionera ny- och ombyggnation för varierande boendetäthet

- Simuleringarna visar att standardprofiler för hushåll med fyra personer inte fångar belastningen i större hushåll – varken vad gäller fukt, värme eller CO₂. Vid ny- och ombyggnad kan det vara bra att låta dimensionering av ventilation och klimatskal utgå från scenarier med högre boendetäthet, t.ex. 5–7 personer i en 3–4-rumslägenhet.
- För projekterande konsulter kan det vara värdefullt att:
 - använda uppdaterade brukarprofiler liknande dem som tagits fram i examensarbetena i projektet,
 - analysera inneklimat och mögelrisk i minst två scenarier – "normal" respektive "hög" boendetäthet – och dimensionera så att båda kan hanteras utan oacceptabel risk.



- Det kan vara bra att utforma ventilationssystem så att ökat luftflöde är praktiskt genomförbart i enskilda lägenheter (t.ex. genom spjällzoner eller lägenhetsvisa aggregat) utan att hela byggnaden måste injusteras om.

4.7.6 *Förslag på inriktning för regler och branschpraxis*

- Nya byggregler anger ett personberoende krav på 4 l/s per person alternativt 0,35 l/s/m². Det kan vara värdefullt att förtydliga hur det personbaserade kravet ska tillämpas i lägenheter där boendetätheten kan förväntas vara hög, t.ex. genom att ange hur många personer ventilationssystemet ska klara utan ombyggnad.
- Det kan vara bra om branschen uppmuntras att föra in mätning av CO₂-koncentration, relativ fuktighet och fukttillskott som en naturlig del av egenkontroll och statusbedömning, på samma sätt som energideklarationer blivit standard. Det skulle kunna underlätta tidig upptäckt av problem i trångbodda lägenheter innan skador och hälsoproblem uppstår.



5 Slutsatser

Projektet visar att hög boendetäthet tydligt kan kopplas till förhöjda fukttillskott och CO₂-halter, men också att utfallet varierar kraftigt mellan lägenheter med liknande tekniska förutsättningar.

Inneklimat och fuktbelastning. De trångbodda lägenheterna uppvisar generellt högre fukttillskott och högre CO₂-nivåer än tidigare svenska referensdata, särskilt under kalla perioder. Vid utetemperatur kring 0°C ligger medelvärdet för fukttillskott på ca 3 g/m³, jämfört med ca 2 g/m³ i Bagge och Johansson (2019). CO₂-nivåerna ligger i medel på 855–979 ppm i de trångbodda grupperna, jämfört med 633 ppm i referenslägenheterna. Detta innebär en förhöjd risk för både fuktrelaterade skador och försämrad luftkvalitet.

Ventilationssystemets betydelse. Ventilationssystemet verkar ha betydelse: FTX-lägenheter har genomgående lägre och stabilare nivåer av både fukttillskott (medel 1,08 g/m³ jämfört med 1,36 g/m³ för F-system) och CO₂ (791 ppm jämfört med 905 ppm). Samtidigt förekommer enstaka problem även i FTX-lägenheter, vilket pekar på att injustering, drift och brukarbeteende är avgörande.

Luftflöde och beteende. Sambandet mellan uppmätta luftflöden per ytenhet och inneklimat är svagt; vissa lägenheter med relativt höga flöden har ändå förhöjda nivåer, medan andra med låga flöden klarar sig bättre. Detta tyder på att boendevanor – vädring, dörrhållning, tvätt och dusch, möblering – i praktiken är minst lika viktiga som nominella flöden för att förklara variationen. För att kunna göra tillförlitliga simuleringar behövs mer detaljerad information om antal personer som vistas i lägenheten samt de aktiviteter som utförs.

Identifiering av risklägenheter. Två olika metoder för att identifiera trångbodda lägenheter har använts: via fastighetsförvaltarens bovärdar respektive via hög varmvattenanvändning. Grupp B (hög varmvattenanvändning) uppvisar högre fukttillskott och CO₂-nivåer än grupp A (utpekade av förvaltaren), men grupp A uppvisar större variation mellan lägenheterna. Båda grupperna ligger betydligt högre än referenslägenheterna, vilket bekräftar att metoderna fångar upp lägenheter med förhöjd belastning – men delvis olika delar av beståndet.

Åtgärder. Tester med portabla avfuktare visar endast måttliga och delvis inkonsekventa förändringar i uppmätta medelvärden. Avfuktare kan därför ses som en kompletterande punktåtgärd vid extrema fukttillstånd snarare än en generell lösning.

Begränsningar. En begränsning i studien har varit tillgången till lägenheter samt brukarnas inverkan på mätningarna. Det har varit svårt att säkerställa kontinuerliga mätningar i bostäder då inte alla boende förstår eller accepterar vikten av studien, och utrustning har ibland kopplats ur eller störts av omflyttningar.

Rekommendationer. Förvaltning av bostadsbestånd i områden med hög boendetäthet bör bygga på en kombination av:

- säkerställd grundventilation med möjlighet till höjda flöden i risklägenheter,
- regelbunden kontroll av inneklimat (framför allt CO₂ och fukt),



- riktad information och dialog med de boende om vädring, fuktproducerande aktiviteter och möblering.

Boverkets byggregler anger redan ett personberoende krav på 4 l/s per person alternativt 0,35 l/s/m². I praktiken dimensioneras ofta efter ytbaserade flöden och ett antagande om "normal" boendetäthet. Resultaten pekar på att det kan vara värdefullt att förtydliga hur det personbaserade kravet ska tillämpas i lägenheter där boendetätheten kan förväntas vara hög.

Det hade varit intressant att utvärdera installationslösningar som är anpassade till antal boende, aktiviteter och beteende, t.ex. behovsstyrd ventilation. Tekniken finns idag men har ännu inte utvärderats för lägenheter med hög boendetäthet.



6 Publikationslista

6.1 Examensarbeten

- Linn Linderholt & Lovisa Persson (2023), **“Inomhusklimat för simulering av hög boendetäthet i flerbostadshus”**. Examensarbete TVBH-23/5126, Lunds Tekniska Högskola.
 - Examensarbete med fokus på att ta fram realistiska lastprofiler för hushåll med fem till sju personer. Resultatet inkluderade fyra profiler per hushåll (CO₂, fukt, värme – konvektion & strålning) som ger en mer realistisk belastning över dygnet.
- Knut Torstenius (2024), **“Inverkan av boendetäthet på inneklimat och mögelrisk – parameterstudie”**. Examensarbete TVBH-24/5138, LTH.
 - Bygger vidare på Linderholts och Perssons profiler för att genomföra parameterstudier och mögelriskanalyser i olika typer av miljonprogramslägenheter. Simuleringar utfördes i WUFI Plus.

6.2 Konferensartiklar

- **ASHRAE Building Performance Analysis Conference (September 11-13, 2023 | Austin, Texas)**: Undervisningssession på 1 timme med fokus på resultaten från framtagna realistiska lastprofiler för trångbodda hushåll. Fokus låg på koldioxid-, fukt- och värmebelastningar över ett dygn, baserat på litteraturstudier och enkätdata. Presentation: *“Modeling the Impact of High Occupancy on Energy Performance, Indoor Comfort and Moisture Issues in Apartments: Producing Load Profiles for Realistic Simulations”*, ASHRAE Building Performance Analysis Conference, September 11-13, 2023, Austin, Texas.
- **ASHRAE Eighth International Conference on Energy Research and Development (November 28-30, 2023, Kuwait University City, Kuwait)**: Presentation och publication av artikel på lastprofiler för trångbodda hushåll. Artikel: *“Quantifying Circadian Heat, Moisture, and Carbon Loads of Overcrowded Swedish Apartments – A Synthesis”*, ASHRAE Eighth International Conference on Energy Research and Development, November 28-30, Kuwait University City, Kuwait.

6.3 Manus till vetenskapliga artiklar

Det pågår arbete med flera manus till vetenskapliga artiklar som planeras skickas in efter projektets slut. Preliminärt blir det ett par av följande:



- Abdul Hamid, A., Fransson, V., Johansson, D., Mjörnell, K. (manuskript). "Moisture loads in overcrowded Swedish apartments: Field measurements of temperature and relative humidity across ventilation system types"
- Fransson, V., Abdul Hamid, A., Mjörnell, K., Johansson, D. (manuskript). "Self-reported indoor environment complaints and measured air quality in Swedish apartments with high occupancy density"
- Abdul Hamid, A., Fransson, V., Johansson, D., Bagge, H. (manuskript). "Identifying overcrowded apartments: Comparing property manager assessments and hot water consumption as screening indicators"
- Abdul Hamid, A., Fransson, V., Torstenius, K., Johansson, D. (manuskript). "Simulating moisture and mold risk in overcrowded apartments: Comparing scaled and purpose-built occupancy profiles"



7 Referenser

Abdul Hamid, A, Von Platten, J, Mjörnell, K, Johansson, D & Bagge, H 2020, Impact of high residential density on the building technology, HVAC systems, and indoor environment in Swedish apartments. in 12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB 2020). vol. 172, 09003, E3S Web of Conferences, 12th Nordic Symposium on Building Physics, NSB 2020, Tallinn, Estonia, 2020/09/06. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017209003>

Abdul Hamid, A, von Platten, J, Mjörnell, K, Johansson, D, Bagge, H 2021 Determining the impact of high residential density on indoor environment, energy use, and moisture loads in Swedish apartments - and measures for mitigation, Sustainability.

Arvastsson, L., 2001. Stochastic modeling and operational optimization in district heating systems. Lund Institute of Technology, Sweden, ISBN 91-628-4855-0

Axelrod, R., 1997. Advancing the art of simulation in the social sciences. Santa Fe Institute, paper no. 97-05-048

Adams, R.I. et al., (2016) Ten questions concerning the microbiomes of buildings. Building and Environment, 109, pp.224–234

Adebayo, A. and Iweka, A. (2013) 'Dwelling density variability across government-built multifamily apartments in Lagos', Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management, 6(5), pp. 517–522. doi: 10.4314/ejesm.v6i5.9.

Allen et al. (2016) Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J. D. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805–812. DOI: <https://10.1289/ehp.1510037>

Al-Nahari, L. C. H. S. and Ballal, S. G. (1992) 'Home accidents in Al-Khobar City, eastern province, Saudi Arabia: A case-control socioeconomic study', Journal of Community Health, 17(2), pp. 109–115. doi: 10.1007/BF01321579.

Andersen et al. (2009) Andersen, R. V., Toftum, J., Andersen, K. K., & Olesen, B. W. (2009). Survey of occupant behaviour and control of indoor environment in Danish dwellings. *Energy and Buildings*, 41(1), 11–16. DOI: <https://10.1016/j.enbuild.2008.07.004>

Bagge H, Fransson V, Hiller C, Johansson D, Rydén J (2018) Brukarnas påverkan på energianvändning och effektbehov i NNEb(yggnader – Bakgrundsrapport, E2B2 Rapport 2018:12

Bagge, H., Johansson, D. (2019) Hygrotermiska förhållanden i inomhusluften – Inneklimatmodell, referensdata och pc-program, SBUF-rapport 12538, <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/850a0517-6dec-4e6b-858b-2ddf4ddfc58f/FinalReport/SBUF%2012538%20Slutrapport%20Hygrotermiska%20förhållanden%20i%20inomhusluften.pdf>



Bedir, M., Hasselaar, E. and Itard, L. (2013) 'Determinants of electricity consumption in Dutch dwellings', *Energy and Buildings*. Elsevier B.V., 58, pp. 194–207. doi: 10.1016/j.enbuild.2012.10.016.

Bolte, G. and Fromme, H. (2009) 'Socioeconomic determinants of children's environmental tobacco smoke exposure and family's home smoking policy', *European Journal of Public Health*, 19(1), pp. 52–58. doi: 10.1093/eurpub/ckn114.

Boverket (2006) Var finns rum för våra barn. Available at: file:///D:/OneDrive/OneDrive/Uppsatsen/Litteratur/Statistik/var_finns_rum-for_vara_barn.pdf.

Boverket (2009). BETSI Study—Buildings' Energy Use, Technical Status and Indoor Environment; Boverket: Karlskrona, Sweden, 2009.

Boverket (2015) Boendesituationen för nyanlända.

Boverket (2016). Trångboddheten i Storstadsregionerna; Report 2016:28; Boverket: Karlskrona, Sweden, 2016; ISBN 978-91-7563-419-7.

Boverket (2025). Databasen för Betsi. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/oppna-data/betsi-oppna-data/databasen-fran-betsi/?tab=fordjupning#h-profile-tab-pane-2> (tillgänglig: 2025-11-10).

Brewer, J.H., Thrasher, J.D. & Hooper, D., (2013) Chronic illness associated with mold and mycotoxins: Is naso-sinus fungal biofilm the culprit? *Toxins*, 6(1), pp.66–80

Crook, B. & Burton, N.C., (2010) Indoor moulds, Sick Building Syndrome and building related illness. *Fungal Biology Reviews*, 24(3–4), pp.106–113

Ekstam H (2015) Residential Crowding in a "Distressed" and a "Gentrified" Neighbourhood – Towards an Understanding of Crowding in "Gentrified" Neighbourhoods, *Housing, Theory and Society*, 32:4, 429–449

Ekstam, H. (2016) Trångboddhet - Mellan bostadsstandard och boendemoral. Uppsala University.

Folkbladet (2018) 3:e oktober, Dyrare vatten för trångbodda, <https://www.folkbladet.se/nyheter/norrkoping/dyrare-vatten-for-trangbodda-om5495394.aspx>

Ghavidelfar, S., Shamseldin, A. Y. and Melville, B. W. (2016) 'A Multi-Scale Analysis of Low-Rise Apartment Water Demand through Integration of Water Consumption, Land Use, and Demographic Data', *Journal of the American Water Resources Association*, 52(5), pp. 1056–1067. doi: 10.1111/1752-1688.12430.

Ghavidelfar, S., Shamseldin, A. Y. and Melville, B. W. (2018) 'Evaluating the determinants of high-rise apartment water demand through integration of water consumption, land use and demographic data', *Water Policy*, 20(5), pp. 966–981. doi: 10.2166/wp.2018.028.

HSB (2016), Trångboddhet i Sverige – beskrivning av nuläget och diskussion om effekter

Hyresgästföreningen (2017) Hem & Hyra, september 2017, <https://www.hemhyra.se/nyheter/var-dar-vill-besta-antalet-boende-sina-lagenheter/>



IC Meter (2026). *Technical Specifications*. Hämtad från <https://www.ic-meter.com/technical-specifications/>

Iwafune, Y. and Yagita, Y. (2016) 'High-resolution determinant analysis of Japanese residential electricity consumption using home energy management system data', *Energy and Buildings*. Elsevier B.V., 116, pp. 274–284. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.01.017.

Johansson, D., Bagge, H. and Lindström, L. (2011) 'Measurements of occupancy levels in multi-family dwellings - Application to demand controlled ventilation', *Energy and Buildings*. Elsevier B.V., 43(9), pp. 2449–2455. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.05.031.

Kubota, T., Surahman, U. and Higashi, O. (2014) 'A comparative analysis of household energy consumption in Jakarta and Bandung', 30th International PLEA Conference: Sustainable Habitat for Developing Societies: Choosing the Way Forward - Proceedings, 2(May 2015), pp. 260–267.

Mangold, M. (2013) The effect of resource sustainability interventions on social sustainable development in the built environment. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

Margal, F. L. (1997) 'Analyzing changes in waste reduction behavior in a low-income urban community following a public outreach program', *Environment and Behavior*, 29(6), pp. 769–792. doi: 10.1177/0013916597296003.

McCarthy, D. and Saegert, S. (1978) 'Residential density, social overload, and social withdrawal', *Human Ecology*, 6(3), pp. 253–272. doi: 10.1007/BF00889026.

Mjörnell, K., Johansson, D., Bagge, D. 2019 The Effect of High Occupancy Density on IAQ, Moisture Conditions and Energy Use in Apartments, *Energies*, ISSN 1996-1073, E-ISSN 1996-1073, Vol. 12, nr 23

Mjörnell, K., Abdul Hamid, A., Johansson, D., von Platten, J., Bagge H. 2020 Hur påverkar trångboddhet byggnadens funktion? *Husbyggaren* Nr 5, 2020

Norbäck, D. et al., (2013) Mould and dampness in dwelling places, and onset of asthma: The population-based cohort ECRHS. *Occupational and Environmental Medicine*, 70(5), pp.325–331

Papakostas, K. T., Papageorgiou, N. E. and Sotiropoulos, B. A. (1995) 'Residential hot water use patterns in Greece', *Solar Energy*, 54(6), pp. 369–374. doi: 10.1016/0038-092X(95)00014-I.

Papakostas, K. T. and Sotiropoulos, B. A. (1997) 'Occupational and energy behaviour patterns in Greek residences', *Energy and Buildings*, 26(2), pp. 207–213. doi: 10.1016/s0378-7788(97)00002-9.

Popoola, M. (1999) Trångt i Herrgårdsmiljö.

Ryu, S.H., Moon, H.J. & Kim, J.T., (2015) Evaluation of the influence of hygric properties of wallpapers on mould growth rates using hygrothermal simulation. *Energy and Buildings*, 98, pp.113–118

Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO2 an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO2 concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671–1677. DOI: 10.1289/ehp.1104789



SCB (2018), Hushållens boende 2017 Välfärd 2018:1, scb-2018-a05ti1802_pdf

SCB Statistik (2019). Undersökningarna av Levnadsförhållanden (ULF), Statistics Sweden, Stockholm. Available online: <http://www.scb.se>

Sensirion (2011). *Datasheet SHT21: Humidity and Temperature Sensor IC* (Version 3). Hämtad från https://www.ic-meter.com/dk/wp-content/uploads/2013/06/Sensirion_Humidity_SHT21_Datasheet_V3.pdf

SenseAir (2013). *SenseAir S8: Miniature infrared CO₂ sensor module* (PSP 103, Rev 8). Hämtad från <https://www.ic-meter.com/dk/wp-content/uploads/2013/06/PSP103.pdf>

Tervo, A. and Hirvonen, J. (2020) 'Solo dwellers and domestic spatial needs in the Helsinki Metropolitan Area, Finland', *Housing Studies*. Routledge, 35(7), pp. 1194–1213. doi: 10.1080/02673037.2019.1652251.

von Platten, J, Mjörnell, K, Abdul Hamid, A, Bagge H, Johansson, D 2020 Mapping of residential density and its effect on indoor environment, Poster of Beyond 2020 conference, Gothenburg



8 Bilagor

ÖVERSIKT – MÄTNINGARNA I FASTIGHETS- FÖRVALTARENS LÄGENHETER (2022 – 2024)

Parameter	Beskrivning
Syfte	Kartlägga temperatur, relativ fuktighet och CO ₂ i 50 lägenheter med varierande boendetäthet för att kvantifiera inomhusklimatet före och efter riktade åtgärder.
Period	Baslinje ≈ 12 mån (start i olika omgångar jun 2022- maj 2023) med förlängning för test av åtgärder; kortare intensiva testfaser vid åtgärder (avfuktare i fem lägenheter, ca en vecka).
Mätfrekvens	5-minutersloggning (288 punkter/dygn ≈ 105 000 per mätpunkt/år).
Kompletterande mätning	Momentan luftflödeskontroll med SWEMA flödesmätare + stos vid samtliga till-/frånluftsdon vid installation av loggrar (och kontroll före/ efter åtgärd)
Enkät & hembesök	Boendeenkäter vid installation av loggrar. Genomgång på svenska, engelska och arabiska.
Incitament	Presentkort 150 – 500 kr efter fullföljd mätperiod (beroende på projektfas)

PROVTAGNINGSTRATEGI PER LÄGENHET

1. Förbesök & information

- Informationsbrev + muntligt samtycke via telefon (svenska, engelska, och arabiska).
- Utdelad bakgrundsenkät om hushållets storlek, inneklimat, vädringsvanor etc.

2. Baslinjemätning

- **Placering av två IC-Meter-boxar** i sov- resp. vardagsrum (alternativt kök vid behov).
- **Ventilationsflöde** loggas med SWEMA (luftvolym l/s) och antecknas i framtaget mätprotokoll för studien.
- **Foto & positionsskiss** sparas.

3. Löpande loggning



- 5-min värden pushas till molnet; forskarna har följt driftsstatus regelbundet.

4. Slutbesök (ca. 18 mån)

- Hämtat hem de flesta givare.
- Testat avfuktare i fem lägenheter under åtminstone en vecka före avslut.
- Presentkort distribueras.

TABELL 1: RF I LÄGENHETER.

Lgh	Yta	År	System	I/s,kvm	RF Mean	RF Median	RF Std	RF Min	RF Max	RF P75
1	52	1968	F	0,48	51	51	6	35	72	55
2	74	1965	FTX	0,32	50	50	8	23	80	54
3	68	1958	F	0,25	59	59	9	33	82	66
4	74	1965	FTX	0,23	40	40	10	15	70	48
5	52	2020	FTX	0,47	46	46	10	16	81	52
6	74	2020	FTX	0,35	50	51	8	25	74	56
7	63	2010	FTX	0,73	39	40	10	15	71	47
8	80	1974	F	0,30	48	48	9	21	75	55
9	80	1974	F	0,28	47	46	9	17	84	54
10	80	1973	F	0,25	45	45	7	19	69	50
11	63	1970	F	0,19	50	51	10	21	87	57
12	37	2017	FTX	0,69	50	51	12	16	72	61
13	35	2017	FTX	0,72	52	51	7	27	86	55
14	82	1956	FTX	0,48	40	40	11	13	76	48
15	105	2006	F	0,17	49	48	5	36	65	52
16	69	1968	S		48	50	13	14	97	58
17	91	1967	F	0,18	47	47	7	26	72	52
18	99	1969	S		45	45	11	11	77	53
19	105	2006	F	0,20	44	44	9	18	70	51
20	78	1971	F	0,31	51	53	9	18	72	58
21	78	1971	F		45	46	11	14	74	53
22	78	1970	F	0,18	44	45	11	14	74	53
23	100	1970	F	0,34	52	50	12	20	84	61
24	85	2017	FTX	0,35	38	35	13	12	89	49
25	78	1977	F	0,20	47	51	12	15	72	55
26	74	2020	FTX	0,53	47	47	9	25	79	53



28	77	1972	F	0,34	50	50	10	16	76	58
29	67	1971	F	0,31	54	54	2	51	61	55
30	76	2020	FTX	0,42	54	53	11	24	94	62
31	70	1963	F	0,32	45	43	12	18	76	54
32	96	1963	F	0,13	45	42	11	24	72	56
33	79	1963	F	0,50	44	44	7	19	67	49
34	120	1963	F	0,20	47	46	10	24	78	53
35	74	2020	FTX	0,31	42	42	9	16	70	49
36	75	1954	FTX	0,32	43	40	11	20	81	50
37	85	2017	FTX	0,33	47	48	8	25	72	53
38	78	1959	F	0,59	44	44	8	25	69	50
39	57	1959	F	0,58	53	55	11	22	79	62
40	74	1965	FTX	0,30	44	43	10	20	73	53
41	64	1959	F	0,65	45	44	12	17	73	55
42			F		46	46	13	15	83	56
43			FTX		43	43	11	20	76	52
44	66	1963	FTX	0,00	42	41	13	16	73	54
45	77	1972	F	0,00	45	42	12	20	76	56

TABELL 2: FUKTTILLSKOTT I LÄGENHETER.

Lgh	Yta	År	System	I/s,kvm	VFT Mean	VFT Median	VFT Std	VFT Min	VFT Max	VFT 75-P
1	52	1968	F	0,48	0,39	0,34	1,08	-4,10	4,65	1,06
2	74	1965	FTX	0,32	0,17	0,16	0,94	-4,80	5,18	0,70
3	68	1958	F	0,25	2,87	2,93	1,87	-2,58	8,32	4,25
4	74	1965	FTX	0,23	0,51	0,51	0,92	-2,61	4,02	1,15
5	52	2020	FTX	0,47	0,96	0,63	1,56	-3,14	10,66	1,82
6	74	2020	FTX	0,35	0,10	0,10	1,20	-5,46	5,58	0,83
7	63	2010	FTX	0,73	0,80	0,81	0,97	-4,03	7,20	1,42
8	80	1974	F	0,30	2,46	2,29	1,87	-2,58	9,24	3,65
9	80	1974	F	0,28	2,30	2,19	1,58	-2,22	9,27	3,41
10	80	1973	F	0,25	0,51	0,51	0,99	-2,55	4,10	1,20
11	63	1970	F	0,19	1,26	1,20	1,30	-2,77	6,42	2,13
12	37	2017	FTX	0,69	1,53	1,49	1,84	-4,67	6,87	2,70
13	35	2017	FTX	0,72	1,23	1,07	1,22	-2,18	6,98	1,77



14	82	1956	FTX	0,48	0,33	0,38	0,86	-3,01	3,81	0,92
15	105	2006	F	0,17	0,29	0,21	0,92	-3,23	3,96	0,82
16	69	1968	S		1,67	0,94	2,47	-5,69	11,82	3,33
17	91	1967	F	0,18	1,59	1,46	1,54	-3,14	6,98	2,66
18	99	1969	S		1,84	1,82	1,33	-2,42	7,44	2,73
19	105	2006	F	0,20	0,89	0,83	1,26	-3,64	8,22	1,72
20	78	1971	F	0,31	1,67	1,68	1,55	-4,81	7,49	2,67
21	78	1971	F		1,05	0,98	1,22	-4,10	6,24	1,83
22	78	1970	F	0,18	0,48	0,45	1,37	-5,76	5,92	1,40
23	100	1970	F	0,34	1,86	1,93	1,28	-3,37	7,51	2,74
24	85	2017	FTX	0,35	-0,03	0,03	1,05	-5,61	10,22	0,63
25	78	1977	F	0,20	0,91	0,91	1,25	-3,79	5,80	1,76
26	74	2020	FTX	0,53	1,36	1,33	1,41	-4,42	6,63	2,33
28	77	1972	F	0,34	2,05	2,03	1,30	-2,28	6,47	2,95
29	67	1971	F	0,31	0,57	0,48	0,46	-0,08	1,46	0,90
30	76	2020	FTX	0,42	3,36	3,33	1,47	-1,71	9,89	4,35
31	70	1963	F	0,32	1,17	1,01	1,34	-2,49	7,48	1,95
32	96	1963	F	0,13	2,16	2,04	1,63	-2,07	7,63	3,42
33	79	1963	F	0,50	2,45	2,52	1,79	-2,58	7,00	3,81
34	120	1963	F	0,20	1,92	1,97	1,35	-2,61	7,17	2,89
35	74	2020	FTX	0,31	2,07	1,94	1,26	-1,56	7,49	2,82
36	75	1954	FTX	0,32	1,31	1,46	1,47	-4,72	6,37	2,35
37	85	2017	FTX	0,33	2,92	2,99	1,61	-1,54	9,87	3,94
38	78	1959	F	0,59	1,60	1,63	1,36	-2,69	6,31	2,56
39	57	1959	F	0,58	1,75	1,66	1,28	-1,83	7,28	2,51
40	74	1965	FTX	0,30	1,25	1,28	1,23	-2,28	6,27	2,16
41	64	1959	F	0,65	0,88	0,86	1,15	-2,53	5,72	1,67
42			F		0,40	0,38	1,27	-4,10	5,66	1,21
43			FTX		0,28	0,27	0,89	-4,26	3,67	0,90
44	66	1963	FTX	0,00	0,13	0,12	0,82	-3,73	2,88	0,66
45	77	1972	F	0,00	0,42	0,48	0,94	-3,99	3,63	1,06



TABELL 3: CO2 I LÄGENHETER.

Lgh	Yta	År	System	I/s,kvm	CO2 Mean	CO2 Median	CO2 Std	CO2 Min	CO2 Max	CO2 P75
1	52	1968	F	0,48	692	573	308	400	2822	842
2	74	1965	FTX	0,32	604	556	172	400	1367	702
3	68	1958	F	0,25	1346	1253	672	400	6492	1785
4	74	1965	FTX	0,23	699	679	175	400	1638	826
5	52	2020	FTX	0,47	741	662	314	400	4866	902
6	74	2020	FTX	0,35	603	461	268	400	2358	678
7	63	2010	FTX	0,73	697	687	165	400	1533	792
8	80	1974	F	0,30	1383	1173	833	400	6723	1621
9	80	1974	F	0,28	1143	1087	401	400	3797	1371
10	80	1973	F	0,25	681	580	280	400	2835	838
11	63	1970	F	0,19	812	738	284	400	3217	1024
12	37	2017	FTX	0,69	898	781	414	400	3640	1111
13	35	2017	FTX	0,72	965	984	182	400	4646	1072
14	82	1956	FTX	0,48	556	539	110	400	1506	613
15	105	2006	F	0,17	689	641	248	400	1611	827
16	69	1968	S		972	689	425	400	3105	1256
17	91	1967	F	0,18	1246	1195	424	400	3221	1496
18	99	1969	S		1195	1109	489	400	4243	1458
19	105	2006	F	0,20	761	732	232	400	3245	848
20	78	1971	F	0,31	888	857	292	400	3175	1090
21	78	1971	F		831	792	283	400	2526	998
22	78	1970	F	0,18	652	474	285	400	3474	832
23	100	1970	F	0,34	982	953	293	400	2886	1134
24	85	2017	FTX	0,35	460	448	69	400	1892	459
25	78	1977	F	0,20	756	604	449	400	5994	866
26	74	2020	FTX	0,53	931	840	415	400	5541	1134
28	77	1972	F	0,34	1130	1050	430	400	4423	1306
29	67	1971	F	0,31	634	582	203	400	1259	713
30	76	2020	FTX	0,42	1388	1385	323	400	2989	1566
31	70	1963	F	0,32	929	856	362	400	3821	1077
32	96	1963	F	0,13	934	890	361	400	2377	1141
33	79	1963	F	0,50	1185	1105	531	400	5327	1507
34	120	1963	F	0,20	1039	984	396	400	4880	1182



35	74	2020	FTX	0,31	889	893	249	400	3175	1054
36	75	1954	FTX	0,32	838	845	283	400	2466	1026
37	85	2017	FTX	0,33	1050	1045	287	400	3036	1214
38	78	1959	F	0,59	973	954	334	400	3401	1141
39	57	1959	F	0,58	1005	917	450	400	5542	1132
40	74	1965	FTX	0,30	790	737	264	400	2828	904
41	64	1959	F	0,65	723	684	252	400	2866	859
42			F		625	569	219	400	2449	693
43			FTX		584	542	133	400	1434	653
44	66	1963	FTX	0,00	747	738	56	400	1662	774
45	77	1972	F	0,00	575	569	96	400	1674	614

ENKÄT



ENKÄTUNDERSÖKNING – UTDRAG UR BETSI FLERBOSTADSHUS OCH VUXEN

DATUM: _____ LÄGENHET: _____

1 **Hur många personer bor i bostaden?**
Räkna med alla vuxna och barn som bor i bostaden minst hälften av tiden.

1 ☐ Vuxna (18 år och äldre)... personer

2 ☐ Barn 13-17 år..... personer

3 ☐ Barn 0-12 år..... personer

Totalt antal boende..... personer

2 **Hur många kvadratmeter boyta har bostaden?**

Antal kvadratmeter

3 **Hur många rum har bostaden?**

Antal rum

4 **Vilket våningsplan ligger bostaden på?**
Flera alternativ kan anges.

- 1 ☐ Souterrängvåning eller källare
1 ☐ Markplan
1 ☐ Över markplan, men ej högst upp
1 ☐ Översta våningsplanet

5 **Hur länge har du bott i denna bostad?**

- 1 ☐ Mindre än 6 månader
2 ☐ 6–11 månader
3 ☐ 1–2 år
4 ☐ 3–5 år
5 ☐ 6–10 år
6 ☐ Mer än 10 år

6 **Ungefär hur många timmar är du under vardagar borta från bostaden?**

- 1 ☐ 0–4 tim
2 ☐ 5–9 tim
3 ☐ 10 tim eller mer



7	Är du nöjd eller missnöjd med din bostad som helhet? Mycket nöjd Ganska nöjd Varken/eller Ganska missnöjd Mycket missnöjd 1 2 3 4 5 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
8	Hur pass nöjd eller missnöjd är du med bostaden vad gäller... Mycket nöjd Ganska nöjd Varken/eller Ganska missnöjd Mycket missnöjd 1 2 3 4 5 a. ... storlek? ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ b. ... standard? ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ c. ... planlösning? ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
9	Vilken utrustning finns i bostaden? <i>Flera alternativ kan anges.</i> 1 ☐ Badkar 1 ☐ Duschplats 1 ☐ Duschkabin 1 ☐ Tvättmaskin 1 ☐ Torktumlare
10	Hur tycker du att värmekomforten i stort sett är i din bostad? Mycket bra Bra Acceptabel Dålig Mycket dålig 1 2 3 4 5 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
11	Besväras du av att du i bostaden har... Ja, ofta (varje vecka) Ja, ibland Nej, aldrig 1 2 3 a. ... alltför kallt på vinterhalvåret? ☐ ☐ ☐ b. ... alltför varmt på vinterhalvåret? ☐ ☐ ☐ c. ... alltför kallt på sommarhalvåret? ☐ ☐ ☐ d. ... alltför varmt på sommarhalvåret? ☐ ☐ ☐ e. ... kalla golv? ☐ ☐ ☐ f. ... drag från fönster? ☐ ☐ ☐ g. ... drag från ytterdörr? ☐ ☐ ☐ h. ... varierande rumstemperatur vid temperaturväxlingar utomhus? ☐ ☐ ☐ i. ... svårigheter att själv påverka rumstemperaturen? ☐ ☐ ☐



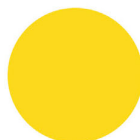
12	a) Hur ofta vädras det vanligtvis under uppvärmningssäsongen (d.v.s. september-april)? 1 ☐ Dagligen/nästan varje dag 2 ☐ Ungefär 1 gång i veckan 3 ☐ Någon gång i månaden 4 ☐ Vädrar sällan eller aldrig b) När det vädras, sker det oftast genom att ... 1 ☐ ...ha vädringsfönster/fönster öppet hela dagen/natten 2 ☐ ...ha vädringsfönster/fönster öppet några timmar 3 ☐ ...ha korsdrag några minuter 4 ☐ Vädrar aldrig																				
13	Hur tycker du att luftkvaliteten i stort sett är i din bostad? <table><tr><td>Mycket bra</td><td>Bra</td><td>Acceptabel</td><td>Dålig</td><td>Mycket dålig</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></table>	Mycket bra	Bra	Acceptabel	Dålig	Mycket dålig	1	2	3	4	5	☐	☐	☐	☐	☐					
Mycket bra	Bra	Acceptabel	Dålig	Mycket dålig																	
1	2	3	4	5																	
☐	☐	☐	☐	☐																	
14	Besväras du i din bostad av lukt inifrån byggnaden såsom av ... <table><tr><td></td><td>Ja, ofta (varje vecka)</td><td>Ja, ibland</td><td>Nej, aldrig</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>a. ... eget matos som sprids i bostaden?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>b. ... grannars matos?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>c. ... tobaksrök eller annan lukt från grannar?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></table>		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig		1	2	3	a. ... eget matos som sprids i bostaden?	☐	☐	☐	b. ... grannars matos?	☐	☐	☐	c. ... tobaksrök eller annan lukt från grannar?	☐	☐	☐
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig																		
	1	2	3																		
a. ... eget matos som sprids i bostaden?	☐	☐	☐																		
b. ... grannars matos?	☐	☐	☐																		
c. ... tobaksrök eller annan lukt från grannar?	☐	☐	☐																		
15	Besväras du i din bostad av lukt utifrån såsom av ... <table><tr><td></td><td>Ja, ofta (varje vecka)</td><td>Ja, ibland</td><td>Nej, aldrig</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>a. ... trafikavgaser?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>b. ... grillkök/restaurang/industrier?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>c. ... vedeldningsrök?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></table>		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig		1	2	3	a. ... trafikavgaser?	☐	☐	☐	b. ... grillkök/restaurang/industrier?	☐	☐	☐	c. ... vedeldningsrök?	☐	☐	☐
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig																		
	1	2	3																		
a. ... trafikavgaser?	☐	☐	☐																		
b. ... grillkök/restaurang/industrier?	☐	☐	☐																		
c. ... vedeldningsrök?	☐	☐	☐																		



16	Har du de <u>senaste 3 månaderna</u> känt dig besvärad av någon eller några av följande faktorer i din bostad? Besvara varje fråga även om du inte känt dig besvärad. <table><thead><tr><th></th><th>Ja, ofta (varje vecka)</th><th>Ja, ibland</th><th>Nej, aldrig</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>a. Drag</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>b. För hög rumstemperatur</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>c. Varierande rumstemperatur</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>d. För låg rumstemperatur</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>e. Instängd ("dålig") luft</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>f. Torr luft</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>g. Obehaglig lukt</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>h. Statisk elektricitet som gör att man lätt får stötar</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>i. Andras tobaksrök</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>j. Buller</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>k. Damm och smuts</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>l. Annat, vad: SKRIV HÄR </td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></tbody></table>		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig		1	2	3	a. Drag	☐	☐	☐	b. För hög rumstemperatur	☐	☐	☐	c. Varierande rumstemperatur	☐	☐	☐	d. För låg rumstemperatur	☐	☐	☐	e. Instängd ("dålig") luft	☐	☐	☐	f. Torr luft	☐	☐	☐	g. Obehaglig lukt	☐	☐	☐	h. Statisk elektricitet som gör att man lätt får stötar	☐	☐	☐	i. Andras tobaksrök	☐	☐	☐	j. Buller	☐	☐	☐	k. Damm och smuts	☐	☐	☐	l. Annat, vad: SKRIV HÄR	☐	☐	☐
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig																																																						
	1	2	3																																																						
a. Drag	☐	☐	☐																																																						
b. För hög rumstemperatur	☐	☐	☐																																																						
c. Varierande rumstemperatur	☐	☐	☐																																																						
d. För låg rumstemperatur	☐	☐	☐																																																						
e. Instängd ("dålig") luft	☐	☐	☐																																																						
f. Torr luft	☐	☐	☐																																																						
g. Obehaglig lukt	☐	☐	☐																																																						
h. Statisk elektricitet som gör att man lätt får stötar	☐	☐	☐																																																						
i. Andras tobaksrök	☐	☐	☐																																																						
j. Buller	☐	☐	☐																																																						
k. Damm och smuts	☐	☐	☐																																																						
l. Annat, vad: SKRIV HÄR	☐	☐	☐																																																						
17	Känner du av någon av följande lukter i din bostad? <table><thead><tr><th></th><th>Ja, ofta (varje vecka)</th><th>Ja, ibland</th><th>Nej, aldrig</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>a. Stickande lukt</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>b. Mögellukt</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>c. Instängd lukt</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>d. Unken lukt</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></tbody></table>		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig		1	2	3	a. Stickande lukt	☐	☐	☐	b. Mögellukt	☐	☐	☐	c. Instängd lukt	☐	☐	☐	d. Unken lukt	☐	☐	☐																																
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig																																																						
	1	2	3																																																						
a. Stickande lukt	☐	☐	☐																																																						
b. Mögellukt	☐	☐	☐																																																						
c. Instängd lukt	☐	☐	☐																																																						
d. Unken lukt	☐	☐	☐																																																						
18	Besväras du i din bostad av ventilationsproblem som... <table><thead><tr><th></th><th>Ja, ofta (varje vecka)</th><th>Ja, ibland</th><th>Nej, aldrig</th></tr><tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr></thead><tbody><tr><td>a. ... svårigheter att bli av med fuktig luft i bad-/duschrum?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>b. ... imma på fönstren vid matlagning?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>c. ... svårigheter att själv påverka ventilationen?</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr></tbody></table>		Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig		1	2	3	a. ... svårigheter att bli av med fuktig luft i bad-/duschrum?	☐	☐	☐	b. ... imma på fönstren vid matlagning?	☐	☐	☐	c. ... svårigheter att själv påverka ventilationen?	☐	☐	☐																																				
	Ja, ofta (varje vecka)	Ja, ibland	Nej, aldrig																																																						
	1	2	3																																																						
a. ... svårigheter att bli av med fuktig luft i bad-/duschrum?	☐	☐	☐																																																						
b. ... imma på fönstren vid matlagning?	☐	☐	☐																																																						
c. ... svårigheter att själv påverka ventilationen?	☐	☐	☐																																																						
19	Hur torkas tvätt vanligtvis? Flera alternativ kan anges. ☐ I egen torktumlare/torkskåp ☐ Fritt upphängd i bostaden ☐ Utanför bostaden																																																								



20	Förekommer det vintertid kondens eller imma nedtill på <i>insidan</i> av fönsterrutan i något rum? 1 ☐ Nej, aldrig 2 ☐ Ja, mindre än 5 cm 3 ☐ Ja, 5-25 cm 4 ☐ Ja, mer än 25 cm 5 ☐ Vet ej					
21	Finns det eller har det under de <u>senaste 5 åren</u> funnits... <i>Flera Ja-alternativ kan anges.</i>	Nej	Ja, i sovrum	Ja, i badrum	Ja, i annat rum	
		1	1	1	1	
a.	...synliga fuktfläckar på golv, väggar eller tak i något rum	☐	☐	☐	☐	
b.	...synligt mögel på golv, väggar eller tak i något rum	☐	☐	☐	☐	
c.	...vattenläckage/vattenskador på golv, väggar eller tak	☐	☐	☐	☐	
22	Hur mycket har du de <u>senaste tre månaderna</u> störts av ljud/buller inifrån byggnaden från ...					
		Störs inte alls	Störs inte särskilt mycket	Störs ganska mycket	Störs mycket	Störs oerhört mycket
		1	2	3	4	5
a.	... ledningar och rör	☐	☐	☐	☐	☐
b.	... ventilation/fläktar (inomhus)	☐	☐	☐	☐	☐



Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.

*E2B2 är Energimyndighetens program där IQ Samhällsbyggnad är koordinator.
Läs mer på www.E2B2.se.*

