

Avdelningen för Installationsteknik
Examensarbete TVIT—22/5091
Lund 2022

Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus

- En fallstudie av flerbostadshus i Linero, Lund

Saffran Rosengarten



LUNDS
UNIVERSITET

Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus

En fallstudie av flerbostadshus i Linero, Lund

Saffran Rosengarten

Examensarbete

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

© Saffran Rosengarten

ISRN LUTVDG/TVIT—22/5091--SE(112)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

- Titel:** Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus – En fallstudie av flerbostadshus i Linero, Lund
- Författare:** Saffran Rosengarten
- Handledare:** Birgitta Nordquist, Universitetslektor vid institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för Installations- och klimatiseringslära på Lunds tekniska högskola.
- Examinator:** Petter Wallentén, Universitetslektor vid institutionen för bygg- och miljöteknologi, avdelningen för Byggnadsfysik på Lunds tekniska högskola.
- Bakgrund:** Samhällets ökade miljömedvetenhet kopplas ofta i byggbranschen till energieffektivitet. För en större skillnad i energianvändning kopplade till bostäder behöver mer fokus ligga på de redan existerade bostäderna och inte bara nyproduktion. En byggnads energianvändning innefattar bland annat brukarvanor. Det saknas objektiva mätningar gällande brukares vädringsvanor och hur de påverkar energianvändningen. I rapporten kommer brukares vädringsvanor att studeras och vidare analyseras hur dessa kan påverka energianvändningen.
- Syfte:** Syftet med detta examensarbete är att ta reda på hur brukare i ett frånluftsventilerat flerbostadshus från miljonprogrammet kan påverka energianvändningen. Målet är att i analysen dra diverse kopplingar mellan brukarvanor och energianvändning. Utifrån det, sedan kunna dra slutsatsen hur brukares vädringsvanor påverkar energianvändningen.
- Metod:** En litteraturstudie har först genomförts. Rapporten fokuserar sedan på en fallstudie, som delats upp i sammanställning och analys av mätdata i verkliga frånluftsventilerade byggnader och sedan energisimulering av olika vädringsscenarior i IDA ICE.
- Slutsatser:** Människor i de studerade lägenheterna vädrar väldigt olika. De öppningar som hålls öppna längst tid per dygn är ventilationsluckor. Balkongdörrar är de typer av öppningar som används mest frekvent. Utifrån mätdatan hamnade flest lägenheter i den grupp som vädrar mellan 15-30 timmar per dygn (alla vädringar summerade). Den totala energianvändningen skiljde sig som mest med 21% mellan olika brukarvanor. Vid jämförelse med scenariot som är mest likt verkliga förhållanden kan energianvändningen

sänkas med 11% om alla brukare i byggnaden skulle vädra likadant som de som vädrar minst. Skulle alla brukare i byggnaden vädra likadant som de som vädrar mest ökar den totala energianvändningen med 8%.

Nyckelord:

Brukarbeteende, vädringsbeteende, vädring, energianvändning och energieffektivitet.

Abstract

Society's increased environmental awareness is often linked in the construction industry to energy efficiency. A building's energy use includes, among other things, user habits. There's a lack of objective measurement regarding users' ventilation habits and how they affect energy use. The purpose of this report is to find out how users in exhaust-ventilated apartment building from the 1960's can influence energy use. The goal is to draw various connections between user habits and energy use. Based on that, then be able to conclude how effectively affect energy use. The method is a literature study and a case study, which is divided into compilation of measurement data from real exhaust-ventilated buildings and energy simulation of different ventilation scenarios in IDA-ICE. People ventilate very differently. Openings that are kept open for the longest time per day are ventilation hatches. Balcony doors are used most frequently. Based on the measurement data, most apartments ended up in the group that airs between 15-30 hours per day (all airing times added up). Total energy use differed by a maximum of 21% between different habits. When compared to the scenario that is most similar to real conditions, energy use could be reduced by 11% if all users in the building were to ventilate the same as those who ventilate the least. If all users in the building ventilate the same as those who ventilate the most, total energy use increases by 8%.

Förord

Examensarbetet är skrivet på avdelningen för Installationsteknik på Lunds tekniska högskola. Rapporten omfattar 30 högskolepoäng och är genomförd under vårterminen 2022 som avslutande del på civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad.

Jag vill börja med att rikta ett hjärtligt tack till min handledare Birgitta Nordquist och examinator Petter Wallentén för deras stöttning och motivation genom arbetet. Att få arbeta med er och ta del av er kunskap har både varit roligt och lärorikt. Jag vill även tacka dem på PEIRE-projektet som med sitt arbete gjort detta examensarbete möjligt speciellt Gunter Alce, Jonas Borell och Hector Caltenco.

Slutligen vill jag tacka mina kurskamrater samt nära och kära som funnits vid min sida under utbildningens gång.

Malmö, juli 2022

Saffran Rosengarten

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract	iii
Förord	v
Innehållsförteckning	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar.....	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	2
1.5.1 Litteraturstudie.....	3
1.5.2 Fallstudie.....	3
1.5.3 Resultat och analys	4
1.5.4 Diskussion.....	4
1.5.5 Slutsats.....	4
2 Litteraturstudie	5
2.1 Teori.....	5
2.1.1 Miljonprogramshus.....	5
2.1.2 Mekanisk frånluftventilation.....	5
2.1.3 Brukarindata	6
2.1.4 Flödesekvationer.....	7
2.2 Tidigare forskning.....	8
2.2.1 Vädring och beteendeskilnader.....	8
2.2.2 Fördjupad studie av flagghuset – Studie av inneklimat, ventilationssystem och vädringsbeteende.	10
2.2.3 Renoveringsåtgärders och brukarbeteendes effekt på energianvändning och inomhusmiljö i frånluftsventilerade flerbostadshus.....	11
2.2.4 Vädringsvanor och energiberäkningar	14
3 Fallstudie – Beskrivning och metod	17
3.1 PEIRE.....	17
3.2 Kvarteret Eddan	17
3.3 Vädringsdata	19
3.3.1 Vädringstid	23
3.3.2 Tidpunkt under dygn.....	24
3.3.3 Resultat	25
3.4 Energisimulering.....	26
3.4.1 Scheman.....	27
3.4.2 Simuleringsfall.....	27
4 Resultat och analys	29
4.1 Brukarbeteende – vädringsvanor.....	29
4.1.1 Lägenheter	29
4.1.2 Sammanställning uppmätt vädring i studerade byggnader	53
4.1.3 Gruppindelning.....	58
4.2 Energianvändning	59
4.2.1 Scheman.....	59

4.2.2	Energisimulering.....	64
4.2.3	Luftflöde	70
5	Diskussion	75
5.1	Fortsatt forskning	76
5.2	Felkällor	77
6	Slutsats.....	79
	Referenser.....	81
	Bilagor	83

1 Inledning

I det inledande kapitlet kommer en kort bakgrund kopplat till arbetet att beskrivas. Problemställning kommer att formuleras med syfte och frågeställningar, där även avgränsningar tas upp. Därefter beskrivs metoden och tillvägagångssättet som använts i studien och hur upplägget planeras.

1.1 Bakgrund

Samhällets ökade miljömedvetenhet återspeglas ofta i nybyggda bostäder som presenteras som miljövänliga med låg energianvändning. Dessa utgör dock endast en liten del av de totala bostäderna. I Sverige existerar cirka 4,8 miljoner hushåll, varav 2,5 miljoner är lägenheter i flerbostadshus (Statistiska Centralbyrån [SCB], 2018). Tillskottet av bostäder uppgick 2020 till ungefär 54 000 lägenheter (SCB, 2021). För en större skillnad i energianvändningen kopplade till bostäder behöver mer fokus ligga på de redan existerande byggnaderna och hur dessa kan bli mer energieffektiva. Bygg- och fastighetssektorn står för en stor del av den totala energianvändningen i Sverige (och världen). Denna sektor stod år 2019 för 34 procent av landets energianvändning, detta motsvarar 107 TWh (inhemsk) (Boverket, 2021a). Energin för denna sektor går främst till uppvärmning samt transporter. Utomhustemperaturen har en stor påverkan på uppvärmningen, således påverkas den totala energianvändningen varje år av vad det har varit för temperatur utomhus under året. En byggnads energianvändning innefattar uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla fastighetsspel och hushållsel (Boverket, 2022). Den påverkas bland annat av klimatskalets konstruktion, ingående installationer och vanorna hos de som nyttjar byggnaden (Boverket, 2020a).

Det finns enkätstudier, bland annat BETSI (2009) som visar att en majoritet av de boende rapporterar att de vädrar frekvent (dagligen) och under förhållandevis lång tid (minst under några timmar) under uppvärmningssäsongen i alla flerbostadshus oavsett byggår. Men det är inte objektivt uppmätta verkliga vädringsvanor eller hur stor påverkan detta kan ha på energianvändningen. De boendes vädring kan ha påverkan på både inomhusmiljön i form av luftomsättning, termisk komfort och luftkvalitet samt uppvärmningsbehovet vintertid. Ventilationssystemets utformning i de flesta befintliga bostäder innebär att de boende har möjlighet och kan också förväntas interagera med systemet. I både frånluftssystem och självdragssystem är uteluften avsedd att passera in genom olika typer av öppningar i fasaden såsom ventiler eller ventilationsluckor, vilka de boende kan reglera. Till detta tillkommer de boendes vanor i form av att öppna fönster och dörrar. I dessa bostäder är de boendes vädring och interaktion med ventilationssystem och öppningar såsom fönster och dörrar därför en faktor att beakta vid bestämning av energibehovet.

Under vintern 2021/2022 har höga elpriser präglat Sverige och elanvändning är ett mycket aktuellt ämne. Således finns ett intresse att ta reda på hur brukare med hjälp av sina vanor och beteende inom bostaden påverkar energianvändningen. December månad år 2021 hade det högsta elpriset på flera år (Vattenfall, 2022). Utöver att månaden var

ovanligt kall påverkades elpriserna av bland annat stängda kärnkraftverk, höga bränslepriser och låg vindkraftsproduktion (Upplands Energi, 2022).

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att ta reda på hur brukare i ett frånluftsventilerat flerbostadshus från miljonprogrammet kan påverka energianvändningen. Till hjälp finns data från ett renoverat miljonprogramsområde med flerbostadshus i Linero, Lund. Detta kommer från forskningsprojektet PEIRE som samlat in data från brukare i dessa lägenheter. PEIRE står för People, Environment, Indoor, Renovation och Energy. Forskningsprojektet fokuserar på energieffektivitet med fokus på människan som en del av systemet. Insamlade data gällande människors vanor i bostäderna ska sammanställas, simuleras i IDA ICE och resultatet analyseras. Examensarbetet kommer endast behandla vädring, det vill säga något brukare har kontroll över. Brukarna hade möjlighet att forcera köksventilationen men det studeras inte i denna studie.

Målet är att i analysen kunna dra slutsatser om hur brukares vädringsvanor påverkar energianvändningen.

1.3 Frågeställningar

- Hur länge och när öppnar de boende ventilationsluckor, fönster och dörrar i verkliga lägenheter?
- Vilka är de vanligaste brukarvanorna kopplade till vädring?
- Hur stor är skillnaden i energianvändning ($\text{kWh/m}^2 \text{år } A_{\text{temp}}$) som resultat av olika brukarvanor i ett renoverat flerbostadshus från miljonprogrammet?
- Hur mycket påverkar brukarvanor gällande vädring den totala energianvändningen?

1.4 Avgränsningar

Rapporten baseras på en fallstudie, vilket avser byggnader på Linero i Lund. Således avgränsas rapporten till följande:

- Geografisk placering – Lund, Skåne, Sverige.
- Miljonprogramshus – Lamellhus.
- Ventilation - Mekanisk frånluft.
- Energianvändning och brukarbeteende kopplat till vädring.

1.5 Metod

Nedan beskrivs den metod som används i rapporten. I det första kapitlet behandlas bakgrund, syfte, frågeställningar, avgränsningar och denna del med beskrivning av metodik. Resterande del av rapporten delas in i litteraturstudie av aktuella publikationer inom området vädring och energi, fallstudie av vädringsbehov genom analys av mätdata från åren 2017, 2018 och 2019 samt energisimuleringar med programmet IDA ICE, resultat/analys där bland annat olika typiska vädringsbeteenden formuleras, diskussion och slutsats.

1.5.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien delas upp i två olika delar. En teoridel och en del som behandlar tidigare forskning kring ämnet.

Syftet med teoridelen är att beskriva området som rapporten behandlar. Här beskrivs fakta gällande byggnadstyp, ventilationssystem och energianvändning kopplat till fallstudien. Gällande installationssystemet kommer endast ventilationen att beskrivas då denna studies fokus gällande brukarvanor är kopplad till vädring.

Litteraturstudien görs dels för att dra lärdom av tidigare studier och dels för att se till att inte upprepa en tidigare studie. En litteraturstudie kan ge inspiration och idéer genom att till exempel hitta områden där det saknas tidigare forskning och där fokus för den aktuella studien kan läggas på.

1.5.2 Fallstudie

Kapitlet behandlar främst metoden som används för att ta fram resultat som besvarar frågeställningar. Inledningsvis beskrivs även forskningsprojektet PEIRE samt byggnaderna. Ett underkapitel beskriver den sammanställning och analys av data som görs. Detta är en signifikant del då rapporten fokuserar på verkliga brukarvanor. Därmed läggs stort fokus på att sammanställa den mätdata som redan existerar. Vidare genomförs energisimuleringar, som grundar sig på resultat från sammanställningen. Mätdata kommer från fyra byggnader inom samma område i Linero i Lund med totalt 14 byggnader.

Mätningen av vädringarna är hämtat från PEIRE -projektet. Mätmetoden har utvecklats av Günter Alce, Jonas Borell och Hector Caltenco vid institutionen för Designvetenskaper vid LTH (PEIRE, 2020). De har samlat in registreringar av öppning respektive stängning för varje enskild öppning i fasaden i totalt 12 lägenheter. Av dessa 12 lägenheter är åtta belägna i samma byggnad, två i en byggnad, en i en lägenhet i en tredje byggnad och en i en lägenhet i en fjärde. Tre mätperioder har genomförts under åren 2017, 2018 och 2019. Mätningarna samlades i en Excel-fil som innehåller information om när fönster och dörrar öppnas och stängs under ett antal dygn. Denna Excel-fil har analyserats i detta examensarbete. I detta kapitel beskrivs den metod som används vid sammanställning samt de val och antaganden som gjorts.

För att få fram ett resultat gällande energianvändning genomförs ett antal energisimuleringar. De olika simuleringfallen skiljer sig genom att ha olika vädringstider, öppet olika tider på dygnet och olika öppningsprocent. Programmet IDA ICE används, tillsammans med en redan framtagna modell av miljonprogramshuset (Magnusson, Sellin, 2018). Byggnaden som har modellerats är en "samlad" byggnad som representerar områdets typbyggnad. De olika fallen appliceras i modellen. Varje zon i modellen får sitt schema, baserat på vilket fall som simuleras. Varje enskilt rum i den modellerade byggnaden har modellerats som en egen zon vilket bland annat möjliggör studier av luftflöden i enskilda rum.

1.5.3 Resultat och analys

I kapitlet resultat och analys presenteras först sammanställning av brukarvanor utifrån de objektiva mätningarna i de studerade lägenheterna. Ett antal simuleringsfall tas fram inför energisimuleringarna. Sedan redovisas resultatet från energisimuleringen och skillnaden av de olika fallen. Därefter sker en kort analys av resultatet och vad det berättar.

Målet med sammanställningen är att få en total tid på hur mycket vardera lägenhet vädrar per dygn och hur ofta och länge enskilda öppningar öppnas. En tabell gällande hur långa mätperioderna är behöver sammanställas då det skiljer sig mellan åren och lägenheterna. För vardera lägenheten presenteras medelvärdet per fönster/dörr/ventilationslucka och den totala tiden per år. Utifrån det beräknas ett medelvärde per mätperiod/år, gällande vädringstid per dygn. Antalet vädringar beräknas även för att få fram hur lång en medelvädring är. För vissa fönster och dörrar görs även en djupdykning gällande när på dygnet dessa vädringar sker. Utifrån medelvärdet per dygn av vädring delas lägenheterna in i grupper beroende på hur mycket de vädrar. För alla grupper tas sedan ett vädringsschema fram som beskriver hur mycket varje fönster/dörr/ventilationslucka öppnas per dag och på ett ungefär när på dygnet detta sker. I analysen för brukarvanor redovisas en sammanställning av vädringarna för hela byggnaden, baserat på resultatet från de individuella lägenheterna. Utifrån dessa scheman modelleras de olika simuleringsfallen och resultatet presenteras. I analysen jämförs de olika fallen och luftflöde i lägenheter.

1.5.4 Diskussion

I diskussionskapitlet diskuteras resultatet i föregående kapitel. Tankar kopplade till arbetet och området tas även upp. En viktig del av detta kapitel är diskussion gällande felkällor och osäkerheter kopplade till fallstudien.

1.5.5 Slutsats

Slutsatser dras gällande det som studerats. Syftet med kapitlet är att besvara de framtagna frågeställningarna.

2 Litteraturstudie

Litteraturstudien är uppdelad i två separata delar. En som behandlar väsentlig teori och en som behandlar tidigare forskning som gjorts inom området och närliggande områden.

2.1 Teori

I detta avsnitt beskrivs den byggnadstyp som fallstudien innefattar samt det ventilationssystem som används. Vidare redogörs teori kopplat till vädring och brukarvanor, även krav och bestämmelser gällande vädring beskrivs.

2.1.1 Miljonprogramshus

Mellan år 1965 och 1974 byggdes strax över en miljon bostäder i Sverige till följd av behovet för ett ökat antal bostäder (Boverket, 2020b). Ett specifikt ”program” existerade aldrig, utan var en del av den politik som fördes under valåret 1964 (NE, 2022). Sverige hade under den tidsperioden en hög efterfrågan på bostäder, med en lång bostadskö på 400 000 personer. Innan själva begreppet ”miljonprogram” uppkom byggdes det 1963 80 000 bostäder, vilket inte var en signifikant skillnad från det antal som byggdes under de följande tio åren (Boverket, 2020b).

Den vanligaste byggnadstypen under miljonprogrammet var det så kallade lamellhuset, på tre våningar (Boverket, 2020b). Antalet våningar valdes utefter de krav och bestämmelser som fanns gällande hiss. Hus med tre våningsplan behövde i början av miljonprogrammet inte ha hiss, vilket var positivt ur en kostnadsaspekt (C. Björk et al., 2003). I ett område med lamellhus finner man ofta ett antal olika huskroppar som är placerade i rader och med en gård mellan de olika raderna. Konstruktionen bestod ofta av prefabricerade betongelement, vars mått ofta påverkade utformningen av byggnaden och dess ingående lägenheter (Allmännyttan, u.å.). Detta var en effekt av den industriella byggtekniken där byggelementen fick styra för att reducera kostnaderna och byggtiden (Allmännyttan, u.å.). De bärande betongelementen var ofta placerade tvärgående för att sedan kompletteras med utfackningsväggar (C. Björk et al., 2003).

Ett resultat av att bygga många bostäder med samma utformning på kort tid är att dessa även kommer att nå sin tekniska livslängd samtidigt samt kan komma i behov av renovering under samma tidsperiod. Således har det under en lång period funnits ett mål med upprustning av miljonprogramsområden, denna inkluderar både underhållsåtgärder samt åtgärder som höjer standaren (Boverket, 2020b).

2.1.2 Mekanisk frånluftventilation

Mekanisk frånluftventilation, även förkortat F-system är ett ventilationssystem där fläktar suger ut frånluft från bostaden oftast via don placerade i badrum och kök (Flexit, u.å.). Från frånluftsdonen leds luften via kanaler ut via fläktar som oftast är placerade på vind eller tak. En fläkt försörjer oftast antingen alla lägenheter i ett trapphus eller en hel byggnad (Energy Building, u.å.) Ventilerna placerade i fasaden, ofta nära fönster, fungerar

som ingång för uteluft (Boverket, 2021b). Ventilerna benämns även som friskluftsventiler i vissa sammanhang. För luften som kommer in via dessa ventiler sker ingen uppvärmning, utan den har samma temperatur som uteluften. Ventiler/öppningar är ofta placerade i sovrum och vardagsrum. I äldre bostäder kan det dock tyvärr förekomma att ventiler saknas eller hålls stängda av de boende (Flexit, u.å.). Ventilationssystemet anses vara ett väl fungerande men vid användning utan återvinning av värme ur frånluften är det inte ett tillräckligt energieffektivt system vid nybyggnation. F-system är därmed inget som rekommenderas, i stället bör system med värmeåtervinning användas i nya byggnader, så kallade FX-system eller FVP-system (Boverket, 2021b).

Uteluftsflödet in i bostaden bör enligt Folkhälsomyndigheten (FoHMFS 2014:18) vara minst 0,35 l/s kvadratmeter golvyta. Riktvärdet är även minst 4 l/s per person. I ett sovrum dimensionerat för två personer bör uteluftsflödet således vara minst 8 l/s.

2.1.3 Brukarindata

Vid energiberäkningar används brukarindata, ofta baserat på Svebys ”Brukarindata för energiberäkningar i bostäder”, utgiven 2009. Värdena som presenteras i denna del är för flerbostadshus. Det som ingår i detta är följande parametrar:

- Innetemperatur
- Luftflöden
- Solavskärmning
- Tappvarmvatten
- Hushållsel
- Personvärme

Inomhustemperaturen som rekommenderas är 21°C. Med 21°C menas medeltemperaturen då det ofta är det som anges vid energiberäkningar. Det syftar även på den lägsta temperaturen som tillåts i rum innan värmesystemet ska sättas i gång. I praktiken är värdet ofta högre än 21°C, trots detta rekommenderas värdet som nämnts. Detta baseras på att vid sänkning av lägsta inomhustemperatur med 1°C kan energianvändningen minska med 3–5 kWh/m² (för flerbostadshus i Stockholm), vilket är något att sträva efter.

Luftflöden delas upp i vädringspåslag och behovsstyrda flöden. Vädringsvanorna är en parameter som påverkar resultatet av energiberäkningarna. Beroende på en byggnads exponeringsgrad för vind samt vilket ventilationssystem som används kan vädring ha olika påverkan på energianvändningen, det vill säga vissa byggnader är känsligare än andra. Sveby rekommenderar att man korregerar luftflödet med en ökad luftomsättning på grund av vädring genom ett schablonpåslag, vilket görs efter energiberäkningen genomförts. Det rekommenderade påslaget är 4 kWh/m² år. Behovsstyrda flöden betyder i detta fall forcering av köksfläkt. Det rekommenderade värdet är 30 minuter per dag, ska tiden på dygnet anges i beräkningsmodellen ska forceringen ske mellan 17.00 och 17.30.

En del solavskärmning är kopplat till brukarvanor, då de boende själv väljer när de ska använda markiser, persienner och gardiner. Den andra delen av solavskärmningen är den som är fast, exempelvis byggnader, träd och balkonger som skuggar solens strålar. De

olika solavskärningsfaktorerna multipliceras med varandra. Rekommenderade värden för avskärningsfaktorn är 0,5 för den sammanlagda solavskärningen, 0,71 för den fasta och 0,71 för den beteendestyrd.

Tappvarmvattenanvändningen beror på brukarnas vanor, men även på vilken typ av utrustning som används och hur systemet är uppbyggt. Årsschablonen för flerbostadshus är 25 kWh/m². Sker det en besparing med individuell mätning och debitering kan det göras ett avdrag på 20%. Av denna schablon uppskattas att 20% av energin läcker till huset och bidrar till uppvärmningen.

Gällande hushållsel rekommenderas inmatning av en årsschablon på 30 kWh/m². Det antas att 70% av elanvändningen är möjlig att tillgodogöras som värme.

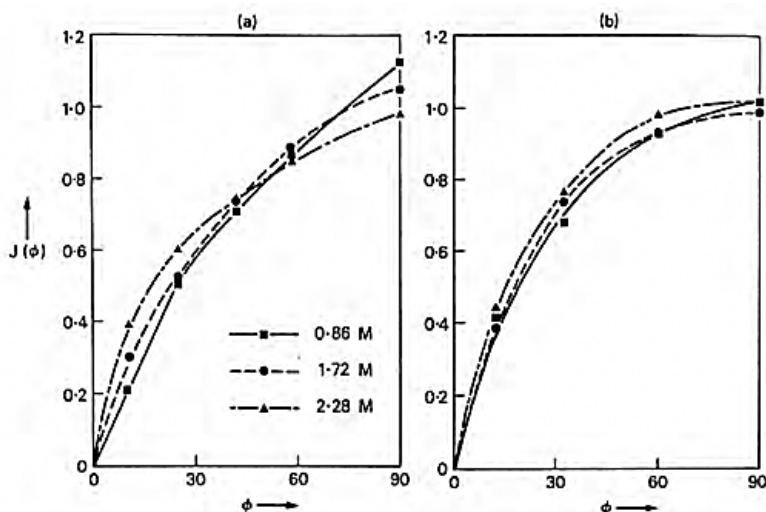
Rekommenderade värden gällande personvärme är 80 W per person, där antal personer baseras på lägenhetsstorlek (antal rum). Det rekommenderas även att anta en närvarotid på 14 timmar per dygn, för varje person.

2.1.4 Flödesekvationer

Vid vädring öppnas till exempel ett fönster eller en dörr. Genom öppningen sker ett luftutbyte, vilket påverkas av flera faktorer. Drivkrafterna till luftflöde genom en öppning är tryckskillnaden över öppningen. Skillnader i tryck över en öppning orsakas av skillnad i temperatur (utetemperatur och inomhustemperatur) samt vindrörelser (Nordquist, 1998). Flödet beräknas genom ekvation 1 nedan som är hämtad från ”Vädring i skolor – ett komplement till normal ventilation” av Birgitta Nordquist (1998).

$$q = J(\theta) \cdot C_d \cdot \frac{B}{3} \sqrt{\frac{\Delta T g H^3}{T}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (1)$$

Inparametern $J(\theta)$ är en funktion av öppningsvinkeln vilket påverkar luftflödet genom öppningen. Det bestäms genom Figur 1 nedan med två diagram som visar minskningen av flödet beroende av vilken öppningsvinkel som används. I ekvation 1 är ingående parametrar B=bredd och H=höjd på öppningen. Utifrån ekvationen kan slutsatsen dras att vädringsflödet påverkas mer av höjden på öppningen än av bredden.



Figur 1. Bestämning av $J(\theta)$ (Nordquist, 1998).

Det sker en reduktion av flödet kopplat till kontraktion och friktion, därav är C_d en del av ekvation 1. För att bestämma C_d används ekvation 2 nedan.

$$C_d = 0,4 + 0,0045\Delta T \quad (2)$$

I ekvation 2 är ΔT skillnaden i temperatur mellan inne och ute, medan \bar{T} är medeltemperatur

2.2 Tidigare forskning

Tidigare studier med liknande forskning har tagits med nedan för att få en förståelse över vad som tidigare gjorts inom området. Studierna är hämtade från LUBsearch och Google Scholar. Sökorden som använts är "vädring", "vädringsbeteende", "energy use", "energianvändning" och "behavior".

2.2.1 Vädring och beteendeskilnader

Vädring och beteendeskilnader är ett kandidatexamensarbete skrivet av Beatrice Vad-Schütt Klockervold skrivet på KTH – Skolan för Industriell Teknik och Management 2016. I arbetet studerades hur mycket det vädras i bostäder och om det finns något samband med vädringstid och åldersgrupp för de boende. Andra frågeställningar var vad som ligger till grund att folk väljer att vädra och vad som är anledningen till att man öppnar ett fönster eller liknande. Författaren till rapporten diskuterade även hur vädringsbehovet kan komma att förändras i framtiden. En annan frågeställning som undersöktes var hur boendes vädringsbeteende kan påverka grannar i samma fastighet/byggnad.

Arbetet avgränsades till det nordiska klimatet och Sverige där det endast var bostäder som togs med i rapporten. Ingen energiberäkning genomfördes i studien utan diskuterades endast rent faktamässigt.

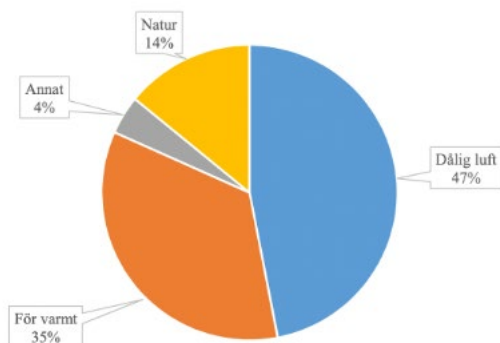
2.2.1.1 Metod

Metoderna som användes var litteraturstudie, intervjuer, internetenkät och exempelberäkning gällande värmeöverföring. Avseende vädringsbeteende var det intervjuerna och enkäterna som användes för att få fram ett resultat. Ett fåtal av intervjuerna genomfördes innan enkäten skickades ut, främst för att kunna utforma en så bra och givande enkät som möjligt. Personerna som svarade på enkäten delades upp i olika åldersgrupper och bostadsgrupper. De svarande var boende i både friliggande villor och flerbostadshus med varierande ventilationssystem. Inkomna svar applicerades i en beräkningsmodell som tog fram medelvärden av svar. Beräkningar genomfördes för att få fram ett årligt resultat av vädring, men även resultat för varje årstid. I enkäten besvarades även varför de boende väljer att vädra.

2.2.1.2 Resultat

Resultatet presenterades i form av antal vädringstillfällen per vecka, tidsåtgång per vädringstillfälle, total vädringstid per vecka och total vädringstid per år. Detta presenterades både för olika åldersgrupper och bostadsgrupper, vilka delades upp i storlek på bostaden och typen av bostad.

Resultat som erhöles fram var bland annat följande: de äldre åldersgrupperna vädrade betydligt mer jämfört med de yngre, de som bodde mindre bostäder och de som bodde i störst vädrade ungefär lika mycket. De som däremot bodde i en medelstor bostad mellan 50 – 100 m² vädrade ca 35% mer. I friliggande villor vädrades det lika många gånger per vecka som i lägenheter, lite färre vädringar gjordes i radhus. Dock pågick vädringarna i lägenheter betydligt längre än de vädringar som genomfördes i friliggande villor. Ungefär 70% av de boende stängde inte av de värmekällor de hade i bostaden innan de vädrade. I Figur 2 nedan hämtat från rapporten visualiseras anledningen till att boende väljer att vädra. I de mest extrema fallen kan värmeöverföring mellan lägenheter i en byggnad kosta 37kr per år på grund av vädring i den ena bostaden.



Figur 2. Genomsnittlig procentuell orsak till vädring (Vad-Schütt Klockervold, 2016).

2.2.2 Fördjupad studie av flagghusen – Studie av inneklimat, ventilationssystem och vädringsbeteende.

Skriven 2017 på avdelningen för installationsteknik på Lunds Tekniska Högskola med Birgitta Nordquist som författare. Var kopplad till projektet ”Flagghusen” där en uppföljning gjorts av energi och inneklimat. Projektet var finansierat av Bebo – Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus. Flagghusen är ett bostadsområde i Malmö som ses som en uppföljning till området Bo01. Rapporten är en uppföljning till en tidigare analys. I analysen var den uppmätta energianvändningen högre än kravet för byggnaden. Det skedde även omfattande vädring i lägenheterna, även om de boende uttryckt sig tillfredsställda med inomhusklimatet. Således genomfördes denna fördjupade studie för att ge en bättre bild av resultatet. Ett syfte med studien var att studera anledningen till att boende väljer att vädra.

2.2.2.1 Metod

En enkätundersökning genomfördes gällande hur de boende upplevde inomhusklimatet samt gällande deras vädringsvanor. Baserat på enkätsvaren gjordes mätningar kopplade till inomhusklimatet i lägenheter där vädring förekommer. Enkäten utgjordes av standardiserade frågor, utöver dess togs två projektspecifika frågor med. Den enkät som användes hade tidigare nyttjats i flera liknande projekt. Enkäten besvarades av boende i 12 olika fastigheter och bostadsrättsföreningar. Alla lägenheter i dessa 12 fastigheter/bostadsrättsföreningar blev tilldelade enkäten, vilket motsvarade 523 lägenheter. Antal svar som inkom var 257 stycken.

2.2.2.2 Resultat

De boende upplevde ett i allmänhet tillfredställande inomhusklimat. Av de boende vädtrade 55% varje dag eller nästan varje dag och 55% hade öppet hela dagen, hela natten eller några timmar i lägenheter med FTX-ventilation. Anledning till att de boende vädtrade under eldningssäsong berodde till störst del på vana eller att det var instängd/dålig luft. När vädring skedde öppnades oftast ett fönster i sovrummet eller en balkongdörr i vardagsrummet på glänt, vilket motsvarade max 10 centimeter.

Resultat från mätningar gjorda i ett antal lägenheter visade att BBR:s krav gällande tilluftflöde via ventilationssystemet i lägenheter inte uppnåddes. Mätningar visade även att den operativa temperaturen var tämligen hög och därav väljer de boende att vädra.

Utifrån resultatet sammanställdes ett antal råd. De boende bör i de fall de upplever ett för varmt inomhusklimat reducera den värmeavgivning som sker från radiatorer, även solavskärmning ska användas före vädring för att hantera höga temperaturer inomhus. Vid projektering och under produktion ska följande beaktas. Säkerställande att ventilationssystemet inte orsakar störande ljud, att ett bra termiskt klimat kan uppnås både på sommaren och vintern, att de boende får tydliga instruktioner kopplat till ventilationssystemet, att drift och underhåll ska kunna fungera och att uteluftsflöden anpassas utefter rätt personbelastning i sovrummen.

2.2.3 Renoveringsåtgärders och brukarbeteendes effekt på energianvändning och inomhusmiljö i frånluftsventilerade flerbostadshus

Studien är ett examensarbete skrivet 2018 på Lunds tekniska högskola på avdelningen för Byggnadsfysik och avdelningen för Installationsteknik. Författarna är Niklas Sellin och Robert Magnusson. Arbetet fokuserade på en fallstudie av ett miljonprogramshus i Lund, Linero. Rapportens syfte var att ”undersöka hur energianvändningen och inomhusklimatet i ett flerbostadshus påverkas av en renovering”. En koppling gjordes även till brukarbeteendet och hur dessa kan påverka energianvändningen. Frågeställningarna behandlade hur vädringsbeteende påverkar energianvändning och inomhusklimat samt hur stor påverkan brukarnas beteende har jämfört med renoveringsåtgärder utförda i energieffektiviserande syfte.

De renoveringsåtgärder som genomfördes var att alla fönster och balkongdörrar i söder på plan 1 och plan 2 byttes ut. Utfackningsväggen på den södra fasaden byttes ut till en mer energieffektiv konstruktion. Vindsbjälklaget tilläggsisolerades. Ventilationssystemet förbättrades genom installation av spaltventiler, se Figur 6 och Figur 7. Områdets fjärrvärmesystem byggdes även om för att motverka stora värmeförluster. Övriga åtgärder som genomfördes i renoveringen var bland annat att ersätta badkar i lägenheter med duschar för att minska de boendes varmvattenanvändning, och installera mer energieffektiv belysning. Ventilations- och uppvärmningssystem balanserades.

2.2.3.1 Metod

Arbetet inleddes med en litteraturstudie som behandlade teori kopplat till ämnet för att ge författarna och läsarna en bättre kunskapsgrund. I litteraturstudien ingick även en undersökning gällande tidigare forskning och studier.

Fallstudien bestod som tidigare nämnts av ett flerbostadshus uppfört under miljonprogrammet. Den var en del av ett forskningsprojekt vilket resulterade i att författarna fick tillgång till en mängd arbetsmaterial som samlats in som del i projektet. För energisimulering användes programmet IDA ICE, i fallstudien hade en modell av byggnaden tagits fram i programmet. Den närliggande miljön hade även modellerats i programmet, detta för att ta hänsyn till skuggning och dagsljusinsläpp. Vid framtagandet av modellen har typiska värden för köldbryggor använts.

De energiberäkningar som genomfördes först var för byggnaden före renovering. All tillförsel av uteluft var innan renovering helt styrd av de boende genom att öppna fönster och vädringsluckor. Klimatdata från Lund 2014 användes. Ytterväggarna på långsidorna hade ett U-värde på $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ och de på kortsidorna hade ett U-värde på $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. För fönster låg U-värdena mellan $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ och $2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Innetemperaturerna sattes till 21°C i lägenheterna, 18°C i trapphus samt tvättstuga och 15°C i källaren. Sex simuleringsfall genomfördes där öppningsgraden på ventilationsluckorna avsedda för tillförsel av uteluft varierades (foto på ventilationsluckor och ventiler före och efter renovering presenteras i Figur 6 och Figur 7):

1. Maximal ventilation – helt öppen ventilationslucka
2. Minimal ventilation – helt stängd ventilationslucka
3. Halvöppet (50% öppet i norr och 15% öppet i söder)
4. 20% öppet i norr och 10% öppet i söder
5. 10% öppet i norr och 5% öppet i söder
6. 10% öppet i norr och stängt öppet i söder.

Resultatet från fall 4–6 jämfördes med uppmätt energianvändning. Detta resulterade i ett grundfall där ett visst brukarbeteende stämmer överens med energianvändning (Fall 5 ovan). Grundfallen i denna studie (fall 5) och de två extremfallen med maximal och minimal ventilation (fall 1 och fall 3) togs med i analysen. Tre lägenheter jämfördes även för att ta reda på hur inomhusklimatet förändrades med de olika fallen.

U-värden för de nya fönstren och för balkongdörrar var $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ respektive $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Modellen som togs fram för att representera husen efter renovering tog endast hänsyn till de renoveringsåtgärderna som genomförts med klimatskalet. Simuleringsfall för efter renovering var:

1. Grundfall enligt Före renovering men $0,35 \text{ l/s m}^2$.
2. Alla tekniska renoveringsåtgärder – minimal ventilation.
3. Alla tekniska renoveringsåtgärder – öppna spalter och stängda luckor.
4. Alla tekniska renoveringsåtgärder – öppna spalter och 10% öppet i norr. (Grundfall)
5. Alla tekniska renoveringsåtgärder – öppna spalter och helt öppna luckor.

2.2.3.2 Resultat

Den totala energianvändningen före renovering var 119 kWh/m^2 år för medelåret och 106 kWh/m^2 år för 2014 (hämtat från mätdata och ej simuleringar). Det fall vars simulering gav ett resultat närmst var fall 5, med en energianvändning på 107 kWh/m^2 år. Skillnaden mellan fall 1 och fall 2, det vill säga skillnaden mellan de två extremfallen var 85 kWh/m^2 år. En av lägenheterna där inomhusklimatet undersöktes, var skillnaden mellan uteluftsflödet för fall 1 och fall 2, $1,7 \text{ l/s m}^2$.

I Tabell 1 tagen från rapporten redovisas skillnader i energianvändning mellan de olika simuleringsfall som är jämförelsebara. Renoveringsåtgärderna ska enligt den utredning som genomfördes innan renovering minska energianvändningen med cirka 30%. Fall 4, det vill säga grundfallet (då $0,35 \text{ l/s m}^2$ uppfylls i uteluftsflöde) beräknades i IDA ICE ha en total energianvändning på 77 kWh/m^2 . Vid analys av inomhusklimatet konstateras att i fall 3, när endast spaltventilerna var öppna klarar de lägenheter med ventiler i fler rum än endast ett sovrum av kravet på $0,35 \text{ l/s m}^2$. Fall 2 efter renovering kan jämföras med fall 2 före renovering, vars luftflöde också klarar kravet från BBR. Efter renovering har den totala energianvändningen minskat med 33 kWh/m^2 .

Tabell 1. Beräknad energianvändning före och efter renovering (Alla FF-fall är före och alla FE-fall är efter renoveringen) (Magnusson & Sellin, 2018).

Fall	Total energi-användning (kWh/m ² År)	Förändring (kWh/m ² År)	Procentuell förändring (%)
FF1 – Maximal ventilation	182	74	41
FE5 – Efter renovering – Maximal ventilation	108		
FF2 – Minimal ventilation	98	32	33
FE2 – Efter renovering – Minimal ventilation	66		
FF5 – Grundfall – 10 % öppningsgrad i norr 5 % i söder	107	30	28
FE4 – Grundfall renovering – 10 % öppningsgrad i norr	77		

En känslighetsanalys bestående av fem olika simuleringsfall genomfördes för att kontrollera hur modellen reagerade på förändring av olika parametrar. Det som undersöktes i de olika fallen var:

1. Öppna och stängda innerdörrar före renovering.
2. Värmeåtervinning av frånluft.
3. Inomhustemperatur.
4. Olika årsklimat före renovering.
5. Vädring genom balkongdörr

Känslighetsanalysen visade att alla parametrar som testades hade en påverkan på energianvändningen. Med innerdörrar öppna blev luftombytet större och därmed energianvändningen högre. Värmeåtervinning av frånluft kan vid en verkningsgrad på 85% ge en besparing på 20,3 kWh/m². En höjning av inomhustemperatur med en grad gav en 7 kWh/m² högre energianvändning. Det kan skilja sig en del mellan energianvändningen för olika år. År 2013 låg det på 119 kWh/m² och 2014 på 108 kWh/m². För normalåret landade det på 114 kWh/m². Genom att vädra med balkongdörren kan en betydligt högre energianvändning fås, att vädra med balkongdörren öppen 2 timmar per dygn, med en öppningsgrad på 20% ger en extra energiförbrukning på 19,5 kWh/m² (före renovering) och 21 kWh/m² (efter renovering).

Slutsatsen som drogs var att de boendes beteenden påverkar energianvändning. Maximalt kan en brukare påverka energianvändningen med 85 kWh/m² (per lägenhet) före renovering och 41 kWh/m² efter renovering. Brukarbeteenden påverkar även inomhusklimatet i lägenheterna, då de öppningsbara luckorna är en del av byggnadens ventilationssystem. Resultatet tyder på att hur brukare betar sig kan påverka den totala energianvändningen för ett flerbostadshus lika mycket som att utföra tekniska renoveringsåtgärder på lägenhetsnivå. Renoveringen gav en skillnad på 21% och de boendes beteenden bedömdes kunna ge en skillnad på 9-12% på husnivå.

2.2.4 Vädringsvanor och energiberäkningar

Ett examensarbete skrivet av Samuel Bergvall och Adrian Creps på Linnéuniversitetet, institutionen för byggd miljö och energiteknik 2020. Rapportens fokus låg på att undersöka vädringsrelaterade beteenden och hur dessa i sin tur påverkar byggnaders energianvändning. Fyra vädringstillägg för energianvändning togs fram för lägenhetsbyggnad med frånluftventilation samt FTX-ventilation och för småhus med frånluftventilation samt FTX-ventilation. Resultatet jämfördes med Svebys rekommendation på ett tillägg på 4 kWh/m².

2.2.4.1 Metod

Examensarbetets metod var uppdelad i två olika delar. En del med enkätundersökning genomfördes kopplad till vädringsvanor och en del med beräkningar för att ta fram primärenergital. Enkätens målgrupp var privata hushåll i Sverige. Den kvantitativa enkätmetoden var baserad på tidigare studier där liknande upplägg har använts för liknande frågeställningar. Vid framtagandet av enkätfrågor genomfördes en så kallad pilotstudie med 13 hushåll. Utifrån dessa svar modifierades enkäten och de slutgiltiga frågorna och svarsalternativen togs fram. Det genomfördes även ett mindre antal intervjuer i Växjö stad, vars resultat sammanställes tillsammans med enkätsvaren.

Delen med teoretiska beräkningar baserades på ekvationer som Birgitta Nordquist, universitetslektor vid avdelningen för installations- och klimatiseringslära på Lunds universitet sammanställt. Beräkningarna gav ett ökat luftflöde till följd av vädringarna. Flödet beräknades för månaderna september till april.

Energipåslaget till följd av de ökade luftflödena beräknades med programmet VIP-Energy. Tolv fall med de fyra olika scenariona som grund beräknades. För varje scenario beräknades tre olika fall, två extremfall och ett normalfall, medelvärdet av detta användes sedan. Resultatet utmynnade i nya tillägg gällande vädring för de fyra scenarierna.

2.2.4.2 Resultat

Antalet svar som samlades in var 308, av de svarande var 42% bosatta i Växjö. Majoriteten bodde i flerbostadshus. Resultatet visade att i lägenheter bodde de flesta ensamma i bostaden, 42% vädrade dagligen eller nästan dagligen mellan september och april, det vanligaste var att vädra i några timmar med en öppning på 3-9 centimeter och att endast öppna ett fönster åt gången. Majoriteten som besvarade enkäten hade en så kallad varmhya, där värme ingick i hyran. I småhus var det vanligast med fyra personer i hushållet, 38 % vädrade dagligen eller nästan varje dag (september till april). När vädring skedde i småhusen var det oftast öppet i några timmar eller korsdrag i några minuter. Resultatet visade att antingen öppnar man 10-20 centimeter eller har det helt öppet, och öppnar ett eller två fönster.

I studien jämfördes småhus med flerbostadshus. I småhus var det vanligare att man vädrade med större öppning. Det var även vanligare för boende i småhus att sällan eller aldrig vädra, jämfört med boende i lägenheter i flerbostadshus. Detta trots att det var ungefär lika stor procent som vädrade varje dag eller nästan varje dag. Den största skillnaden var att majoriteten av de boende i småhus stod för värmekostnaden medan det för

de boende i flerbostadshus ofta ingick i hyran. Detta kan resultera i att man som boende i småhus är mer mån om att dra ner på kostnaden för uppvärmning och således vädrar mindre. I Tabell 2 presenteras det beräknade medelvärdet från rapporten för småhus respektive lägenhet.

Tabell 2. Svar från enkät (Bergvall & Creps, 2020).

	Småhus	Lägenhet
Medelvärdet för hur många som bor i hushållet	3,2	1,5
Medelvärdet för hur många dagar i månaden hushållet vädras	8,7 dagar i månaden	12,7 dagar i månaden
Medelvärdet för antal timmar det vädras per dygn	5,1 timmar per dygn	6,8 timmar per dygn
Medelvärde för hur mycket fönstret/dörren är öppna i cm	33 cm	26 cm
Medelvärde för antal fönster som är öppna åt gången	1,9	1,6

I Tabell 3 tagen från rapporten presenteras de beräknade schablontilläggen. Slutsatsen som drogs från detta resultat var att Svebys rekommenderade tillägg inte är anpassat efter alla byggnadstyper och ventilationssystem. Vädringstillägget skulle behöva anpassas utefter byggnadens egenskaper.

Tabell 3. Studiens beräknade schablontillägg för vädring (Bergvall & Creps, 2020).

<i>Scenario</i>	<i>Schablontillägg</i>
1. Lägenhetsbyggnad med F-ventilation	4 kWh/m ²
2. Lägenhetsbyggnad med FTX-ventilation	4,5 kWh/m ²
3. Småhusbyggnad med F-ventilation	0,5 kWh/m ²
4. Småhusbyggnad med FTX-ventilation	1,5 kWh/m ²

3 Fallstudie – Beskrivning och metod

Fallstudien behandlar flerbostadshus i Lund, Linero. Detta kapitel kommer först beskriva byggnaden och dess egenskaper närmre. Data som användes i fallstudien hämtades från arbetsmaterial från forskningsprojektet PEIRE, som beskrivs mer ingående nedan. Fallstudien har delats upp i två steg. Den första delen avser behandling och sammanställning av värdringsdata från PEIRE och den andra delen energiberäkning som baseras på resultat från sammanställningen.

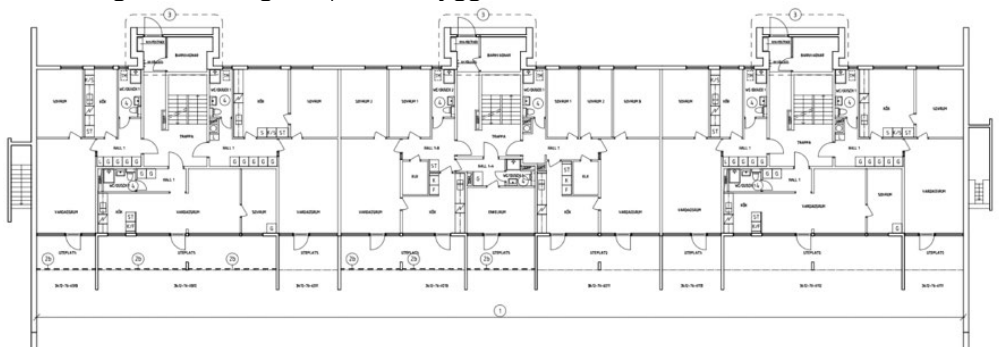
3.1 PEIRE

PEIRE var ett forskningsprojekt som står för People – Environment – Indoor – Renovation – Energy. Studien fokuserade på god inomhusmiljö för de boende samt på energieffektivitet. Vidare var den energieffektiva aspekten kopplat till renovering av flerbostadshus. Projektet genomfördes för ett bostadsområde i Lund, Linero byggt på 60-talet. Området omfattade 14 byggnader med tre våningar, totalt 323 lägenheter. Två studier genomfördes inom projektet, ”Samverkan energisystem, inomhusmiljö och hyresgäster” och ”Hållbar inomhusmiljö i flerbostadshus efter renovering”. Projektet är finansierat av Energimyndigheten och forskningsrådet Formas. Detta examensarbete bygger vidare på Magnussons, Sellins arbete (2018) som också är kopplat till PEIRE.

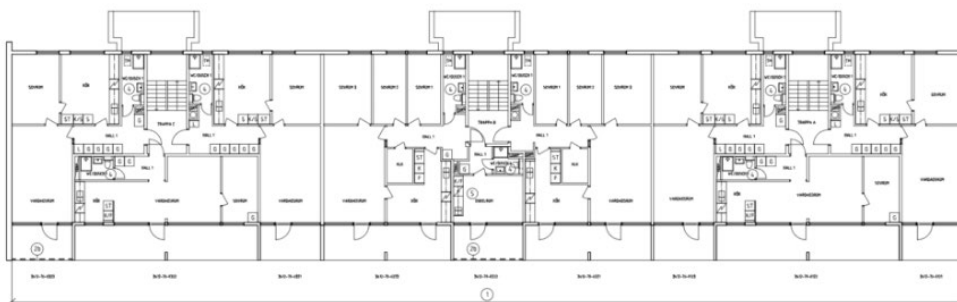
3.2 Kvarteret Eddan

Fallstudiens hus är den del av kvarteret Eddan som var det området som studerades i PEIRE. Nedan följer en beskrivning av byggnaderna och dess egenskaper som till exempel installationssystemet.

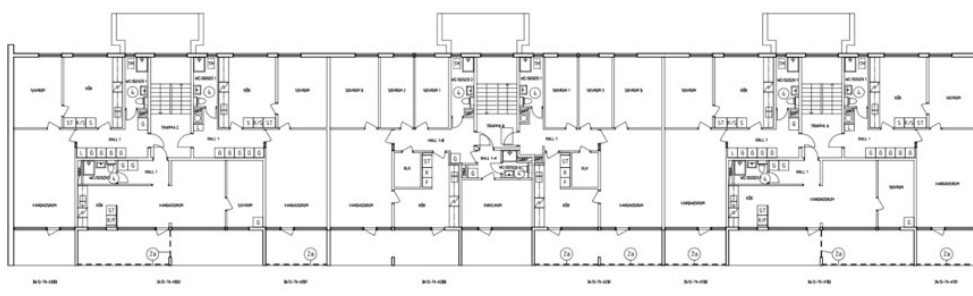
Området byggdes mellan 1969-1972 och var en del av det så kallade miljonprogrammet och består av 14 byggnader. De studerade byggnaderna ägs och förvaltas av LKF (Lunds Kommuns Fastighets AB). Byggnaderna är av typen lamellhus med tre våningsplan plus källare i betong med utfackningsväggar i trä. Totalt rymmer huset 25 lägenheter placerade i tre trapphus. Majoriteten av lägenheterna har tillgång till balkong eller uteplats. Av det 25 lägenheterna är 7 stycken 1:or, 12 stycken 2:03, 1 styck 3:a, 4 stycken 4:or och 1 styck 5:a. Figur 3 visar planlösningen för plan 1, Figur 4 för plan 2 och Figur 5 för plan 3. En genomsnittlig A_{temp} för en byggnad i kvarter Eddan är 2558 m².



Figur 3. Planritning plan 1.



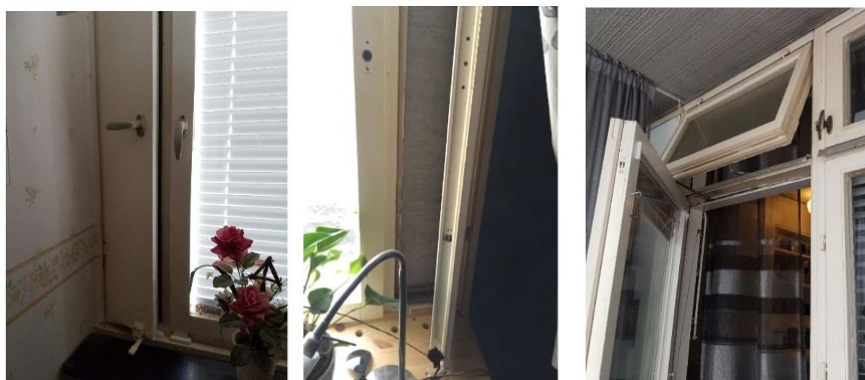
Figur 4. Planritning plan 2.



Figur 5. Planritning plan 3.

Renovering genomfördes mellan 2017 och 2018, med syftet att göra området mer energieffektivt. Fönster och fönsterdörrar till balkongen byttes ut i söder på plan 1 och plan 2. Konstruktionen för utfackningsväggar på söderfasaden gjordes mer energieffektiv och vindsbjälklagets tilläggsisolerades. Ventilationssystemet i byggnaden (mekanisk frånluftventilation) förbättrades och balanserades, bland annat genom installation av spaltventiler. Fjärrvärmesystemet för området förbättrades genom ombyggnad, detta för att motverka värmeförluster. För att reducera varmvattenanvändningen ersattes badkar med dusch. Mer energieffektiv belysning installerades.

Ventilationssystemet är mekanisk frånluft, med frånluftsdon i kök och badrum. Uteluftsflödet var före renoveringen tänkt att ske genom ventilationsluckor placerade bredvid fönster i sovrum och via små fönster ovan balkongdörr i vardagsrum, se Figur 6. Efter renoveringen har en skåra sågats upp i ventilationsluckorna i sovrummen för att möjliggöra ett mellanläge på öppningsgraden. Fönstret i vardagsrummet ovan balkongdörr har satts igen och ersatts med en ventil ovan fönster, se Figur 7. Dessa fönster eller ventilationsluckor som benämns "Vent Vardagsrum i tabellerna" i avsnitt 4.1 fanns alltså bara under första mätperioden 2017. De fanns inte 2018 och 2019 då de hade bytts ut mot ventiler placerade ovan fönster. Frånluftsflödena i kök och badrum har balanserats in under renoveringen.



Figur 6. Bilder från före renovering – ventilationsluckor och fönster ovan balkongdörr (Magnusson & Sellin, 2018).



Figur 7. Bilder från efter renovering – skåra i ventilationsluckor och ventil ovan balkongdörr (Magnusson & Sellin, 2018).

3.3 Vädringsdata

Detta underkapitel behandlar det arbete som utförts gällande sammanställning av vädringsdata. Datan är hämtad från mätningar som registrerat tidpunkt som respektive öppning har öppnats respektive stängts och som genomförts i PEIRE. Mätningarna har skett genom att magneter placeras i öppningar så som fönster, dörrar och ventilationsluckor. Magneterna registrerade varje öppning och stängning. Dessa har anslutits till ett system kallat ADS (activity detection system). Systemet har utvecklats av Günter Alce, Jonas Borell och Hector Caltenco vid institutionen för Designvetenskaper vid LTH (PEIRE, 2020). Systemet har loggat och samlat in brukarnas interaktion med bland annat fönster, ventilationsluckor och balkongdörrar. Materialet var samlat i en Excel-fil. I rapporten har dessa öppningar sammanställts och bearbetats genom beräkning av öppen vädringstid, samt dokumentation gällande när det har skett på dygnet. Således kan inte bara total vädringstid beräknas utan även hur många vädringar som sker per dygn och hur lång en vädring är. År 2017 till 2018 utfördes som tidigare nämnt en renovering. Den insamlade

data för 2017 är därmed från innan renovering. Totalt har 3 mätperioder samlats in 2017 (före), 2018 och 2019 (efter) i huvudsak under vinterförhållanden.

Mätningarna har skett i totalt 12 lägenheter, 10 stycken vid respektive mätomgång. Några av de boende valde att inte delta vid alla tre mätomgångarna och då har andra lägenheter tillkommit. Av dessa 12 lägenheter är åtta belägna i samma byggnad, två i en byggnad, en lägenhet i en tredje byggnad och en lägenhet i en fjärde. Lägenheterna hade olika långa mätperioder, längden för var år och var lägenhet presenteras i Tabell 4. För ett antal lägenheter skiljer antal dagar av mätperioder för olika fönster/dörrar, i Tabell 4 nämns den mätperiod som är längst. Detta kan bero på ett flertal orsaker, till exempel att utrustningen slutat fungera eller krånglat. Se Tabell 5 för information gällande när på året mätningarna genomförs.

Tabell 4. Mätperiod [dygn].

Lägenhet	2017	2018	2019
1	24	28	104
2	22	25	18
3	38	31	41
4	27	30	35
5	26	36	140
6	26	27	-
7	38	25	30
8	58	28	53
9	19	-	83
10	34	-	-
11	-	27	-
12	-	-	105

Tabell 5. Mätperiod.

Lägenhet	2017	2018	2019
1	jan-feb	jan-feb	mars-juni
2	feb	feb-mars	jan-feb
3	jan-mars	jan-feb	dec-jan
4	feb-mars	mars-april	feb-mars
5	feb-mars	mars-april	feb-juli
6	feb-mars	feb-mars	-
7	mars-april	feb-mars	jan-feb
8	mars-maj	feb-mars	dec-jan
9	mars-april	-	feb-maj
10	mars-april	-	-
11	-	mars-april	-
12	-	-	mars-juni

Ytterdörren tas inte med i sammanställningen då den endast har använts för att gå ut och gå in, inte i vädringssyfte. Detta antagandes baseras på att data visar att den endast öppnades några sekunder åt gången. Se Figur 8 för utdrag från Excels-fil för vilka registrerade öppningar som tas med i urvalet, de som används markeras med ”✓”. I filen finns även mätningar gällande rörelse, temperatur och relativ fuktighet, som inte använts i detta arbete.

[x] is the order of the measurements			
A[x]-B-W1	'Bathroom'	Upper Window	✓
A[x]-B-W2	'Bathroom'	Lower Window	✓
A[x]-B-TH	'Bathroom'	Temperature/Humidity	
A[x]-H-M	'Hall'	Motion	
A[x]-H-D	'Hall'	Entrance door	
A[x]-K-M	'Kitchen'	Motion	
A[x]-K-D/W1	'Kitchen'	Door/Left-window	✓
A[x]-K-V/W2	'Kitchen'	Vent/Right-window	✓
A[x]-K-E	'Kitchen'	Extractor	
A[x]-K-TH	'Kitchen'	Temperature/Humidity	
A[x]-K-TO	'Kitchen'	Temperature sink	
A[x]-L-M	'Livingroom'	Motion	
A[x]-L-D	'Livingroom'	Balcony Door	✓
A[x]-L-V	'Livingroom'	Window/Vent	✓
A[x]-L-TH	'Livingroom'	Temperature/Humidity	
A[x]-O-T	'Outside'	Temperature	
A[x]-S1-W	'Sleepingroom 1'	Window	✓
A[x]-S1-V	'Sleepingroom 1'	Vent	✓
A[x]-S2-W	'Sleepingroom 2'	Window	✓
A[x]-S2-V	'Sleepingroom 2'	Vent	✓
A[x]-S3-W	'Sleepingroom 3'	Window	✓
A[x]-S3-V	'Sleepingroom 3'	Vent	✓
A[x]-B-SP	'Bathroom'	Window, extra	

Figur 8. Utdrag ur Excel-fil.

Figur 9 ses ett utdrag från Excel-filen med mätvärden, värdet 1 symboliserar öppning och värdet 2 symboliserar stängning. I Figur 10 ses ett utdrag av samma öppningar i filen där sammanställning har gjorts i detta exjobb.

datetime	id	name	datatype	value	duration
2019-02-05 09:00	6	A6-K-D/W1		3	2
2019-02-07 18:41	6	A6-K-D/W1		3	1 57:41:24
2019-02-07 19:03	6	A6-K-D/W1		3	2 00:21:51
2019-02-08 19:30	6	A6-K-D/W1		3	1 24:27:40
2019-02-08 19:52	6	A6-K-D/W1		3	2 00:21:15
2019-02-10 18:39	6	A6-K-D/W1		3	1 46:47:17
2019-02-10 18:55	6	A6-K-D/W1		3	2 00:15:37
2019-02-14 14:08	6	A6-K-D/W1		3	1 91:13:23
2019-02-14 14:32	6	A6-K-D/W1		3	2 00:23:59
2019-03-10 19:31	6	A6-K-D/W1		3	1 580:59:18
2019-03-10 20:20	6	A6-K-D/W1		3	2 00:48:46

Figur 9. Utdrag från Excel-fil med mätdata från PEIRE.

Datum	A6-K-D/W1 Från	'Kitchen' Till	Vent/Right-window Tid	
05-feb			00:00	
				00:00
06-feb			00:00	
				00:00
07-feb	18:41	19:03	00:22	
				00:22
08-feb	19:30	19:52	00:22	
				00:22
09-feb			00:00	
				00:00
10-feb	18:39	18:55	00:16	
				00:16
11-feb	17:07	17:28	00:21	
				00:21
12-feb			00:00	
				00:00
13-feb			00:00	
				00:00
14-feb	14:08	14:32	00:24	
				00:24
15-feb			00:00	

Figur 10. Utdrag från Excel-fil med sammanställning, för dygn då det inte sker någon vädring skrivs 00:00 in..

De vädringar som är under 1 min långa avrundas uppåt och antas vara i 1 min. I sammanställningen tas sekunder ej med i beaktning, utan tiden avrundas uppåt till minuter. Se Figur 11 för ett exempel, utdraget från filen visar att vädringen pågick i 42 sekunder, men avrundas upp till 1 min.

Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus

2019-03-13 17:42	9 A10-L-D	3	1 00:35:13
2019-03-13 17:43	9 A10-L-D	3	2 00:00:42

Figur 11. Utdrag från Excel-fil med exempelvädning kortare än 1 minut.

I de fall datan visade att två öppningar eller stängningar skedde efter varandra antogs det vara en felindikation och togs inte med i sammanställning. I de fall flera öppningar följdes av en stängning antogs den sista öppningen gälla. Vidare, om en öppning efterföljdes av flera stängningar, antogs den första stängningen gälla. I Figur 12 ses ett exempel på två öppningar som skett efter varandra, där den valda ringats in med blå färg. Se Figur 13 för utdrag ur fil där två stängningar sker efter varandra, den som markerats med blå omringande är den som använts.

2019-02-15 08:35	3 A7-K-D/W1	3	1 00:03:14
2019-02-15 11:05	3 A7-K-D/W1	3	1 02:29:49
2019-02-15 11:09	3 A7-K-D/W1	3	2 00:04:09

Figur 12. Utdrag från Excel-fil, två öppningar efter varandra.

2019-02-14 12:32	3 A7-K-D/W1	3	1 00:14:38
2019-02-14 12:32	3 A7-K-D/W1	3	2 00:00:04
2019-02-14 12:35	3 A7-K-D/W1	3	2 00:02:10

Figur 13. Utdrag från Excel-fil, två stängningar efter varandra.

3.3.1 Vädringstid

För varje lägenhet presenteras två värden. Ett som visar medelvärde av vädringstiden per dygn och ett som visar medelvärdet av en vädring. Detta görs för varje vädringsställe, det vill säga varje fönster/balkongdörr/ventilationslucka, se ekvation 3 nedan. Vädringstiden för varje öppning summeras mätperiodsvis, sedan beräknas medelvärdet av den totala tiden det vädras för de tre åren, se andra ekvationen nedan. De summerade värdena för total vädringstid årsvis viktas lika trots olika långa mätperioder. Anledningen till detta är för att ha ett värde som går att jämföra mellan alla lägenheter, detta värde ligger som grund för indelningen som genomfördes efter sammanställning. Med andra ord är det totala värdet "total vädringstid" mer ett kriterium för indelning av hur mycket man vädrar. Detta mått med summerade vädringstider för alla öppningar visar inte total verklig öppningstid (som kan ha varit kortare), flera öppningar kan ha varit öppna samtidigt. Det används som mått för att fånga upp både öppningstid för en enskild öppning och omfattningen av öppning i form av antal öppna öppningar. Ju fler öppningar som är öppna desto längre blir denna beräknade vädringstid. Detta görs för att sedan kunna dela in i olika undergrupper, lägenheter som vädrar länge och med flera öppningar respektive kort och med få.

$$\text{Medelvärde öppningstid per dygn} = \frac{\text{total öppningstid för en öppning under mätperiod}}{\text{antal dygn under mätperiod}} \quad [\text{tt:mm}] \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Medelvärde av total vädringstid per lgh} &= \\ &= \frac{\text{summa av alla medelvärden öppningstid per dygn}}{\text{antal mätår}} \quad [\text{tt:mm}] \quad (4) \end{aligned}$$

Det beräknade medelvärdet av öppningstiden per dygn för en öppning beräknas i ekvation 3. Medelvärdet för total vädringstid för alla öppningar i en lägenhet beräknas med ekvation 4. Alla öppningars medel-vädringstid summeras här.

Det andra värdet som presenteras för vardera öppning (fönster/balkongdörr/ventilationslucka) är medelvärdet av en vädring, det vill säga hur lång en vädring är. För beräkning, se ekvation 5 nedan. Värdet ger möjlighet att beräkna hur många vädringar som i genomsnitt görs per dygn, se ekvation 6.

$$\text{Medelvärde öppn. tid för en vädring} = \frac{\text{total öppningstid för en öppning under mätperioden}}{\text{antal öppningar}} \quad [\text{tt:mm}] \quad (5)$$

$$\text{Genomsnittligt antal öppningar per dygn} = \frac{\text{antal öppningar}}{\text{antal mätta dygn}} = \frac{\text{medelvärde för en vädring}}{\text{medelvärde per dygn}} \quad (6)$$

När detta har genomförts för alla de 12 lägenheterna som mätdata finns för görs en indelning i olika grupper, beroende på hur mycket man vädrar. Intervallen för gruppindelningen väljs utifrån de verkliga uppmätta vädringstiderna.

3.3.2 Tidpunkt under dygn

För somliga fönster/dörrar gjordes en djupare analys av när vädringarna sker. Analysen gjordes för ett fönster i badrummet (det övre), balkongdörren och ventilationsluckan i det största (så kallad Master) sovrummet då mätvärdena ger möjlighet för detta. För att analysen ska kunna genomföras behöver tillräckligt många vädringar ske, ett minimum sätts till tre vädringar per mätperiod. Somliga lägenheter har flera balkongdörrar, för dessa gjordes en bedömning av vilken som användes mest och för den gjordes en analys. Uppdelning av dygnet görs i perioderna morgon, förmiddag, eftermiddag, kväll och natt. När vädringarna skett på dygnet har bestämts okulärt i Excel-fil med sammanställning. Vilken tidsindelning som gjorts och vilka tider de olika perioderna innefattar redovisas nedan.

- Morgon: 06:00 – 10:00
- Förmiddag: 10:00 – 12:00
- Eftermiddag: 12:00 – 18:00
- Kväll: 18:00 – 22:00
- Natt: 22:00 – 06:00

När vädringen sker baserades på när fönstret eller dörren öppnas, se Figur 14 för exempel. Öppningen som visualiseras i figuren markeras som morgon då öppnandet sker under denna period, trots att vädring sker under flera tidsperioder. Undantaget då vädring sker under hela natten eller i flera dygn, se Figur 15 för exempel. I figuren ses en vädring vars öppning sker på kvällen men vädringen sker under hela natten och markeras därmed som nattvädring.

				00:23
07-mars	08:48	19:16	10:28	
				10:28

Figur 14. Utdrag ur Excel-fil, exempel på morgonvädring.

08-feb	00:00	06:55	06:55	
	21:34	00:00	02:26	
				09:21
09-feb	00:00	08:41	08:41	
	21:39	00:00	02:21	
				11:02

Figur 15. Utdrag ur Excel-fil, exempel på nattvädring.

3.3.3 Resultat

Resultaten redovisas lägenhet för lägenhet. Om ingen registrering förekommit för en enskild öppning under en viss mätperiod redovisas detta som ett streck i tabellerna. De ventilationsluckor som benämns ”Vent Vardagsrum i tabellerna” fanns bara under första mätperioden 2017. De fanns inte 2018 och 2019 då de hade bytts ut mot ventiler placerade ovan fönster. Se även Figur 9 och 10. De har därför även streck för 2018 och 2019. I diagrammen där fördelningen över dygnet redovisas är enheten på y-axeln procent (%) av totalt antal vädringar. Antal vädringar som sker under en dygnsperiod (till exempel morgon) divideras med totalt antal vädringar för hela mätperioden, se ekvation 7. De olika öppningarna har delats in i två grupper, de som kallas vent, vilka är de öppningar som ingår i ventilationssystemet och de som benämns som ”onödig vädring”. Vent bör vara öppna för att uteluftsflödet ska kunna tillföras och ventilationssystemet ska fungera som planerat. Övriga öppningar är fönster och balkongdörrar vilka inte ska behöva vara öppna generellt om ventilationssystemet fungerar som avsett, därmed ”onödig vädring”.

$$\text{procent (\%)} \text{ vädringar under en tidsperiod} = \frac{\text{antal vädringar under tidsperioden}}{\text{totalt antal vädringar under mätperioden}} \quad (7)$$

3.4 Energisimulering

Detta kapitel behandlar det arbete som har utförts kopplat till energisimuleringarna. Inledningsvis beskrivs det program som använts samt de modifikationer som gjorts för att passa detta arbete. Vidare kommer en genomgång av framtagna vädringsscheman, baserat på vädringsdata och de olika gruppindelningarna. Efter detta beskrivs de olika simuleringsfallen som använts.

Programmet som använts är IDA Indoor Climate and Energy, ofta förkortat IDA ICE. Det är ett simuleringsverktyg som kan studera en byggnads inomhusklimat samt energiförbrukning (EQUA, u.å.). I IDA ICE byggs en modell av byggnaden som ska studeras. I modellen ingår bland annat klimatskal, ventilation, klimat och närliggande miljö.

I detta arbete har en tidigare framtagna modell använts, där varje rum utgör en egen zon, vilket möjliggör att det är möjligt att få fram bland annat flöden i enskilda rum. Modellen utgör en "samlad" byggnad som motsvarar byggnaderna i kvarteret Eddan. 50% av balkongerna i modellen antas vara inglasade. Den hämtas från ett arbete som genomförts av Sellin och Magnusson (2018), mer om detta arbete kan läsas i kapitel 2.2.3. Modellen är validerad mot verklig uppmätt energianvändning. Modellens klimatfil ändrades till Sverige, Malmö, Sturup som hade klimatvärden för år 2017. Platsen ändrades också till Sverige, Malmö, Sturup för att stämma överens med klimatfilen. Utöver detta ändrades endast vädringsscheman för fönster och dörrar i klimatskalet. Vidare antogs även en öppningsprocent för balkongdörrar, fönster och ventilationsluckor. Hur stor öppningsprocent, som antogs vara rimlig vid vädring, togs fram i samråd med handledare och examinator. Öppningar modelleras i IDA ICE genom att ange en öppningsandel, det vill säga % av den totalt möjliga öppningsarean.

De olika vädringsöppningarna har även en angiven maximal relativ öppning, då det inte är möjligt för alla öppningar att vara helt öppna. Detta är värden som redan fanns angivna i modellen och har ej modifierats.

- Balkongdörr: max relativ bredd=100%; max relativ höjd=100%
- Fönster: max relativ bredd=100%; max relativ höjd=100%
- Vädringsfönster ovan balkongdörr= max relativ bredd=90%; max relativ höjd=90%
- Ventilationslucka: max relativ bredd=50%; max relativ höjd=90%

I IDA ICE anges öppningsandel, då alla typer av öppningar inte kan öppnas fullständigt (max relativ bredd och höjd mindre än 100%) beräknas öppningens procentuella storlek nedan.

- Balkongdörrar: 30% - öppningsarea andel av hela öppningen $(1*1)*0,3= 0,3$
- Fönster: 10% - öppningsarea andel av hela öppningen $(1*1)*0,1= 0,1$
- Vädringsfönster ovan balkongdörr 30% - öppningsarea andel av hela öppningen $(0,9*0,9)*0,3= 0,3$
- Ventilationslucka: 100% - öppningsarea andel av hela öppningen $(0,5*0,9)*1,0= 0,45$

3.4.1 Scheman

Vädringsscheman tas fram för respektive vädringsgrupp. Först beräknas ett medelvärde för varje öppning (fönster/dörr/vent). Vidare tas dygnsfördelningen av vädringarna fram, gällande när på dygnet de boende öppnat fönstret, dörren eller ventilationsluckan. Dessa procent multipliceras med medelvärdet per öppning för att få fram hur lång tid det är öppet på morgonen, förmiddagen, eftermiddagen och natten. Procenten tas fram för fönster i badrum, balkongdörr och ventilationslucka i sovrum. Då dygnsfördelning endast tas fram för tre öppningar per lägenhet görs antagande att de båda fönsterna i badrummet följer samma dygnsfördelning, men endast ett är öppet åt gången. Det antas även att alla fönster, dörrar och ventilationsfönster/luckor i kök och vardagsrum följer samma dygnsfördelning som balkongdörren. Sist antas att alla fönster och ventilationsluckor placerade i sovrum följer samma dygnsfördelning som ventilationsluckan i huvudsovrummet. För ventilationslucka i sovrum finns ”flera dygn” med som alternativ i dygnsfördelningen. Vid energiberäkning adderas denna procent med den del som sker under natten. För att tydliggöra, dessa antaganden görs endast gällande dygnsfördelningen och inte vädringstid per dygn. De fönster, balkongdörrar eller ventilationsluckor som existerar i byggnaden men inte har någon mätdata hålls stängda hela dygnet i modellen.

3.4.2 Simuleringsfall

Sju simuleringsfall ska genomföras i IDA ICE. Av dessa fall baseras sex av dem på gruppernas scheman. Det enda som förändras i de första sex fallen i IDA ICE-modellen är vädringsscheman. Det sjunde fallet är en känslighetsanalys. Byggnaden består som tidigare nämnt av 25 stycken lägenheter.

4 Resultat och analys

I detta kapitel presenteras resultatet för fallstudien. Resultatet delas upp i brukarbeteende kopplat till vädringsvanor och energianvändning. För de båda delkapitlen genomförs även analys och jämförelser.

4.1 Brukarbeteende – vädringsvanor

Resultatet för brukarbeteende kopplat till vädringsvanor delas in i två delar. Först presenteras resultatet för lägenheterna och sedan ett sammanställt resultat för byggnaden. I varje tabell presenteras vädringstiden i ”timmar:minuter”.

4.1.1 Lägenheter

Resultat presenteras nedan för de 12 lägenheter som ingår i fallstudien. En kort analys görs för varje lägenhet. Kapitlet avslutas med en sammanställning där lägenheterna delas in i grupper beroende på medelvärdet av deras totala vädringstid per mätperiod. För varje lägenhet presenteras en tabell med beräknade medelvärden. ”Medelvärde per dygn” i varje tabell beräknas med ekvation 3. ”Medelvärde för en vädring” beräknas enligt ekvation 5. dessa summeras sedan årsvis. Det fetmarkerade i raden ”totalt” är medelvärdet av total vädringstid för de tre åren (ekvation 4), och det som används som kriterium vid gruppindelning. De fönster eller ventilationsluckor som benämns ”Vent Vardagsrum” i följande tabeller fanns bara under första mätperioden 2017. De fanns inte 2018 och 2019 då de hade bytts ut mot ventiler placerade ovan fönster. Det som benämns som ”dörr” i tabeller och figurer nedan är balkongdörrar i lägenheterna.

4.1.1.1 Lägenhet 1

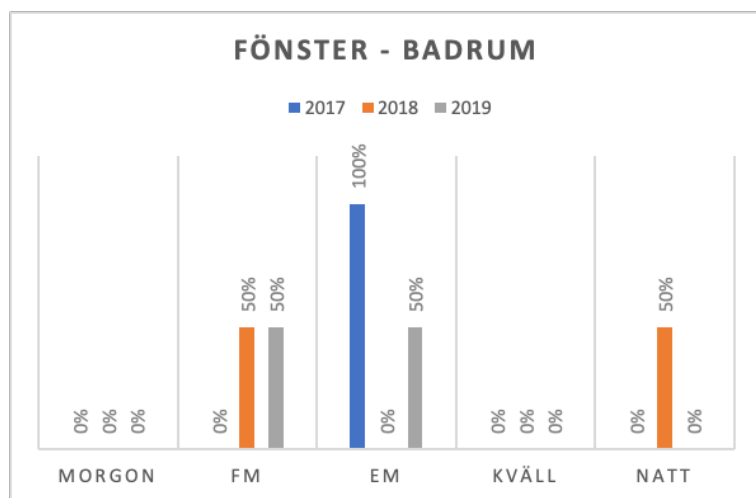
Lägenhet 1 har två rum och kök, och en golvarea på 65,4 m². Belägen på andra våningen med två vuxna som boende under de tre åren. Mellan 2018 och 2019 fick lägenheten nya hyresgäster. Insamlingen av data skedde 2017 och 2018 under vinterperioden medan mätperioden 2019 var betydligt längre och sträckte sig från mars till juni. I Tabell 6 presenteras medelvärden årsvis för att sedan summeras.

Tabell 6. Resultat lägenhet 1, vädringstid [timmar:minuter]

Öppning	Rum	Medelvärde per dygn (Ekv. 3)			Medelvärde för en vädring (Ekv. 5)		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent	Vardagsrum	06:22	-	-	07:00	-	-
Vent	Sovrum 1	01:55	22:31	09:36	10:12	120:07	44:28
Fönster uppe	Badrum	00:00	00:03	00:12	00:01	00:20	08:12
Fönster nere	Badrum	00:35	-	-	02:49	-	-
Dörr	Kök	-	-	00:00	-	-	00:00
Fönster	Kök	-	-	06:33	-	-	222:35
Dörr	Vardagsrum	00:57	01:44	01:15	00:25	00:42	00:04
Fönster	Sovrum 1	00:00	10:05	06:31	00:00	13:06	13:52
Totalt		09:49	34:23	24:07	22:46		

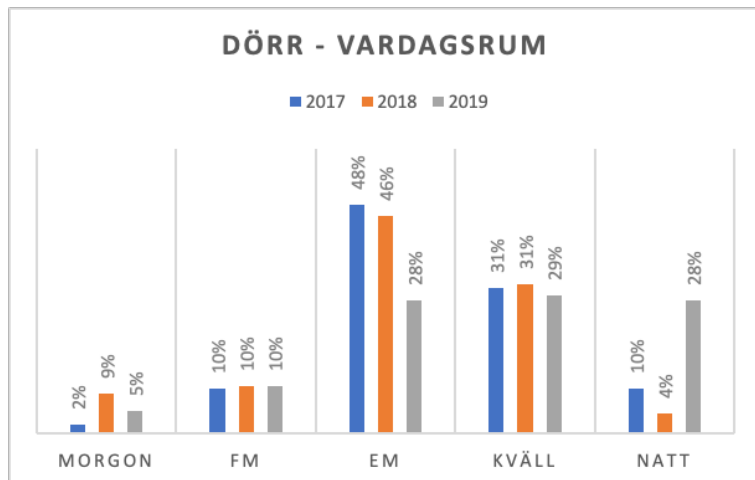
Fönstret i sovrummet hade en lång vädring 2019 som sträckte sig mellan maj och juni vilket påverkar resultatet avsevärt. Balkongdörren i vardagsrummet öppnades och stängdes 1871 gånger under mätperioden 2019 på 96 dagar, vilket resulterar i cirka 20 vädringar per dag. Dessa pågick i cirka 4 minuter. År 2017 och 2018 skedde cirka 2,5 vädringar per dygn, vilket är en anmärkningsvärd skillnad från resultatet 2019. Vädring med ventilationslucka/fönster i köket mättes endast 2019, medelvärdena baseras på endast en lång vädring som sträckte sig över 9 dygn.

I Figur 16 visualiseras när vädringarna i badrummet skedde för lägenhet 1. Resultatet är baserat på få vädringar, vilket bör beaktas. Under mätperioden 2017 skedde endast en kort vädring, under 2018 två vädringar med medelvärde på 20 minuter och under 2019 två längre vädringar.



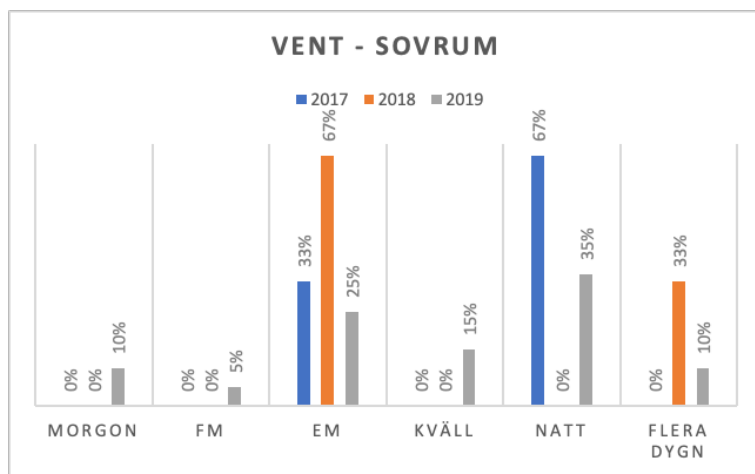
Figur 16. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 1.

Då det under 2019 som tidigare nämnt skedde 1871 vädringar under mätperiodens 104 dagar, gjordes en analys för var tionde dag, det vill säga för totalt 10 dagar. Således fås ett hyfsat rimligt resultat gällande när vädringarna sker, utan att all data analyseras. Vädringar från den 5 mars, 15 mars, 25 mars, 4 april, 14 april, 24 april, 4 maj, 14 maj, 24 maj och 3 juni utgör det som presenteras i Figur 17 för mätperioden 2019.



Figur 17. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 1.

Ventilationsluckan i sovrummet används endast tre gånger under mätperioden 2017 och 2018, medan värdena för 2019 baserades på 22 olika vädringar. Den vädringar som skedde under flera dygn 2018 pågick i cirka 15 dygn, och de 2019 i 1 dygn respektive 2 dygn. Se dygnsfördelningen i Figur 18.



Figur 18. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 1.

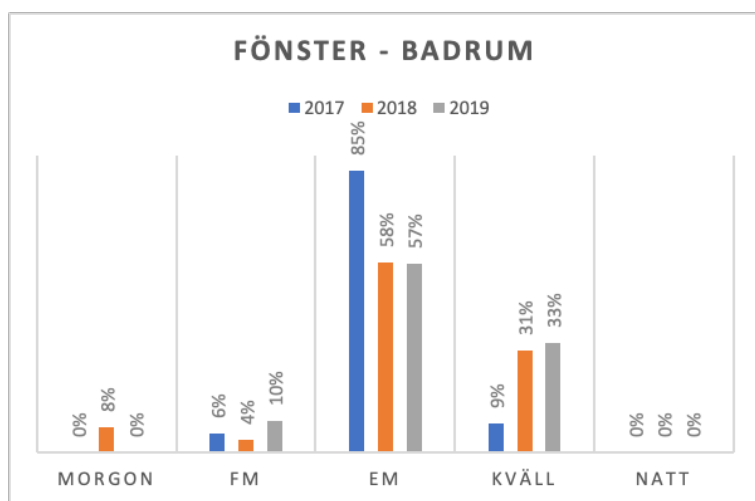
4.1.1.2 Lägenhet 2

Lägenheten har fyra rum och kök, varav tre är sovrum. Sovrum 3 är störst och antas vara huvudsovrum. Lägenheten är 86 m² och två vuxna bor i lägenheten. Data samlades in under vintern alla de tre åren (jan – mars). Resultat presenteras i Tabell 7. Den totala tid som det vädras under ett dygn är 34 timmar och 23 minuter. Resultat från 2018 visar betydligt lägre total vädringstid än de resterande åren. Skillnaden beror främst på att vädringsluckorna inte är öppna lika mycket det året jämfört med 2017 och 2019.

Tabell 7. Resultat lägenhet 2, vädringstid [timmar:minuter]

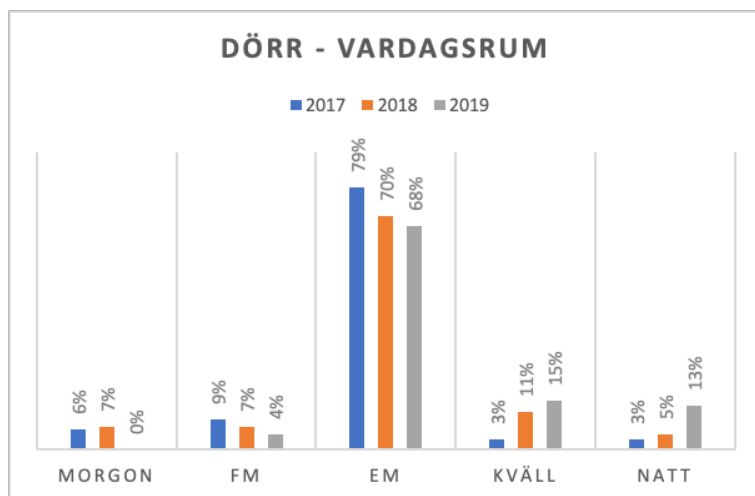
		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent	Vardagsrum	06:50	-	-	08:26	-	-
Vent	Sovrum 1	13:28	00:56	06:12	32:43	01:04	03:31
Vent	Sovrum 2	17:13	00:23	09:58	63:08	00:37	06:46
Vent	Sovrum 3	20:49	01:49	10:09	43:43	01:44	08:13
Fönster uppe	Badrum	01:17	00:19	01:23	00:50	00:19	01:07
Fönster nere	Badrum	00:08	-	-	00:19	-	-
Dörr	Kök	01:18	00:10	00:11	00:28	00:02	00:01
Fönster	Kök	04:42	-	-	08:13	-	-
Dörr	Vardagsrum	01:30	00:09	00:06	00:55	00:05	00:01
Fönster	Sovrum 1	-	00:04	00:03	-	00:08	00:12
Fönster	Sovrum 2	-	00:05	-	-	00:10	-
Fönster	Sovrum 3	-	00:02	03:55	-	00:09	09:31
Totalt		67:14	03:56	31:57	34:23		

I Figur 19 presenteras när vädringarna sker i badrummet. Detta fönster öppnas för det mesta på eftermiddagen, ungefär fyra gånger på tre dagar där vädringen varar i cirka 45 minuter. Medelvärdet för 2019 skiljer sig från de andra åren, både gällande totala tiden det vädras per dygn och för hur lång varje vädring är.



Figur 19. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 2.

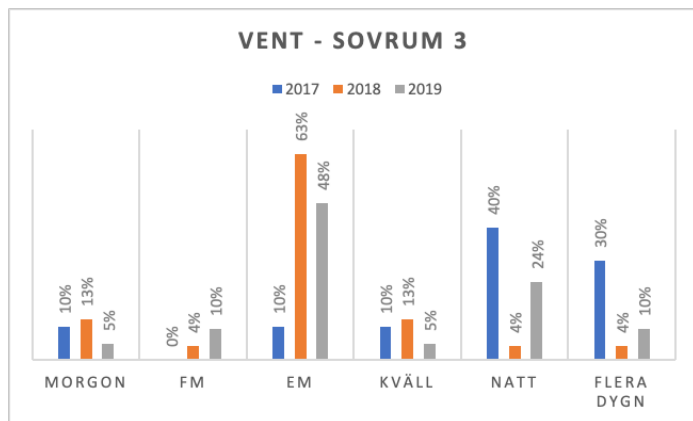
I Figur 20 ses hur vädringarna är fördelade över dygnet för balkongdörren i vardagsrummet. Precis som för fönstret i badrummet sker öppningarna främst på eftermiddagen. Under 2017 visar resultatet både längre tid med öppen balkongdörr per dygn och att de separata vädringarna är längre, jämfört med resultatet från 2018 och 2019.



Figur 20. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 2.

Sovrum 3 är huvudsovrummet i bostaden. Ungefär dubbelt så många vädringar skedde år 2018 och 2019 jämfört med 2017. Vädringarna 2017 var dock avsevärt längre än reserande, den längsta pågick i 6 dygn. De längre vädringarna 2018 och 2019 pågick i 1 dygn. I Figur 21 visualiseras när vädringarna ägde rum. Under 2018 och 2019 utmärker sig eftermiddagen som tid på dygnet när ventilationsluckan öppnas. Analys av vädringar från 2017 gav ett mer spritt resultat där det var vanligast att vädra under natten eller i

flera dygn. Vidare kan detta kopplas till att tiden för en medelvädning (se Tabell 7) är 32 timmar under 2017, således är det rimligt att vissa vädringar fortgår under flera dygn.



Figur 21. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 2.

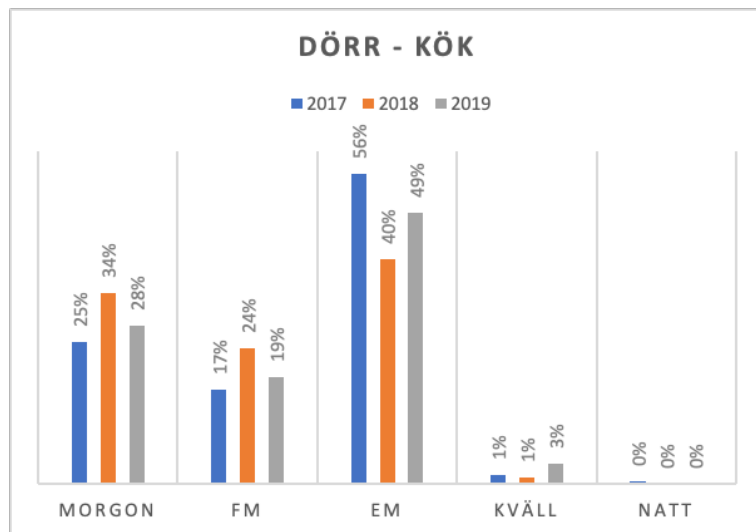
4.1.1.3 Lägenhet 3

Lägenhet 3 har fyra rum och kök. Tre sovrum, där sovrum 3 är huvudsovrummet. Lägenheten har en area på 96,8 m² med två vuxna som boende. Mätperioden sker under vintern alla tre åren. För 2019 sker mätningen från december 2018 till januari 2019, dock benämns denna period endast som 2019. I Tabell 8 framgår det att under 2017 gjordes mätningar på fler fönster och ventilationsluckor än för de följande åren. Medelvärdet för total vädringstid per år är 6 timmar och 48 minuter.

Tabell 8. Resultat lägenhet 3, vädringstid [timmar:minuter]

Öppning	Rum	Medelvärde per dygn				Medelvärde för en vädring		
		2017	2018	2019		2017	2018	2019
Vent	Vardagsrum	00:36	-	-		01:10	-	-
Vent	Sovrum 1	05:17	-	-		07:27	-	-
Vent	Sovrum 2	02:37	01:58	05:09		07:05	05:54	67:01
Vent	Sovrum 3	-	04:23	-		-	15:48	-
Fönster uppe	Badrum	00:00	00:01	-		00:05	00:04	-
Fönster nere	Badrum	00:00	-	-		00:09	-	-
Dörr	Kök	00:02	00:01	00:01		00:00	00:01	00:01
Fönster	Kök	00:05	-	-		00:43	-	-
Dörr	Vardagsrum	00:00	-	-		00:01	-	-
Fönster	Sovrum 1	00:13	-	-		08:23	-	-
Fönster	Sovrum 2	00:00	-	-		00:01	-	-
Fönster	Sovrum 3	-	-	-		-	-	-
Totalt		08:51	06:23	05:10	06:48			

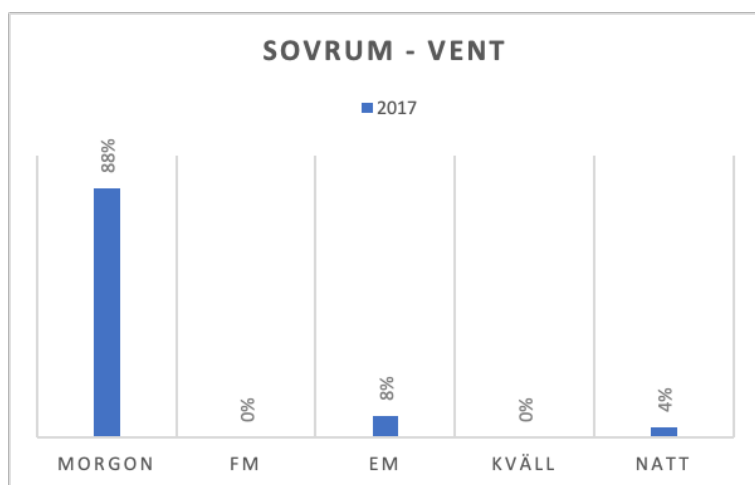
Vädringarna analyserades mer ingående för dörren i köket, vilket var den balkongdörr som användes mest. Detta baserades på att mätdata för balkongdörren i vardagsrummet endast fanns med det första året och att medelvärdet per dygn då var noll timmar och noll minuter. Resultatet ses i Figur 22.



Figur 22. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Kök, lägenhet 3.

Ingen analys genomfördes för vädringar med fönstret i badrummet på grund av att endast fyra öppningar registrerats för 2017 och 2018, ingen mätning genomfördes 2019. Medelvärdet per dygn för vädring i badrummet är även nästintill noll.

Vidare fanns endast data från 2017 för ventilationsluckan i sovrum 1. Analysen görs för sovrum 1 även fast sovrum 3 antas vara huvudsovrum. Detta för att det fanns fler registrerade öppningar för detta sovrum, samt att medelvärdet per dygn var högre för detta rum än för sovrum 3. I Figur 23 ses det att majoriteten av öppningar (88%) gjordes på morgonen. Då en vädring enligt Tabell 8 pågår i ungefär 7,5 timmar kan slutsatsen dras att vädringsluckan ofta är öppen hela morgonen och förmiddagen i lägenhet 3.



Figur 23. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 3.

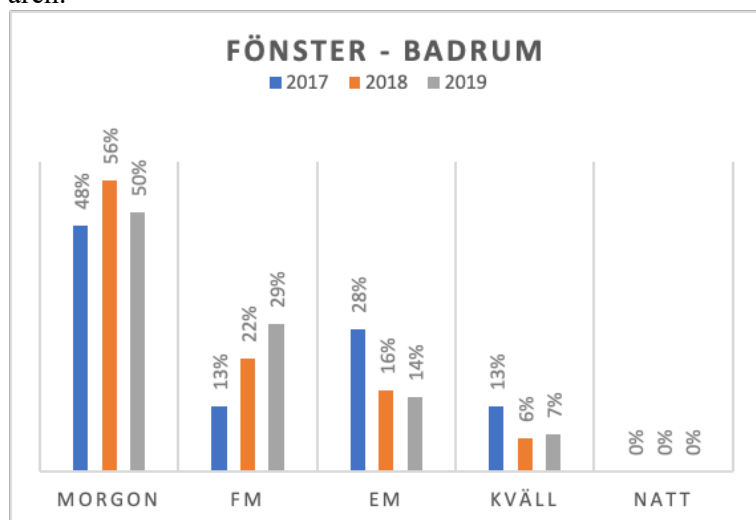
4.1.1.4 Lägenhet 4

Lägenhet 4 består av två rum och kök, har en golvarea på 65,4 m² och är belägen på tredje våningsplanet i byggnaden. Under alla de tre åren då mätningar genomfördes bor en och samma hyresgäst i bostaden. Mätningarna skedde under februari och mars år 2017 och 2019, medan det år 2018 skedde lite senare, under mars och april. Se Tabell 9 för resultat av vädringsmätningar i lägenhet 4. År 2017 innan renovering fanns ett ventilationsfönster i vardagsrummet som hölls öppet hela dygnet majoriteten av dagarna. Det togs sedan bort i renoveringen. Närmre analys genomfördes för fönstret i badrummet, dörren i vardagsrummet och ventilationslucka i sovrummet. Man kan se en minskning av total vädringstid över åren, dock utgjorde det borttagna fönstret i vardagsrummet en betydlig del av den totala vädringstiden 2017.

Tabell 9. Resultat lägenhet 4, vädringstid [timmar:minuter]

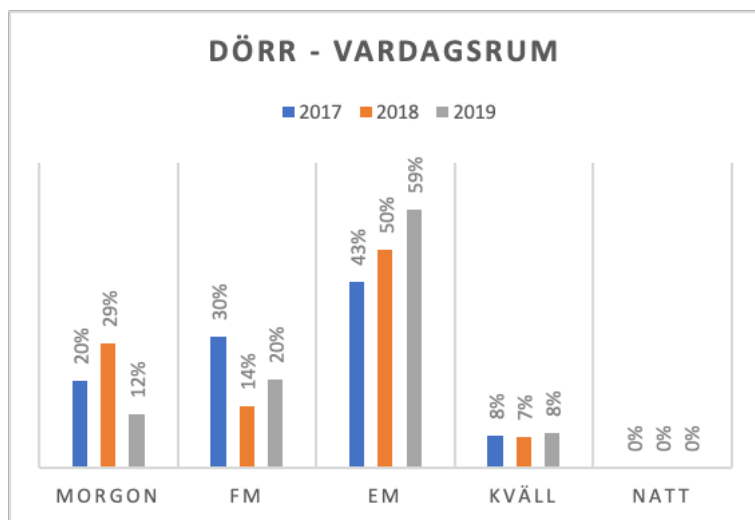
		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent	Vardagsrum	21:42	-	-	48:51	-	-
Vent	Sovrum 1	16:36	16:16	09:14	13:35	488:15	09:35
Fönster uppe	Badrum	01:05	00:41	00:45	00:42	00:39	01:53
Fönster	Kök	-	00:07	00:04	-	00:26	00:25
Dörr	Vardagsrum	00:21	00:08	00:32	00:14	00:19	00:23
Fönster	Sovrum 1	00:00	02:41	-	00:01	08:04	-
Totalt		39:45	19:56	10:41	23:28		

För fönstret i badrummet är skillnaden mellan 2017 och 2019 främst att det görs färre vädringar 2019 men dessa är längre. Medelvärdena är hyfsat lika men det är skillnad i antal vädringar per dag och hur långa dessa är. År 2018 gjordes cirka 1,1 vädringar per dag och dessa är cirka 39 min långa, jämfört med medelvärdet på 41 minuter per dygn. I Figur 24 kan det ses att de flesta vädringarna skedde på morgonen under alla de tre åren.



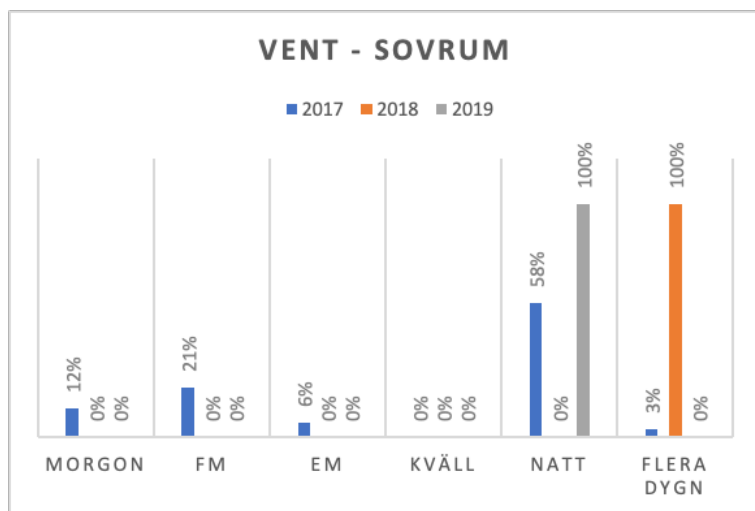
Figur 24. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 4.

2018, året efter renovering öppnas balkongdörren mer sällan vilket ger ett lägre medelvärde. Dock kan man se att den genomsnittliga vädringen är ungefär lika lång varje år. Vid sammanställning fanns sektioner då magneten reagerade på öppning/stängning flera gånger per minut, där gjordes antagandet att dörren stod på glänt. I sammanställningen angavs det som öppet under hela denna period, något som kan vara värt att notera. I Figur 25 nedan kan det i diagrammet ses att majoriteten av öppningarna sker på eftermiddagen, resterande är fördelade främst på morgon och förmiddag.



Figur 25. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 4.

Medelvärdet för ventilationsluckan i sovrummet är per dygn år 2017 och 2018 på cirka 16 h. Datan framtagen för år 2018 baseras dock på endast en vädring som sker under 20 dygn, vilket bör beaktas. År 2019 sker det 1 vädring per dygn, denna sker alltid under natten, tillskillnad från 2017 där vädringarna var mer spridda över dygnet. Endast 3 % av vädringarna år 2017, vilket motsvarar 1 vädring, sker under flera dygn, mer specifikt över 7 dygn. Se Figur 26.



Figur 26. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 4.

4.1.1.5 Lägenhet 5

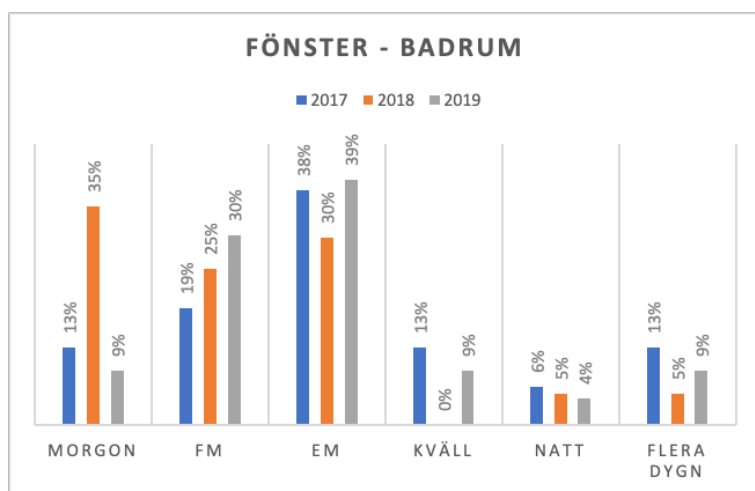
Den femte lägenheten är 86 m², fördelat på tre rum och kök. Lägenheten har ett stort sovrum som från början var två små, de öppningar som benämns vara placerade i sovrum 2 i Tabell 10 nedan är belägna i samma rum som de för sovrum 1. I lägenheten bor två vuxna och ett barn. Under den tredje mätperioden finns även en katt i bostaden. 2017 sker mätningarna på vintern, 2018 på våren och 2019 från februari till juni.

Det totala medelvärdet per år är som högst år 2019 och lägst 2018. Stora skillnader i vädringstid går att identifiera för ventilationsluckan i sovrum 3, vars medelvärde är betydligt lägre år 2018 jämfört med de andra åren. År 2019 vädrades det betydligt mer i badrummet. 2018 hade köket en betydligt lägre vädringstid, dock fanns inga mätningar detta år för vent/fönster i rummet. Ventilationsluckan i sovrum 1 har långt medelvärde för en vädring, det vill säga det hölls ofta öppet en längre period åt gången.

Tabell 10. Resultat lägenhet 5, vädringstid [timmar:minuter]

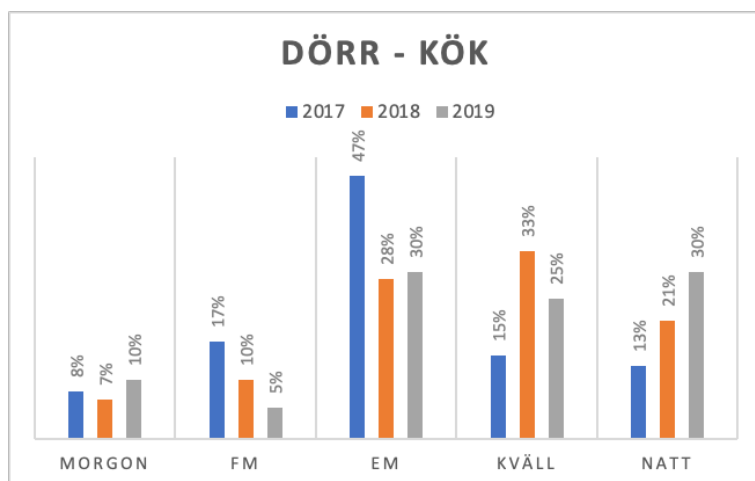
		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent	Vardagsrum	22:39	22:52	18:13	521:09	686:28	162:43
Vent	Sovrum 1	-	13:53	09:56	-	59:00	172:42
Vent	Sovrum 2	21:04	00:16	11:00	421:38	03:38	53:10
Fönster uppe	Badrum	07:54	04:13	15:02	07:54	07:24	73:13
Fönster nere	Badrum	00:09	-	-	00:35	-	-
Dörr	Kök	04:21	03:35	14:00	00:17	00:08	00:39
Fönster	Kök	16:29	-	02:42	65:57	-	02:38
Dörr	Vardagsrum	-	00:09	00:18	-	01:15	00:11
Fönster	Sovrum 1	-	-	-	-	-	-
Fönster	Sovrum 2	-	01:04	10:29	-	04:33	51:22
Fönster	Sovrum 3	00:48	00:17	-	02:43	09:55	-
Totalt		73:27	46:22	81:41	67:10		

Flera vädringar i badrummet 2019 pågick i flera dygn och är väldigt långa jämfört med de vädringar 2017 och 2018 som i Figur 27 pågår i flera dygn. Den längsta vädringen 2019 för fönstret i badrummet pågick i 43 dygn, vilket påverkar resultatet i Tabell 10 avsevärt. Bortsett från de vädringar som pågick i flera dygn kan en trend ses att öppning sker på eftermiddagen, förutom år 2018 där morgonen utmärker sig som öppningstid.



Figur 27. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 5.

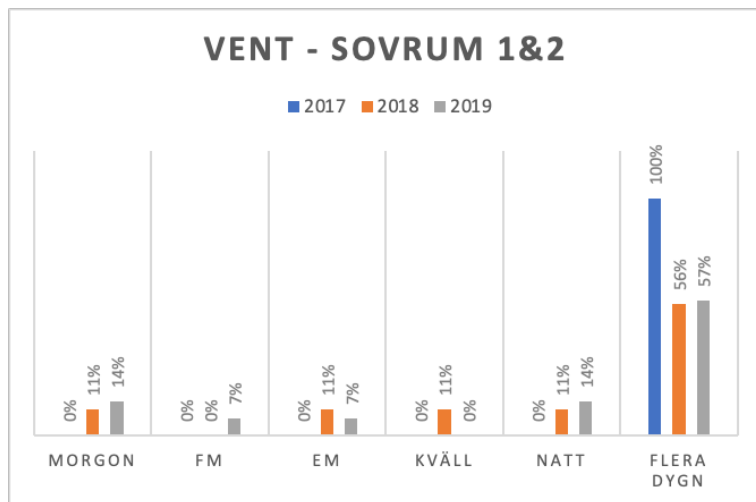
I Figur 28 kan analysen som gjorts för balkongdörren i köket ses. I Tabell 10 benämns balkongdörrens som dörr. Under mätperioden 2018 gjordes 934 vädringar på 36 dagar, på grund av detta analyserades endast var femte dag för att ta reda på när på dygnet vädringarna sker. Dagarna som togs med var 19 mars, 24 mars, 29 mars, 3 april, 8 april, 13 april, 18 april och 23 april. Mätperioden 2019 var på 140 dagar och hade totalt 3034 vädringar, analys gjordes av var tionde dag. Dagarna som togs med och representerar staplarna i figur x är 12 februari, 22 februari, 4 mars, 14 mars, 24 mars, 3 april, 13 april, 23 april, 3 maj, 13 maj, 23 maj, 2 juni, 12 juni och 22 juni.



Figur 28. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Kök, lägenhet 5.

Figur 29 baseras på vädringar från ventilationsluckor i det som kallas sovrums 1 och sovrums 2 då dessa är belägna i samma rum. För ventilationsluckan som kallas sovrums 2

fanns ingen data för år 2017 så dessa staplar baseras endast på ”sovrums 1”. För sovrums 1 2017 skedde endast en vädring och denna pågick i flera dygn.



Figur 29. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 5.

4.1.1.6 Lägenhet 6

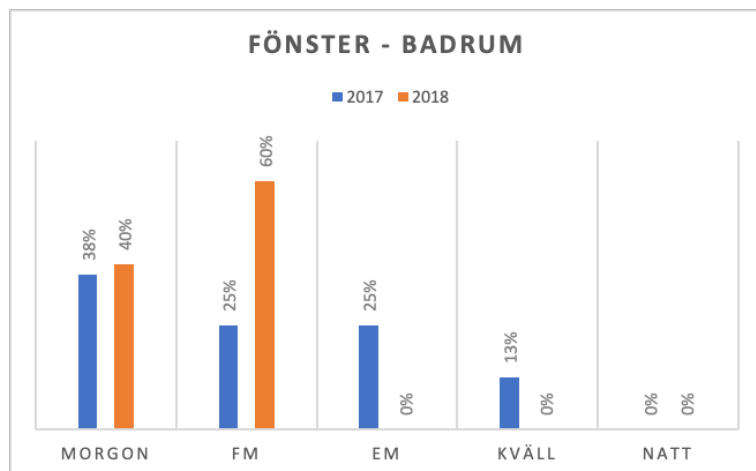
Lägenhet 6 har tre rum och kök under 2017 och fyra rum och kök under 2018, detta fördelat på 87,2 m². Sovrum 1 och 2 är i hopslaget till ett större rum under det första året, till 2018 har denna vägg monterats upp igen. Fyra boende i lägenheten, varav två är barn. Lägenheten är med i fallstudien 2017 och 2018.

I Tabell 11 presenteras de beräknade medelvärdena. En stor skillnad går att urskilja från 2017 till 2018, där den totala vädringstiden för bostaden minskat drastiskt. Ventilationsluckorna i sovrummen hölls öppna betydligt mer 2017 än 2018. De fönster som hade noll minuters vädring under 2017, togs inte med i undersökningen 2018.

Tabell 11. Resultat lägenhet 6, vädringstid [timmar:minuter]

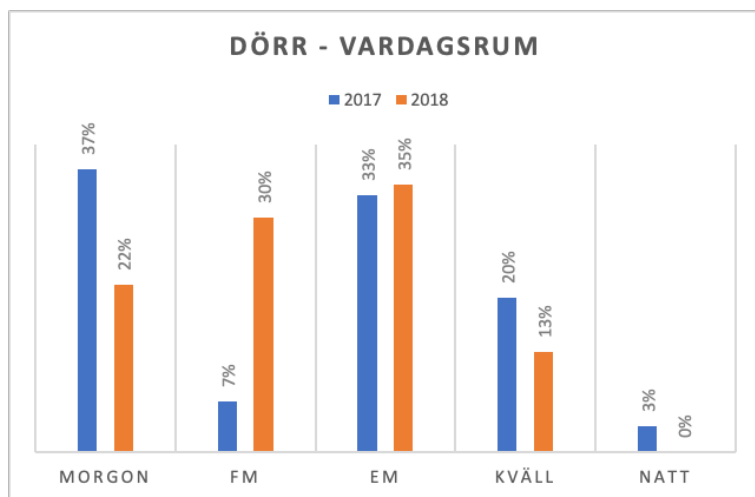
		Medelvärde per dygn		Medelvärde för en vädring	
Öppning	Rum	2017	2018	2017	2018
Vent	Sovrum 1	05:20	00:06	07:01	02:41
Vent	Sovrum 2	07:20	00:58	09:10	03:47
Vent	Sovrum 3	08:46	02:12	09:58	11:55
Fönster uppe	Badrum	00:41	00:29	02:04	02:39
Fönster nere	Badrum	00:00	-	00:01	-
Dörr	Kök	08:35	03:21	02:04	01:32
Dörr	Vardagsrum	02:58	00:31	02:29	00:36
Fönster	Sovrum 1	00:00	-	00:07	-
Totalt		33:44	07:40	20:42	

Diagrammet som presenterar analys för fönster i badrum i Figur 30 baseras på hyfsat få vädringar, åtta för 2017 och fem för 2018. En lite större fördelning går att se för vädringarna som ägde rum 2017, medan fönstret endast öppnades under morgon och förmiddag år 2018.



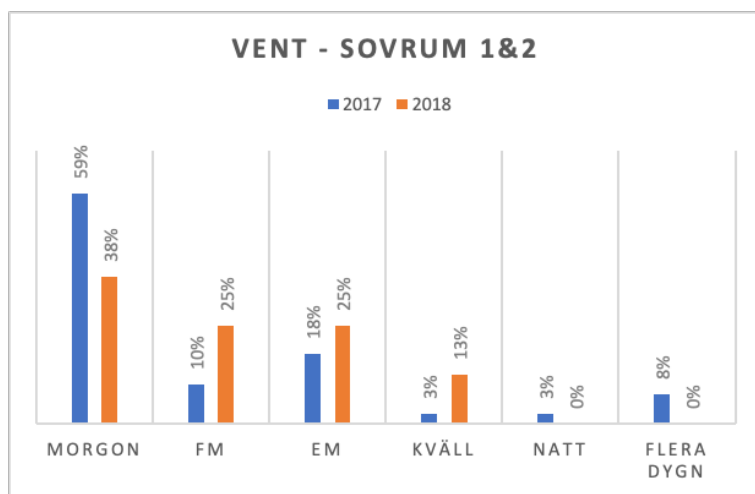
Figur 30. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 6.

Sammanställning av vädringar för lägenhet 6 visar att både balkongdörren i vardagsrummet och i köket användes frekvent, vidare görs en analys för dörren placerad i vardagsrummet. Öppningar av dörren var spridda över dygnet, förutom under natten då den sällan eller nästintill aldrig öppnades. Se Figur 31.



Figur 31. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 6.

Som nämnt ovan var sovrum 1 och 2 från början hopslaget till ett större sovrum. På grund av detta har analysen som presenterats i Figur 32 baserats på ventilationsluckor från både det som benämns sovrum 1 och sovrum 2 för båda åren. Morgonen var det främsta vädringstillfället under de båda åren.



Figur 32. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 6.

4.1.1.7 Lägenhet 7

Lägenhet 7 benämns som ett rum och kök då det är en öppen planlösning mellan vardagsrum och kök. Badrummet har inget öppningsbart fönster. Det vill säga, lägenheten har ett separat sovrum i den mindre storleken. Aren för bostaden är 45,9 m², här bor en

person på andra våningen i byggnaden. Alla tre mätperioder skedde under vintern eller tidig vår.

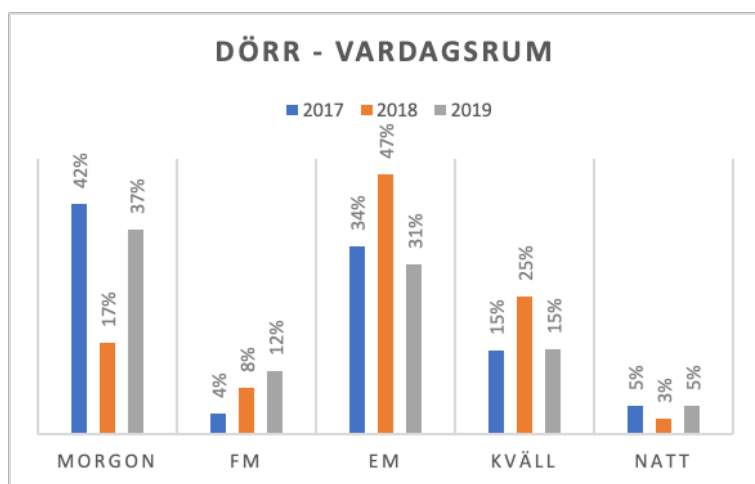
Beräknade medelvärden presenteras i Tabell 12. Vädring som skedde i köket skiljer sig åt från 2017 och 2018. Det första året var det öppet nästan hela dygnet, medan det inte vädrades alls i köket året efter. Under perioden då mätningar skedde 2017 var det öppet hela perioden förutom sista dygnet där två separata, kortare vädringar skedde. Detta resulterar i att det blir en stor skillnad mellan den totala vädringstiden per dygn för de olika åren. För ventilationsluckan i sovrummet finns endast mätdata för 2017, år 2018 utfördes mätningar men fel har uppstått med utrustningen vilket resulterar i att informationen saknas. Det sista året utfördes ingen mätning för sovrummet.

Tabell 12. Resultat lägenhet 7, vädringstid [timmar:minuter]

		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent	Sovrum 1	05:45	-	-	76:47	-	-
Fönster	Kök	23:14	00:00	-	232:27	00:08	-
Dörr	Vardagsrum	00:55	00:41	00:57	00:26	00:28	00:22
Totalt		29:55	00:41	00:57	10:31		

En mer djupgående analys nedan görs endast för balkongdörren i vardagsrummet, detta då detta är det enda vädringsstället som har flera värden alla år. För denna öppning fanns det vid vissa tillfällen dokumenterat att dörren öppnades och stängdes flera gånger under en kort period. Skiljer det mer än 10 min mellan stängning/öppning antas det vara två separata vädringar.

År 2017 och 2019 har väldigt likt resultat, förutom att det år 2017 inte skedde lika många öppningar på förmiddagen. År 2018 skiljer sig främst genom att fler vädringar skedde under eftermiddagen samt kvällen och färre under morgonen. Se Figur 33.



Figur 33. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 7.

4.1.1.8 Lägenhet 8

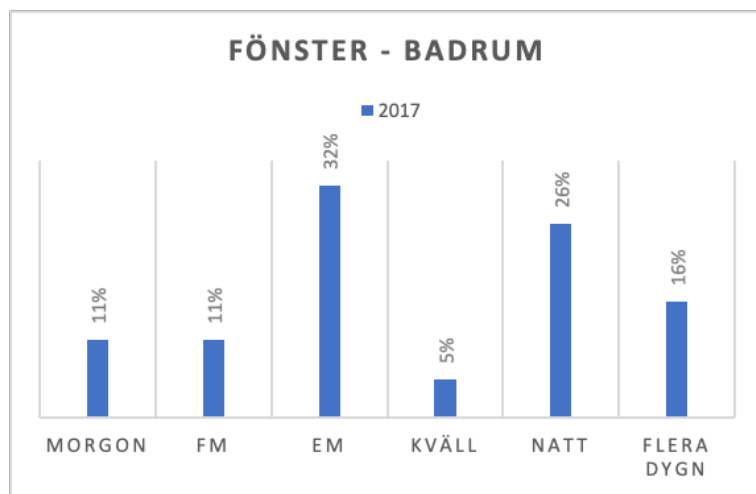
Lägenhet 8 har fyra rum och kök, är 96,8 m² och belägen på markplan. Lägenheten har två badrum, dock endast ett med fönster, således förekommer bara vädring i ett av badrummen. Sovrum 3 är det så kallade ”master”. Lägenheten har två boende under de tre åren. År 2017 skedde mätningar under våren och 2018 februari till mars. Värdena för 2019 tas fram under årsskiftet 2018/2019 men för jämförande syfte och analys kommer dessa benämnas som 2019. Resultatet presenteras i Tabell 13.

Den enda balkongdörr (som i detta fall är en fönsterdörr till en uteplats), som det genomfördes mätningar på var den placerade i köket. Det första året gjordes det endast mätningar på ventilationsluckan i det tredje sovrummet, de två resterande åren finns resultat från sovrum 1 och sovrum 2 med. Inga värden fanns registrerade för ventilationsluckan i sovrum 1 2017, för medelvärdet 2018 ligger endast en vädring som grund för resultatet och endast tre vädringar för medelvärdet för 2019. För ventilationsluckan i sovrum 3 år 2019 baseras resultatet på en vädring som sträckte sig över 6 dygn, dock var själva mätperioden endast 9 dygn. För fönster i kök år 2018 gjordes endast mätningar under 5 dygn.

Tabell 13. Resultat lägenhet 8, vädringstid [timmar:minuter]

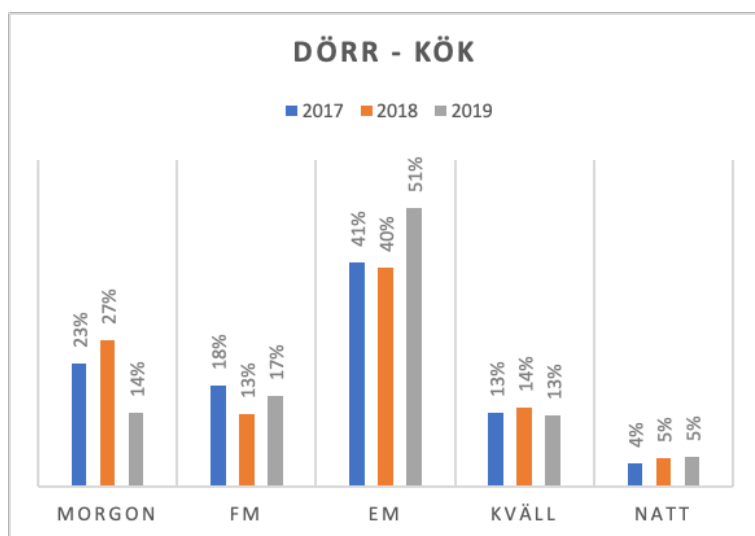
		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent/Fönster	Vardagsrum	-	08:34	-	-	06:22	-
Vent	Sovrum 1	-	00:11	01:43	-	03:59	17:13
Vent	Sovrum 2	-	16:47	06:18	-	335:48	72:29
Vent	Sovrum 3	13:47	16:39	-	124:05	199:51	-
Fönster uppe	Badrum	12:38	-	-	35:49	-	-
Dörr	Kök	02:36	01:16	00:58	00:52	00:22	00:15
Fönster	Kök	-	05:09	03:12	-	04:17	05:14
Fönster	Sovrum 2	-	-	17:31	-	-	175:11
Totalt		29:01	48:38	29:43	35:47		

När på dygnet vädringar genomfördes i badrummet visualiseras i Figur 34. För detta fönster i badrummet skedde många öppningar och stängningar efter varandra, vilket kan ha påverkat resultatet i diagrammet. Fönstret fanns endast med i mätningen år 2017. I detta fall skedde vissa av vädringarna i flera dygn. De boende öppnade mest på eftermiddagen och på natten.



Figur 34. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 8.

Majoriteten av vädringarna med balkongdörren i köket skedde på eftermiddagen under alla de tre åren, de resterande vädringarna är hyfsat jämnt fördelade över de andra perioderna, med en lite högre andel på morgonen (bortsett från 2019) och lite färre vädringar på natten. Se Figur 35.



Figur 35. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Kök, lägenhet 8.

Ingen analys har genomförts för ventilationen i sovrum 3, på grund av att så få vädringar skett under mätperioderna. Av de få vädringar som skedde fortlöpte majoriteten av dem i flera dygn.

4.1.1.9 Lägenhet 9

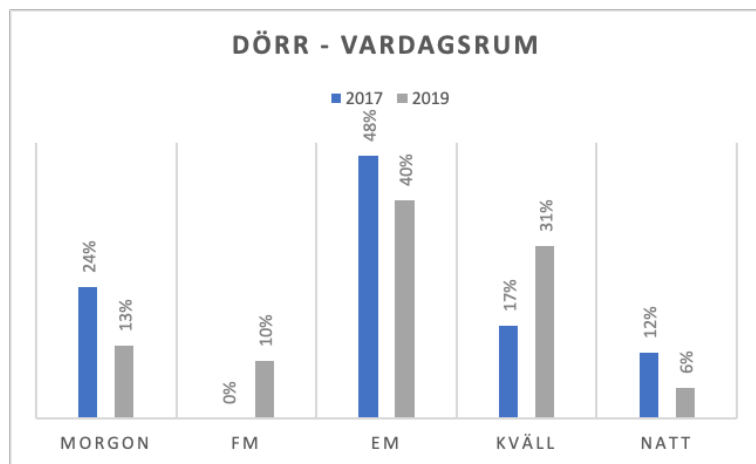
Lägenhet 9 har en likadan planlösning som lägenhet 7, det vill säga ett litet sovrum och öppet mellan kök och vardagsrum. Vidare är alltså lägenheten betecknad som ett rum och kök, är på 45,9 m² och belägen på våning 3. Mellan år 2018 och 2019 får lägenheten nya hyresgäster. 2017 och 2018 bor det tre personer i lägenheten, varav en är ett barn under 5 år. 2019 bor det två personer (ett barn 5-12 år) och en katt i lägenheten. 2017 skedde mätningarna mellan mars och april, 2019 från februari till mars.

Ingen mätdata återfanns för 2018, trots att lägenheten ska ha varit med i studien detta år. I filen med insamlade data benämns år 2018 för lägenhet 9 med "MISSING DATA". För dörr/fönster i kök 2017 fanns endast mätningar för fyra dygn. Se Tabell 14 för beräknade medelvärden. Trots nya hyresgäster förändrades vädringstiden inte avsevärt. Den största skillnaden är att hyresgästerna 2017 hade ventilationsluckan i sovrummet öppen betydligt mer.

Tabell 14. Resultat lägenhet 9, vädringstid [timmar:minuter]

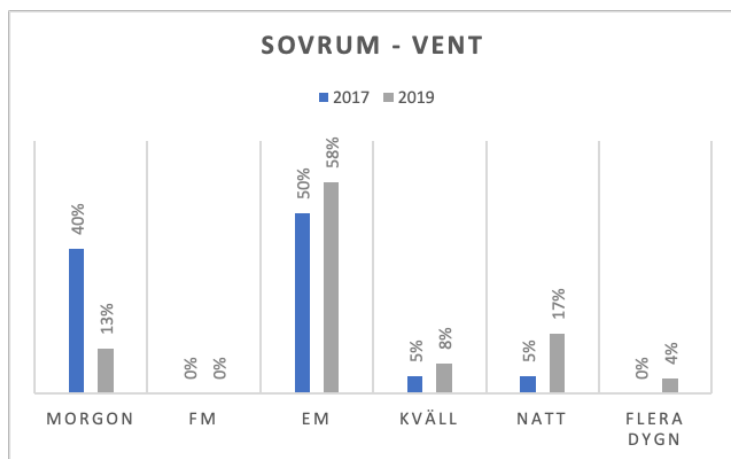
Öppning	Rum	Medelvärde per dygn				Medelvärde för en vädring		
		2017	2018	2019		2017	2018	2019
Vent/Fönster	Vardagsrum	00:01	-	00:21		00:06	-	24:07
Vent	Sovrum 1	05:05	-	01:42		04:50	-	05:55
Dörr	Kök	00:01	-	-		00:04	-	-
Dörr	Vardagsrum	02:37	-	03:05		01:11	-	01:47
Fönster	Sovrum 1	00:02	-	00:18		00:19	-	01:49
Totalt		07:47	-	05:28	06:38			

När på dygnet balkongdörren öppnades i vardagsrummet ses i Figur 36 nedan. På eftermiddagen skedde flest öppningar både 2017 och 2019. Under 2017 skedde aningen fler vädringar på morgonen och på natten jämfört med 2019. År 2019 ökade vädringarna som skedde på förmiddagen och kvällen jämfört med två år tidigare. Medelvärdet för en vädring var över en timme lång för båda åren.



Figur 36. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 9.

År 2017 och 2019 skedde majoriteten av vädringar med ventilationsluckan i sovrummet på eftermiddagen. År 2017 dominerade öppningar på morgonen och eftermiddagen, 2019 var det bortsett från eftermiddagen en hyfsad spridning av vädringarna. Se Figur 37.



Figur 37. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, lägenhet 9.

4.1.1.10 Lägenhet 10

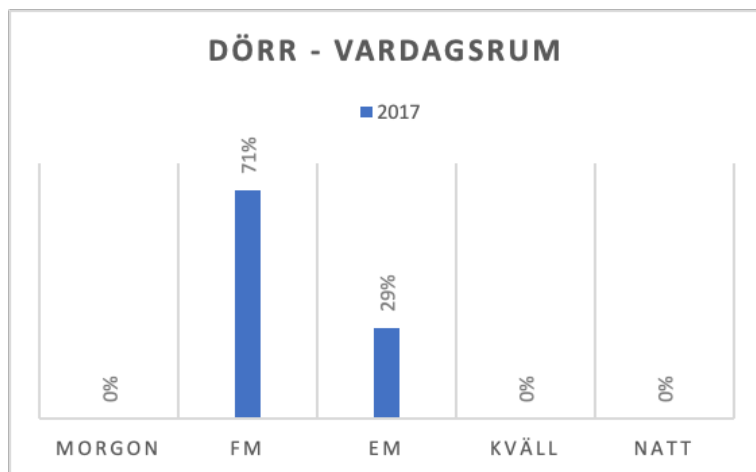
Lägenhet 10 är en två rum och kök på 65,4 m². Mätningar skedde endast i lägenheten under 2017, då var det en person boende i lägenheten. Belägen på första våningsplanen, således har den boende tillgång till en terrass och inte balkong. Fönsterdörren i vardagsrummet kommer dock fortfarande benämnas som balkongdörr. Mätperioden var ungefär en månad lång, från mars till april.

Mätningar genomfördes endast i badrum och vardagsrum. Nästintill ingen vädring förekom i badrummet, således blev det beräknade medelvärdet 0 timmar och 0 minuter. Balkongdörren i vardagsrummet öppnades knappt, de vädringar som registrerades skedde under två dagar, mätperioden var 29 dagar. Ventilationsfönstret i vardagsrummet användes flitigt, nästan varje dag öppnades. Medelvärdet för en vädring var 32 timmar och 23 minuter. Vid två tillfällen var detta fönster öppet i tio respektive sju dagar utan att stängas, se Tabell 15.

Tabell 15. Resultat lägenhet 10, vädringstid [timmar:minuter]

		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent/Fönster	Vardagsrum	18:06	-	-	32:23	-	-
Fönster uppe	Badrum	00:00	-	-	00:10	-	-
Fönster nere	Badrum	00:00	-	-	00:11	-	-
Dörr	Vardagsrum	00:02	-	-	00:08	-	-
Totalt		18:08	-	-	18:08		

De öppningar som gjordes med balkongdörren skedde främst under förmiddagen, men även under eftermiddagen. Se Figur 38, observera att resultatet som presenteras har baserats på relativt få mätningar (sju stycken). Ingen analys genomfördes för fönstren i badrummet, detta då medelvärdet per dygn var 00:00 och det skedde för få vädringar.



Figur 38. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 10.

4.1.1.11 Lägenhet 11

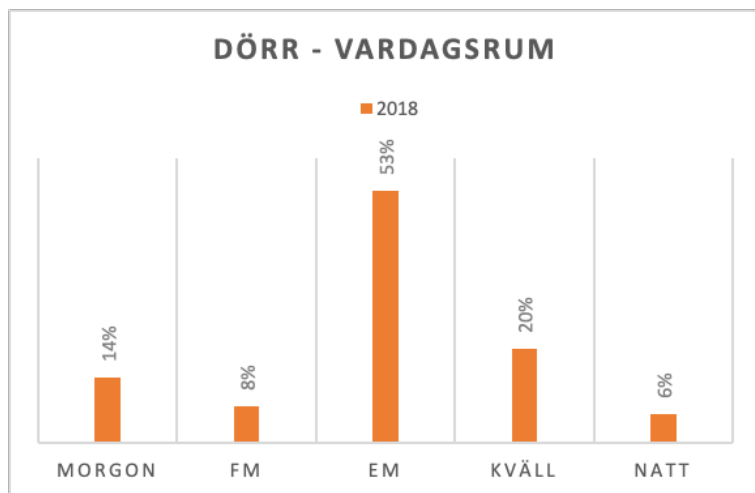
I lägenhet 11 bodde två vuxna. Lägenheten är 66 m² och har två rum och kök, belägen på gaveln på våning två. Den var med i undersökningen år 2018 och 2019, ingen insamlad data finns dock för år 2019. I filen med mätdata benämns året med "MISSING DATA". Mätningarna skedde från mars till april.

I Tabell 16 ses beräknade medelvärden för år 2018. Ett öppningsobjekt har tagits med för badrum, ett för vardagsrum och ett för sovrummet. Ventilationsluckan i sovrummet hade högst medelvärde per dygn. Under mätperioden för denna ventilationslucka skedde endast en lång vädring.

Tabell 16. Resultat lägenhet 11, vädringstid [timmar:minuter]

Öppning	Rum	Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
		2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent	Sovrum 1	-	22:27	-	-	413:13	-
Fönster uppe	Badrum	-	00:01	-	-	00:11	-
Dörr	Vardagsrum	-	03:28	-	-	01:25	-
Totalt		-	26:28	-	26:28		

En analys över när balkongdörren öppnas ses i Figur 39. Flest öppningar skedde under eftermiddagen, resterande öppningar var hyfsat spridda över dygnets andra tidsspann. På grund av medelvärdet per dygn är så lågt för badrumsfönstret samt att endast en vädring görs med ventilationsluckan i sovrummet gjordes ingen analys för dessa.



Figur 39. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 11.

4.1.1.12 Lägenhet 12

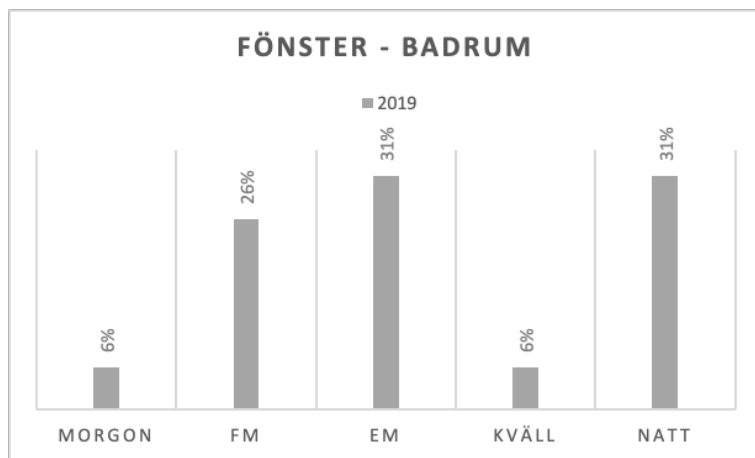
Den tolfte och sista lägenheten var endast med i studien år 2019. Lägenheten har två rum och kök, är 66 m², belägen på tredje våningen med två personer boende. Mätperioden sträcker sig från mars till juni.

I Tabell 17 nedan presenteras de beräknade medelvärdena. Det öppningsobjekt som hade högst medelvärde per dygn var fönstret i sovrummet. I köket vädrade de boende minst.

Tabell 17. Resultat lägenhet 12, vädringstid [timmar:minuter].

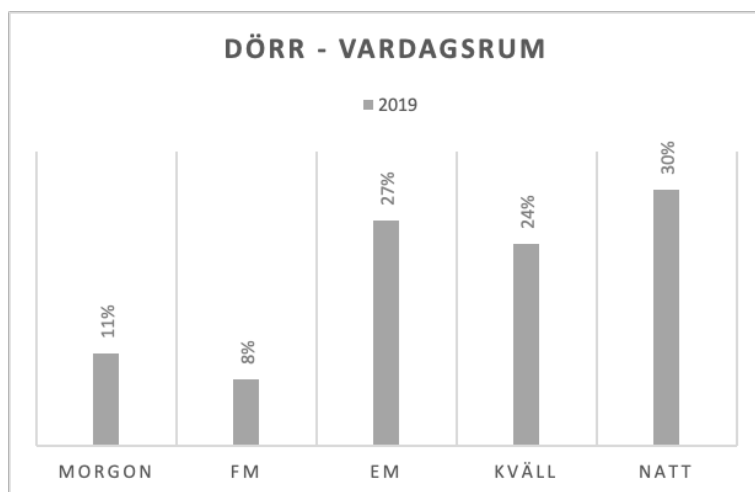
		Medelvärde per dygn			Medelvärde för en vädring		
Öppning	Rum	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Vent/Fönster	Vardagsrum	-	-	01:48	-	-	64:54
Fönster uppe	Badrum	-	-	01:50	-	-	05:32
Dörr	Kök	-	-	00:13	-	-	00:15
Fönster	Kök	-	-	00:02	-	-	05:14
Dörr	Vardagsrum	-	-	02:19	-	-	00:05
Fönster	Sovrum 1	-	-	07:18	-	-	17:56
Totalt		-	-	13:34	13:34		

Tiden på dygnet då fönstret i badrummet öppnades var främst under förmiddag, eftermiddag och natt. Se Figur 40. Medelvärde för en vädring är över 5 timmar lång, vilket betyder att fönstret inte öppnades var dag. I vissa fall öppnades fönstret på kvällen och stängdes på morgonen (de vädringarna återfinns i stapeln ”natt” i Figur 40).



Figur 40. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, lägenhet 12.

Balkongdörren i vardagsrummet öppnades ofta flera gånger per dag. Som Figur 41 visar sker majoriteten av vädringarna på dygnets andra halva, det vill säga eftermiddagen, kvällen och natten.



Figur 41. Dygnsfördelning för Balkongdörr – Vardagsrum, lägenhet 12.

Ingen analys har genomförts för sovrummet då ventilationsluckan inte fanns med i mätningen.

4.1.2 Sammanställning uppmätt vädring i studerade byggnader

Nedan presenteras resultatet av den sammanställning som gjorts gällande brukarnas vädringsbeteende. Vidare har en bredare sammanställning gjorts vilket resulterar i ett resultat av hela byggnaden och alla brukarnas genomsnittliga beteende (med antagande att de 12 lägenheterna i fallstudien representerar alla de 25 existerande lägenheterna). I Tabell 18 presenteras medelvärdet per dygn för de olika lägenheterna och öppningarna (ekv. 3). Vidare i Tabell 19 presenteras det beräknade medelvärdet för byggnaden och de olika öppningarna, det vill säga medelvärden beräknade med data som presenterats Tabell 18. Gruppindelningarna redovisas i kommande avsnitt.

Tabell 18. Medelvärde per dygn för olika öppningar, lägenheter [timmar:minuter].

	Grupp	B	C	A	B	D	B	A	C	A	B	B	A
	Lgh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Öppning	Rum												
Vent/ Fönster	Vardagsrum	06:22	06:50	00:36	21:42				08:34	00:11	18:06		01:48
Vent	Sovrum 1	11:20	06:52	05:17	14:02	21:14	02:43	05:45	00:57	03:23		22:27	
Vent	Sovrum 2		09:11	03:14		11:54	04:09		11:32				
Vent	Sovrum 3		10:55	04:23		10:46	05:29		16:39				
Fönster uppe	Badrum	00:05	00:59	00:00	00:50	09:03	00:35		12:38		00:00	00:01	01:50
Fönster nere	Badrum	00:35	00:08	00:00		00:09	00:00				00:00		
Dörr	Kök	00:00	00:33	00:01		07:18	05:58		01:36	00:01			00:13
Fönster	Kök	06:33	04:42	00:05	00:05	09:35		11:37	04:10				00:02
Dörr	Vardagsrum	01:18	00:35	00:00	00:20	00:13	01:44	00:51		02:51	00:02	03:28	02:19
Fönster	Sovrum 1	05:32	00:03	00:13	01:20		00:00			00:10			07:18
Fönster	Sovrum 2		00:05	00:00		05:46			17:31				
Fönster	Sovrum 3		01:58			00:32							

Tabell 19. Medelvärde per dygn för öppningar, byggnad [timmar:minuter].

Öppning	Rum	Medelvärde
Vent/Fönster	Vardagsrum	08:01
Vent	Sovrum 1	09:24
Vent	Sovrum 2	08:00
Vent	Sovrum 3	09:38
Fönster uppe	Badrum	02:36
Fönster nere	Badrum	00:08
Dörr	Kök	01:57
Fönster	Kök	04:36
Dörr	Vardagsrum	01:14
Fönster	Sovrum 1	02:05
Fönster	Sovrum 2	05:50
Fönster	Sovrum 3	01:15

Vidare presenteras medelvärdet för hur lång en vädring är. Syftet är att ge en mer omfattande bild av brukarnas vädringsbeteende, mer än bara medelvärdet per dygn. I Tabell 20 presenteras medelvärdet för hur lång en vädring är för varje lägenhet och öppning (ekv. 5) och i Tabell 21 presenteras medelvärdet för byggnaden och de olika typerna av öppningar.

Tabell 20. Medelvärde för en vädring för olika öppningar, lägenheter [timmar:minuter].

		Grupp	B	C	A	B	D	B	A	C	A	B	B	A
		Lgh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Öppning	Rum													
Vent/ Fönster	Vardagsrum		07:00	80:26	01:10	48:51				06:226	12:06	32:23		64:54
Vent	Sovrum 1		58:15	12:26	07:27	170:28	456:46	04:51	57:35	10:36	05:22		413:13	
Vent	Sovrum 2			23:30	26:40		115:51	06:28		204:08				
Vent	Sovrum 3			17:53	15:48		159:28	10:56		161:58				
Fönster uppe	Badrum		02:51	00:45	00:04	01:04	29:30	02:21		35:49		00:10	00:11	05:32
Fönster nere	Badrum		02:49	00:19	00:09		00:35	00:01				00:11		
Dörr	Kök		00:00	00:10	01:00		00:21	01:48		00:29	00:04			00:15
Fönster	Kök		222:35	08:13	00:43	00:25	34:17		116:17	04:45				05:14
Dörr	Vardagsrum		00:23	00:20	00:01	00:18	00:43	01:32	00:25		01:29	00:08	01:25	00:05
Fönster	Sovrum 1		08:59	00:10	08:23	04:02		00:07			01:04			17:56
Fönster	Sovrum 2			00:10	00:01		27:57			175:11				
Fönster	Sovrum 3			04:50			06:19							

Tabell 21. Medelvärde för en vädring för de olika öppningarna, byggnad [timmar:minuter].

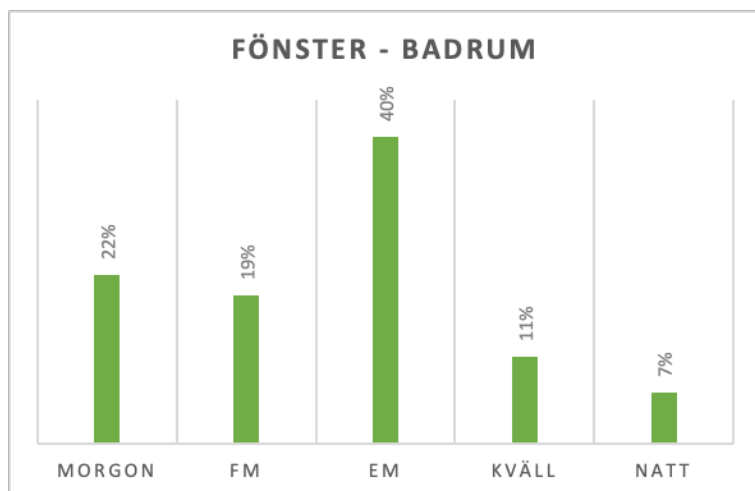
Öppning	Rum	Medelvärde
Vent/Fönster	Vardagsrum	22:39
Vent	Sovrum 1	119:42
Vent	Sovrum 2	75:19
Vent	Sovrum 3	73:12
Fönster uppe	Badrum	07:49
Fönster nere	Badrum	00:40
Dörr	Kök	00:23
Fönster	Kök	49:03
Dörr	Vardagsrum	00:37
Fönster	Sovrum 1	05:48
Fönster	Sovrum 2	50:49
Fönster	Sovrum 3	05:34

Med de två tabellerna ovan som grund gjordes en beräkning gällande hur många öppningar som i genomsnitt sker per dygn. Det vill säga hur ofta fönster/ventilationslucka/dörr öppnas. Resultatet presenteras för byggnaden i Tabell 22.

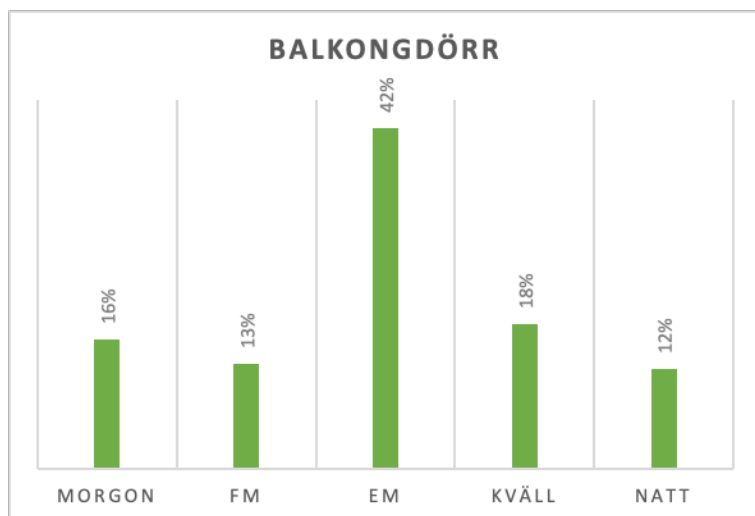
Tabell 22. Genomsnittligt antal öppningar som sker per dag.

Öppning	Rum	Antal
Vent/Fönster	Vardagsrum	0,4
Vent	Sovrum 1	0,1
Vent	Sovrum 2	0,1
Vent	Sovrum 3	0,1
Fönster uppe	Badrum	0,3
Fönster nere	Badrum	0,2
Dörr	Kök	5,0
Fönster	Kök	0,1
Dörr	Vardagsrum	2,0
Fönster	Sovrum 1	0,4
Fönster	Sovrum 2	0,1
Fönster	Sovrum 3	0,2

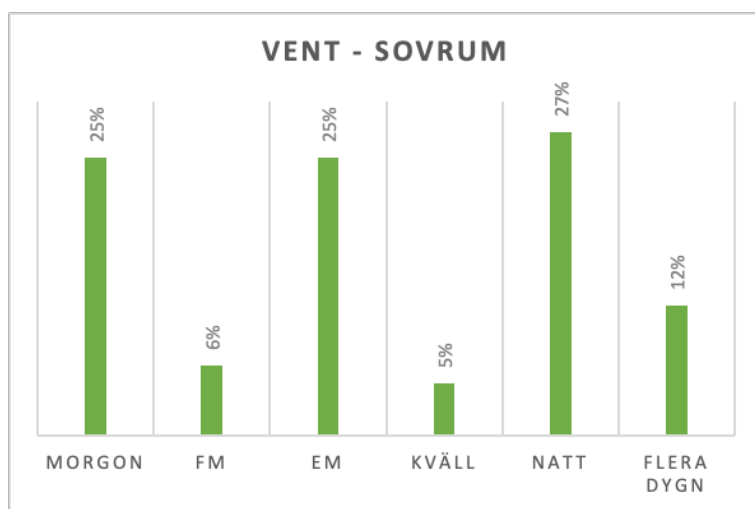
En sammanställning har även gjorts gällande när dessa vädringar sker på dygnet, det vill säga en sammanställning av de diagram som presenterades i för varje lägenhet. I Figur 42 synliggörs öppningar av det övre fönstret i badrummet, i Figur 43 öppningar av balkongdörr och slutligen Figur 44 visar öppningar av ventilationslucka i sovrum. Figurerna visar vädring för alla lägenheter, alla de tre åren.



Figur 42. Dygnsfördelning för Fönster – Badrum, byggnad, alla lägenheter.



Figur 43. Dygnsfördelning för Balkongdörr, byggnad, alla lägenheter.



Figur 44. Dygnsfördelning för Vent – Sovrum, byggnad, alla lägenheter.

4.1.2.1 Analys av brukarbeteende

Analysen av brukarbeteende kommenterar och sammanfattar de presenterade vädringsvanorna. En analys av den information som ges om de olika tabellerna och figurerna i resultatet utvärderas.

Vid analys av Tabell 19 ses att det är ventilationsluckorna som är öppna mest per dygn. Vidare kan det ses i Tabell 21 att ventilationsluckorna även är de öppningar som har längst medelvärde per vädring. Tabell 22 anger även att vädringsluckorna öppnas 0,1 gånger per dag, vilket betyder att de öppnas ungefär en gång var tionde dag. Således är den avsedda vädringen via ventilationsluckan mer än den ”onödiga”. Den vanligaste tiden för brukare att öppna vädringsluckorna ses i Figur 44, det vill säga morgon, eftermiddag eller natt. För att summera denna information ges exemplet för ventilationsluckan för sovrum 1. Ventilationsluckan öppnas ungefär var tionde dag, då är den öppen i cirka 120 timmar, vilket är 5 dygn.

Flest vädringar per dygn sker med balkongdörrarna. Den i köket öppnas 5 gånger per dag och balkongdörren i vardagsrummet 2 gånger per dag. Medelvädringarna är 24 respektive 37 minuter långa. Vidare ger detta en total vädringstid per dygn på 1 timme och 57 minuter för balkongdörren i köket och 1 timme och 14 minuter för balkongdörren i vardagsrummet. Från Figur 43 kan det utläsas att det är vanligast att öppna balkongdörren på eftermiddagen, resterande vädringar sker utspritt över dygnets resterande tidsrymmande.

Gällande fönsterna i badrummet används det övre fönstret mer frekvent än det undre. Vädringarna med detta fönster sker främst på eftermiddagen men även på morgonen och förmiddagen (se Figur 42). Fönstret öppnas ungefär 0,3 gånger på en dag, vilket motsvarar cirka en gång var tredje dag. Medelvärdet för denna vädring var tredje dag är nästan 8 timmar. Således blir medelvärdet för varje dygn 2 timmar och 36 minuter.

Vid analys av Figur 42, Figur 43 och Figur 44, visar resultatet att det vanligaste beteendet är att vädra på eftermiddagen.

4.1.3 Gruppindelning

Nedan har en indelning gjorts för lägenheternas mätdata. Syftet var att dela in lägenheterna och därmed brukarna i grupper beroende på hur mycket de vädrar. Det som användes som kriterium för indelning var medelvärden av den totala vädringstiden för lägenheten (ekv. 4). Beroende på detta medelvärde som återfinns i alla tabeller i tidigare avsnitt och sammanfattad i Tabell 23 nedan blir lägenheten indelad i en av fyra grupper:

- Grupp A: 0-15 h/dygn
- Grupp B: 15-30 h/dygn
- Grupp C: 30-45 h/dygn
- Grupp D: > 45 h/dygn

Indelningen kan ses nedan i Tabell 23 med medelvärde av summerad vädringstid för alla öppningar i en lägenhet per dygn (ekv. 4). Antal rum togs även med för att kunna få en uppfattning om lägenheternas storlek. Grupp A består av fyra lägenheter, grupp B av fem lägenheter och grupp C av två lägenheter. Grupp D är egentligen inte en grupp då den endast består av en lägenhet, ett särfall som skiljer sig oerhört från de andra. I förenklande syfte gjordes valet att trots detta kalla det för grupp.

Tabell 23. Indelning av lägenheter.

Lägenhet	Medelvärde [tt:mm/dygn]	Grupp	Antal rum
3	06:48	A	4
7	10:31	A	1
9	06:38	A	1
12	13:34	A	2
1	22:46	B	2
4	23:28	B	2
6	20:42	B	3
10	18:08	B	2
11	26:28	B	2
2	34:23	C	4
8	35:47	C	4
5	67:10	D	3

Referensfall

Utifrån gruppindelningen och sammanställningen kan ett referensfall tas fram. Nedan i Tabell 24 viktas de 12 lägenheterna till byggnadernas 25. Vidare sker en fördelning av grupperna gällande lägenhetsstorlek, se Tabell 25.

Tabell 24. Andel lägenheter i varje grupp i referensfallet.

	Andel	Antal lägenheter
Grupp A	33%	8
Grupp B	42%	11
Grupp C	17%	4
Grupp D	8%	2

Tabell 25. Fördelning av lägenheter i referensfallet.

	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok
Grupp A	2	4	1	1	0
Grupp B	3	6	0	1	1
Grupp C	1	2	0	1	0
Grupp D	1	0	0	1	0

4.2 Energianvändning

Resultatet från brukarbeteende och vädringsvanor används för att ta fram scheman för de olika grupperna (A-D). Efter scheman tagits fram presenteras resultatet för de olika simuleringsfallen.

4.2.1 Scheman

Nedan presenteras scheman för de olika vädringsgrupperna A-D. Först presenteras dygnsfördelningen och vidare framtaget schema. Summan av alla öppningars totala vädringstid för vardera grupp är detsamma som medelvärdet av ingående lägenheters totala medelvärde, som presenterats i Tabell 23.

4.2.1.1 Grupp A

I grupp A ingår lägenheterna 3, 7, 9 och 12. I Tabell 26 presenteras dygnsfördelningen för fönster i badrum, balkongdörr och ventilationslucka i sovrum (grupp A).

Tabell 26. Dygnsfördelning Grupp A

	Badrum – Fönster		Balkongdörr		Sovrum – Vent
Morgon	5%		23%		47%
Förmiddag	26%		13%		1%
Eftermiddag	36%		40%		37%
Kväll	5%		14%		4%
Natt	28%		10%		8%
Flera dygn	-		-		3%

Utifrån tabellen ovan görs ett schema som presenteras nedan i Tabell 27. För grupp A sker ingen vädring med det nedre fönstret i badrummet, fönstret i sovrum 2 eller fönstret i sovrum 3.

Tabell 27. Schema Grupp A

		Morgon	Fm	Em	Kväll	Natt	Tot
Vent/Fönster	Vardagsrum	00:12	00:06	00:22	00:07	00:04	00:51
Vent	Sovrum 1	02:17	00:03	01:46	00:11	00:31	04:48
Vent	Sovrum 2	01:31	00:02	01:12	00:08	00:21	03:14
Vent	Sovrum 3	02:04	00:03	01:38	00:10	00:28	04:23
Fönster uppe	Badrum	00:02	00:15	00:20	00:02	00:16	00:55
Fönster nere	Badrum						00:00
Dörr	Kök	00:02		00:03			00:05
Fönster	Kök	00:54	00:29	01:36	00:33	00:22	03:54
Dörr	Vardagsrum	00:21	00:11	00:38	00:12	00:08	01:30
Fönster	Sovrum 1	01:12	00:02	00:57	00:06	00:16	02:33
Fönster	Sovrum 2						00:00
Fönster	Sovrum 3						00:00

4.2.1.2 Grupp B

I grupp B ingår lägenhet 1, 4, 6, 10 och 11. Det är denna grupp som flest lägenheter tillhör. I Tabell 28 ses dygnsfördelningen. Resultatet där multiplicerades med resultatet för grupp B i Tabell 29 för att få fram vädringsschemat.

Tabell 28. Dygnsfördelning Grupp B

	Badrum – Fönster		Balkongdörr		Sovrum – Vent
Morgon	45%		11%		23%
Förmiddag	24%		14%		10%
Eftermiddag	21%		41%		13%
Kväll	8%		23%		4%
Natt	1%		12%		45%
Flera dygn	-		-		6%

Tabell 29. Schema Grupp B.

		Morgon	Fm	Em	Kväll	Natt	Tot
Vent/Fönster	Vardagsrum	02:03	02:32	07:29	04:08	02:07	18:19
Vent	Sovrum 1	02:52	01:16	01:42	00:26	06:22	12:38
Vent	Sovrum 2	00:56	00:25	00:33	00:09	02:06	04:09
Vent	Sovrum 3	01:15	00:32	00:43	00:12	02:47	05:29
Fönster uppe	Badrum	00:11	00:05	00:04	00:01		00:21
Fönster nere	Badrum	00:06	00:03	00:02			00:11
Dörr	Kök	00:20	00:24	01:14	00:40	00:21	02:59
Fönster	Kök	00:24	00:29	01:25	00:47	00:24	03:29
Dörr	Vardagsrum	00:09	00:11	00:33	00:19	00:10	01:22
Fönster	Sovrum 1	00:43	00:19	00:26	00:07	01:36	03:11
Fönster	Sovrum 2						00:00
Fönster	Sovrum 3						00:00

4.2.1.3 Grupp C

Lägenhet 2 och 8 är de som ingår i grupp C. Grupp C är den grupp som enligt kriteriet totalt medelvärde per dygn vädrar näst mest. Den sammanslagna dygnsfördelningen presenteras i Tabell 30.

Tabell 30. Dygnsfördelning Grupp C.

	Badrum – Fönster		Balkongdörr		Sovrum – Vent
Morgon	4%		15%		10%
Förmiddag	7%		14%		5%
Eftermiddag	64%		52%		44%
Kväll	20%		13%		8%
Natt	5%		6%		16%
Flera dygn	-		-		18%

I Tabell 31 nedan ses schemat för grupp C.

Tabell 31. Schema Grupp C.

		Morgon	Fm	Em	Kväll	Natt	Tot
Vent/Fönster	Vardagsrum	01:11	01:04	04:00	01:00	00:27	07:42
Vent	Sovrum 1	00:23	00:11	01:42	00:19	01:19	03:54
Vent	Sovrum 2	01:00	00:30	04:30	00:50	03:31	10:21
Vent	Sovrum 3	01:20	00:40	06:00	01:07	04:40	13:47
Fönster uppe	Badrum	00:17	00:29	04:21	01:20	00:21	06:48
Fönster nere	Badrum	00:00	00:01	00:05	00:02	00:00	00:08
Dörr	Kök	00:10	00:09	00:34	00:08	00:03	01:04
Fönster	Kök	00:41	00:37	02:18	00:35	00:15	04:26
Dörr	Vardagsrum	00:06	00:05	00:18	00:04	00:02	00:35
Fönster	Sovrum 1	00:00	00:00	00:02	00:00	00:01	00:03
Fönster	Sovrum 2	00:52	00:25	03:50	00:42	02:59	08:48
Fönster	Sovrum 3	00:11	00:05	00:52	00:10	00:40	01:58

4.2.1.4 Grupp D

Grupp D består som tidigare nämnt av endast en lägenhet, lägenhet 5. Således är dygnsfördelningen ett medelvärde av det som presenterades i Figur 27, Figur 28, Figur 29. Se fördelningen i Tabell 32.

Tabell 32. Dygnsfördelning Grupp D.

	Badrum – Fönster		Balkongdörr		Sovrum – Vent
Morgon	19%		9%		13%
Förmiddag	25%		11%		4%
Eftermiddag	36%		36%		8%
Kväll	7%		23%		4%
Natt	5%		21%		13%
Flera dygn	8%		-		58%

Vädningsschemat ses nedan i Tabell 33. För grupp D behövdes justeringar genomföras då vädningstiden var så lång och andelen vädningar som sker på natten/i flera dygn var så hög. Detta resulterade i att vädningstiden på natten stäcker sig in på morgonen och förskjuter morgonens öppning. Till exempel för ventilationsluckan i sovrums 2. Här är vädningen på natten enligt schemat cirka 8,5 timmar och slutar därmed vid ungefär 06:30, morgonens vädning förskjuts då till 07:00. För ventilationsluckan i sovrums 1 sker liknande justeringar då nattvädningen enligt schemat ska fortgå i cirka 15 timmar. Den vädningen antogs även börja tidigare än 22:00.

Tabell 33. Schema Grupp D.

		Morgon	Fm	Em	Kväll	Natt	Tot
Vent/Fönster	Vardagsrum						00:00
Vent	Sovrum 1	02:39	00:53	01:46	00:53	15:03	21:14
Vent	Sovrum 2	01:29	00:30	00:59	00:30	08:26	11:54
Vent	Sovrum 3	01:20	00:27	00:54	00:27	07:38	10:46
Fönster uppe	Badrum	01:41	02:18	03:13	00:37	01:14	09:03
Fönster nere	Badrum	00:01	00:02	00:04		00:02	00:09
Dörr	Kök	00:38	00:50	02:39	01:40	01:31	07:18
Fönster	Kök	00:50	01:05	03:28	02:12	02:00	09:35
Dörr	Vardagsrum	00:01	00:01	00:05	00:03	00:03	00:13
Fönster	Sovrum 1						00:00
Fönster	Sovrum 2	00:44	00:14	00:29	00:14	04:05	05:46
Fönster	Sovrum 3	00:04	00:01	00:03	00:01	00:23	00:32

4.2.2 Energisimulering

I detta delkapitel presenteras först valda simuleringsfall och därefter resultatet från de genomförda energisimuleringarna. Varje falls nerladdade energirapport från IDA ICE hittas i bilaga A-G. Efter resultatet genomförs analys och jämförelser mellan olika fall.

4.2.2.1 Simuleringsfall

Nedan presenteras de simuleringsfall som tagits fram utifrån resultatet av brukarbeteende och vädringsvanor.

Fall 1 – 100% Grupp A

Det första fallet baseras endast på grupp A och dess schema. Tanken med detta fall var att simulera ett fall för de som vädrar minst utefter de kriterier som används vid indelning av grupper.

Fall 2 – 100% Grupp B

De scheman i fall 2 baseras helt på grupp B. Tanken är att flest lägenheter ska hamna i denna grupp och därmed representera det som är mest troligt att vara brukarnas ”normala” vädringsbeteende.

Fall 3 – 90% Grupp B och 10% Grupp D

Simuleringsfallet valdes utefter en önskan av ett resultat på hur stor påverkan några få lägenheter har ifall det vädras mycket i dessa. Grupp D är som tidigare nämnt ett särfall som skiljer sig betydligt mycket från de andra i det avseende att det vädrades mycket mer i denna lägenhet. Då 12 lägenheter var med i studien och 1 i grupp D blir detta cirka 8% av lägenheterna. Denna andel avrundas dock upp till 10% då lägenheten i Grupp D var av den större storleken. Således kommer 90% av lägenheterna av de 25 ha scheman enligt grupp B och 10% enligt grupp D. Detta resulterar i 22 lägenheter enligt grupp B och 3 lägenheter enligt grupp D. Här valdes en etta, en två och en trea ut för en varierad storleksfördelning av lägenheterna. Valet att göra denna analys av grupp D med 90% enligt grupp B var på grund av att flest lägenheter var med i grupp B.

Fall 4 – 100% Grupp C

Fall 4 har scheman endast enligt grupp C. Detta är enligt indelningen den grupp som kommer att vädra mest (bortsett från särfallet Grupp D).

Fall 5 – Referensfall

Fall 5 är ett referensfall och det fall som troligen bäst liknar verkligheten. Ett förhållande beräknas av hur många lägenheter som ska tillhöra de olika vädringsgrupperna, beräkning sker i kapitel 4.1.3. Beräkningarna baseras på att mätningarna i de 12 lägenheterna i studien representerar alla lägenheter i byggnaden. Antagandet görs att fördelningen av vädringsvanorna i de 12 studerade antas fördelas samma i de 25 som en byggnad består av. En fördelning av lägenheterna ska göras för att få en variation av lägenhetsstorlek i varje grupp.

Fall 6 – Grundfall

Grundfallet är det enda simuleringsfall vars vädringsscheman inte baseras på vädringsbeteende kopplat till fallstudien. I detta fall är alla ventilationsluckor öppna 10% dygnet runt, ingen annan vädring sker via fönster. Den avsedda ventilationen som ska tillgodose uteluftsflödet antas endast förekomma. Syftet med detta fall är att kunna göra en jämförelse med de andra fallen gällande hur mycket energianvändningen ökar på grund av vädring.

Fall 7 – Känslighetsanalys

Simuleringsfallet utfördes i syfte att se hur känslig modellen var för en förändring i öppningsprocent. I det sjunde fallet minskades därmed öppningens storlek vid vädring till hälften. Det fall som ändrades var Fall 5 – Referensfall. Därmed blev de nya öppningsprocenten och öppningsvinklarna:

- Balkongdörrar: 15%
- Fönster: 5%
- Ventilationslucka: 50%

4.2.2.2 Resultat – Energisimulering

I Tabell 34 nedan presenteras byggnadens energianvändning för de olika fallen. Den totala energianvändningen presenteras i kWh och kWh/m² (A_{temp}) samt energianvändning för uppvärmning presenteras i kWh och kWh/m². I den totala energianvändningen ingår tappvarmvatten och fastighetsel. Anledningen till detta är för att det enda som skiljer de olika fallen åt är vädringsschema samt öppningsandel, således är det endast energianvändningen för uppvärmning som förändras. I senare analyser kommer endast energianvändning i kWh/m² att jämföras och analyseras. Vidare kommer även en analys av luftflödet göras. Som tidigare nämnt är de olika fallen:

- 1) 100% Grupp A
- 2) 100% Grupp B
- 3) 90% Grupp B och 10% Grupp D
- 4) 100% Grupp C
- 5) Referensfall – uppmätt fördelning av vädring i verkliga lägenheter med öppningsareaandel på 45% ventilationsluckor, 10% fönster, 30% balkongdörr
- 6) Grundfall om bara de öppningar som ingår i ventilationssystemet är öppna 10% (ventilationsluckorna), avsedd ventilation
- 7) Känslighetsanalys – uppmätt med antagen öppningsareaandel på 22,5% ventilationsluckor, 5% fönster, 15% balkongdörr

Tabell 34. Resultat energisimulering.

Fall	Tot. Energianvändning [kWh]	Tot. Energianvändning [kWh/m ²]	Energianvändning – uppvärmning [kWh]	Energianvändning – uppvärmning [kWh/m ²]
1	422 369	152,8	354 162	128,1
2	502 542	181,8	434 335	157,1
3	509 325	184,2	441 118	159,6
4	428 916	155,2	360 709	130,5
5	472 358	170,9	404 151	146,2
6	337 263	122,0	269 056	97,3
7	392 606	142,0	324 399	117,4

IDA ICEs rapport innehöll även information kopplat till inneklimat. Detta resultat presenteras nedan i Tabell 35. På sommaren kommer med största sannolikhet mer vädring att förekomma än vad som ingår i Tabell 35 vilka baseras på vädringen som skett under vintertid. Andelen av tiden som höga temperaturer inomhus uppnås i verkligheten bör vara lägre.

Tabell 35. Resultat inneklimat.

Fall	Operativ temperatur över 27°C i värsta zonen [%]	Operativ temperatur över 27°C i medelzonen [%]	Andel timmar med termiskt missnöje [%]
1	16	2	20
2	11	1	20
3	10	1	20
4	10	2	20
5	10	1	20
6	20	5	20
7	14	2	20

4.2.2.3 Jämförelse – Referensfall

Fall 5, referensfallet som baserats på alla vädringsgrupper jämförs mot fall 1-4. Fallet antogs som referensfall och det som motsvarar de verkliga vädringsvanorna hos brukare (för hela byggnaden). Referensfallet är det fall som ska symbolisera byggnadens verkliga brukarvanor. I Tabell 36 nedan redogörs jämförelse av fall 1-4 mot fall 5 – referensfallet. Som kan ses i Tabell 34 ovan är den totala energianvändningen för fall 5 170,9 kWh/m² och energianvändning för uppvärmning 146,2 kWh/m².

Tabell 36. Relativ förändring jämfört med referensfall (positiv siffra innebär en ökning, negativ siffra innebär en sänkning).

	Total energianvändning	Energianvändning – uppvärmning	
Fall	Förändring i %	Förändring i %	Förändring i kWh/m ²
1	- 11%	-12%	- 18,1
2	+ 6 %	+7%	+ 10,9
3	+ 8%	+9%	+ 13,3
4	-9 %	-11%	-15,7

Fall 1, där alla lägenheter vädras efter schemat för grupp A har en 11% lägre energianvändning än referensfallet och 12% lägre uppvärmningsenergi, skillnaden landar på minus 18,1 kWh/m². Fall 1 skiljer sig mest från referensfallet.

4.2.2.4 Jämförelse mellan Fall 1 och Fall 3

Nedan jämförs fall 1 – 100% Grupp A och fall 3 90% Grupp B och 10% Grupp D. Detta är fallet med högst energianvändning och fallet med lägst. Fall 1, har den lägsta totala energianvändningen på 152,8 kWh/m² och uppvärmningsenergi på 128,1 kWh/m². För fall 3 är motsvarande siffror 184,2 kWh/m² och 159,6 kWh/m². Se Tabell 37 för beräknad skillnad.

Tabell 37. Relativ förändring från fall 1 till fall 3 (positiv siffra innebär en ökning)

Total energianvändning	Energianvändning – uppvärmning	
Förändring i %	Förändring i %	Förändring i kWh/m ²
21%	25%	31,4

I denna fallstudie kan brukarbeteende påverka den totala energianvändningen med upp till 21%, baserat på verkliga vädringsvanor. Förändringen mellan de olika fallen är 31,4 kWh/m².

Som kan ses i Tabell 35 råder det även en skillnad i hur behagligt inneklimatet är för de olika fallen. För fall 1 överstiger den operativa temperaturen 27°C i värsta zonen 16% av tiden medan det i fall 3 överstiger denna temperatur 10% av tiden. I vistelsezonen skiljer det dock bara 1% mellan de olika fallen.

4.2.2.5 Jämförelse mellan Fall 2 och Fall 3

I fall 2 vädras det i alla lägenheter enligt Grupp Bs vädringsschema och i fall 3 alla lägenheter förutom 3 enligt grupp Bs. De resterande tre vädras enligt Grupp Ds schema för att ta reda på hur stor påverkan det har på energianvändningen om 10% vädrar betydligt mer. Fall 2 har en energianvändning på 181,8 kWh/m² totalt och 157,1 kWh/m² för uppvärmning. Se Tabell 38 för skillnader mellan fallen.

Tabell 38. Relativ förändring från fall 2 till fall 3 (positiv siffra innebär en ökning)

Total energianvändning	Energianvändning – uppvärmning	
Förändring i %	Förändring i %	Förändring i kWh/m ²
1%	2%	2,4

Förändringen mellan att alla vädrar som majoriteten (Grupp B hade flest lägenheter) och att alla förutom ett fåtal lägenheter vädrar som majoriteten är 2,4 kWh/m². Om alla vädrar hyfsat lite och ett fåtal vädrar mycket blir alltså skillnaden 1% i total energianvändning och 2% i energianvändning kopplat till uppvärmning.

Det som skiljer fall 2 och 3 åt gällande inneklimat är att temperaturen överstiger 27°C i värsta zonen 11% respektive 10% av tiden. Det vill säga skillnaden är 1%.

4.2.2.6 Jämförelse mellan Fall 2 och Fall 4

Nedan görs en jämförelse av fall 2 – 100% Grupp B och fall 4 – 100% Grupp C, se Tabell 39. Detta görs för att brukarna i grupp C vädrar totalt mer per dygn än de i grupp B, trots detta har fall 2 en betydligt högre energianvändning. Därmed kommer en analys även göras av deras scheman. Fall 4 har en energianvändning som totalt är 155,2 kWh/m².

Tabell 39. Relativ förändring från fall 2 till fall 4 (negativ siffra innebär en sänkning)

Total energianvändning	Energianvändning – uppvärmning	
Förändring i %	Förändring i %	Förändring i kWh/m ²
-15%	-17%	-26,6

För fall 4 där det i princip vädras mer är energianvändningen totalt 15 % lägre och för uppvärmning 17% lägre än för fall 3. Förändringen är 26,6 kWh/m². Om man jämför de olika gruppernas (B och C) scheman för att ta reda på anledningen till denna skillnad i energianvändning kan det utläsas att ventilationsfönstret i vardagsrummet är öppet betydligt längre för Grupp B samt ventilationsluckan i sovrum 1. En annan skillnad som kan urskiljas är att både balkongdörren i vardagsrummet och i köket är öppna mer för grupp B. När på dygnet vädringarna sker skiljer sig för fönstret i badrummet och ventilationsluckan i sovrummet. Dygnsfördelningen för balkongdörren är hyfsat lik för grupp B och grupp C. Gällande fönstret i badrummet öppnas det mer på morgonen i grupp B, medan det för grupp C sker fler öppningar på eftermiddagen. En stor skillnad är att ventilationsluckan i sovrummet är öppen betydligt mer på natten i grupp B jämfört med grupp C.

Vidare jämförs resultatet gällande inomhusklimat för de båda fallen. Fall 2 har högre andel timmar med operativ temperatur över 27°C i värsta zonen (11%) än vad fall 4 har (10%). Dock har fall 4 högre andel timmar med operativ temperatur över 27°C i vistelse-zonen (2%) än vad fall 2 har (1%).

4.2.2.7 Jämförelse – Grundfall

Fall 6 – Grundfallet har ventilation med endast ventilationsluckorna öppna 10% dygnet runt. Jämförelse sker med fall 1–6 för att se hur stor skillnaden är i kWh/m². Vid bostäder görs ett schablontillägg på 4 kWh/m² för vädring (Sveby, 2009) när projektering och energiberäkning sker. Fall 6 har en total energianvändning på 122,0 kWh/m². Förändringen presenteras nedan i Tabell 40.

Tabell 40. Jämförelse – Grundfall

Fall	Förändring i kWh/m ²
1	30,8
2	59,8
3	62,2
4	33,2
5	48,9

Förändringen för alla de olika fallen är större än 4 kWh/m². Minst förändring är det med fall 1, med en skillnad på 30,8 kWh/m², vilket är 7,7 gånger större än schablonvärdet. Den största skillnaden är mellan grundfallet och fall 3. Fall 3 har en energianvändning som är 62,2 kWh/m² större, 15,5 gånger så stor som det rekommenderade schablonvärdet.

4.2.2.8 Känslighetsanalys

För att ta reda på hur känslig modellen är för förändring av öppningsprocent och eftersom öppningsareaandelen inte är känd jämförs fall 7 – känslighetsanalys med fall 5 – referensfall. Endast öppningsprocent skiljer dessa två fall åt. Fall 5 har en total energianvändning på 170,9 kWh/m² och en uppvärmningsenergi på 146,2 kWh/m². Se jämförelsen i Tabell 41.

Tabell 41. Känslighetsanalys, relativ förändring från fall 5 till fall 7 (negativ siffra innebär en sänkning)

Total energianvändning	Energianvändning – uppvärmning	
Förändring i %	Förändring i %	Förändring i kWh/m ²
-17%	-20%	-28,9

Fall 7 har totalt en 17% lägre energianvändning och en 20% lägre energianvändning kopplad till uppvärmning. Detta resulterar i en förändring på 28,9 kWh/m². En lägre

öppningsprocent ger således en betydande skillnad och det bör tas i beaktning vid val av detta.

För grundfallet (avsedd ventilation utan vädring via fönster och dörrar) (fall 6) är energianvändningen för uppvärmning 97,3 kWh/m². För fall 5 är motsvarande siffra 146,2 kWh/m² och för fall 7 117,4 kWh/m². Detta visar på en skillnad på 10 kWh/m² mellan fallet för enbart avsedd ventilation (bara vädringsluckor öppna 10%) och fallet med uppmätt mätdata med en antagen öppningsgrad på 50% ventilationsluckor, 5% fönster, 15% balkongdörr. Fallet för enbart avsedd ventilation (bara vädringsluckor öppna 10%) och fallet med uppmätt mätdata med en antagen öppningsgrad på 100% ventilationsluckor, 10% fönster, 30% balkongdörr ger en skillnad på 49 kWh/m² mellan fallen. Båda fallen (5, 7) med verkliga mätdata ger ett högre bidrag än det schablonvärde på 4 kWh/m² som anges i enligt SVEBY.

4.2.3 Luftflöde

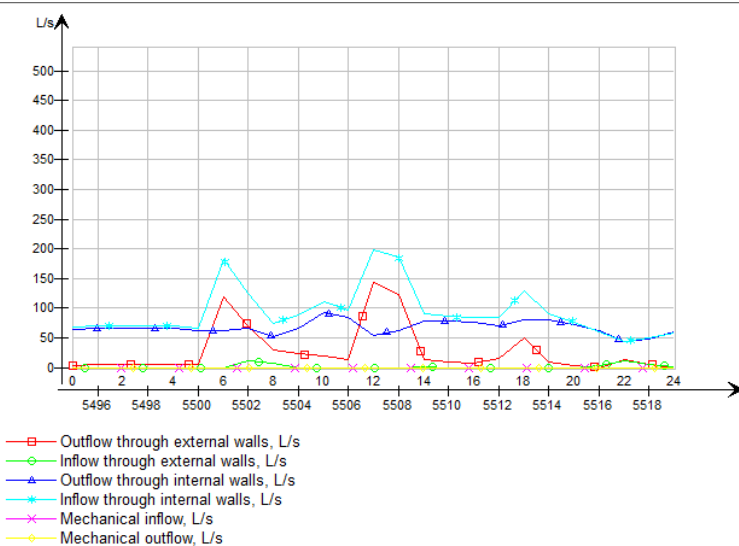
För analys av luftflöde har två huvudsovrums i byggnaden valts ut. Ett på bottenplan i mitten av byggnaden och ett på det tredje våningen placerad på gaveln av byggnaden. Dessa sovrums kommer jämföras i två olika fall. Vi kommer kalla sovrumsrummet på bottenplan för ”sovrums 1” och sovrumsrummet på tredje våningen för ”sovrums 2”. Det fall med högst energianvändning och det fall med lägst energianvändning jämförs. Det vill säga jämförs fall 1 – 100% Grupp A och fall 3 – 90% Grupp B och 10% Grupp D. I Tabell 42 nedan visas hämtat luftflöde gällande inflöde genom yttervägg, det vill säga uteluftsflödet via ventilationsluckan. Rapporterna från IDA ICE där informationen hämtas ses i bilaga H-K. Luftflödet som anges i tabellen är inflöde genom yttervägg, medelvärdet för varje månad, anggett i liter/s (l/s).

Tabell 42. Resultat – Luftflöde.

Månad	Sovrum 1 – Fall 1	Sovrum 2 – Fall 1	Sovrum 1 – Fall 3	Sovrum 2 – Fall3
Januari	21,93	18,81	39,62	33,33
Februari	21,68	19,21	42,04	36,38
Mars	18,08	16,00	34,60	29,58
April	16,84	15,34	32,06	28,09
Maj	21,74	18,53	41,33	34,18
Juni	18,28	15,96	34,04	29,46
Juli	16,96	14,13	30,50	25,44
Augusti	14,76	12,96	26,08	22,64
September	14,37	12,78	27,10	23,78
Oktober	13,44	12,37	25,80	22,73
November	23,35	20,38	42,81	36,48
December	14,55	13,30	27,74	24,32
Medelvärde	17,97	15,78	33,57	28,80

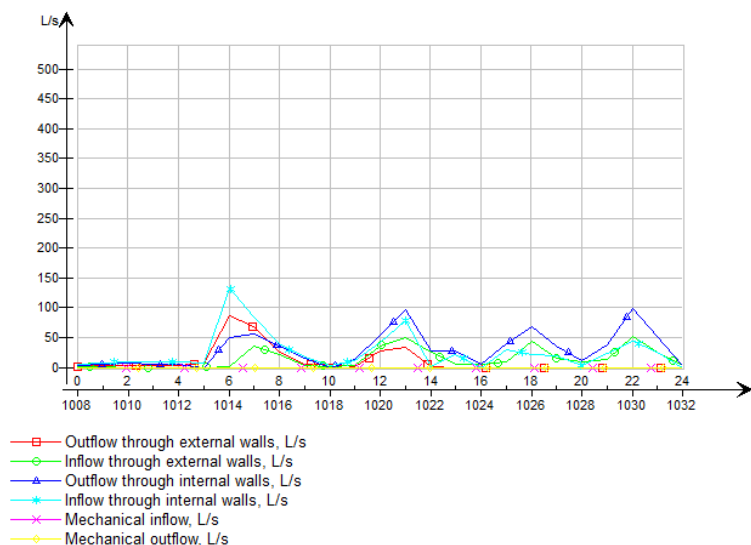
Riktvärdet för inflöde med friskluft för ett sovrum där två personer sover på natten är 8 l/s. Båda fallen och båda sovrummen uppfyller detta för alla månader. Skillnaden mellan de olika fallen ligger på 15,6 liter/s för sovrum 1 och 13,02 liter/s för sovrum 2 (medelvärde). Skillnaden mellan de olika sovrummen är 2,19 l/s för fall 1 och 4,77 för fall 3. Det är sovrum 1 på bottenplan och mitten av byggnaden som i båda fallen har det högre luftflödet.

För att ge en mer detaljerad bild av luftflödet tas ett sommarfall och ett vinterfall ut, båda fallen stäcker sig över 24 timmar. Resultatet för detta presenteras i ett diagram hämtat från IDA ICE. I analysen jämförs endast sovrum 1. Figur 45 visar sommarfallet för fall 1 och Figur 46 vinterfallet, därefter ses Figur 47 som visar sommarfallet för fall 3 och Figur 48 som visar vinterfallet för fall 3. Sommarfallet äger rum under augusti månad och vinterfallet under februari månad. I diagrammen är det den gröna linjen som utgör inflöde genom ytterväggens öppningar.



Figur 45. Sommarfall, Sovrum 1 – Fall 1

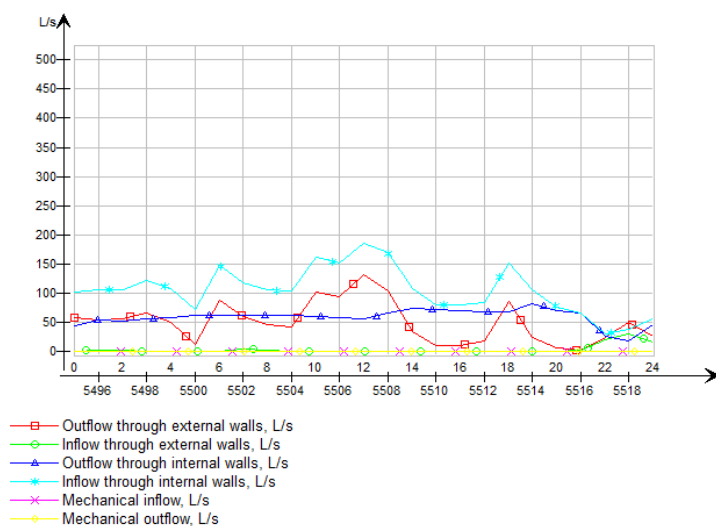
Medelvärdet för augusti månad var ett luftflöde på cirka 15 l/s. I Figur 45 syns vissa höjda luftflöden vid 07 och 22, men resterade tid på dygnet är inflödet nästintill noll för detta dygn. Samma öppningsgrad har antagits för hela året. Under sommartid hade troligen den varit lite högre. Detta hade inte påverkat uppvärmningsbehovet vintertid, varför detta inte har betydelse för energistudien, men kommer att underskatta flödet på sommaren.



Figur 46. Vinterfall, Sovrum 1 – Fall 1.

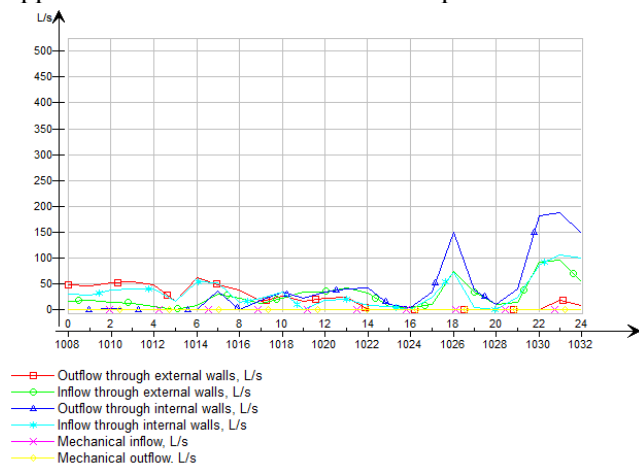
Medelvärde för februari fall 1 var cirka 22 l/s. I Figur 46 ser man tydligt när ventilationsluckan och/eller fönstret är öppna då topparna är vid 07, 13, 18 och 22 vilket är på ett ungefär när luckan öppnas för vädring enligt schemat. Under den senare delen av natten är dock luftflödet in nära noll.

Man kan se att den tid när man vistas i sovrummet kl. 22-06 så understiger luftflödet 8 l/s som krävs för två personer. Luftflödet under dagtid kl. 6-22 är högre, då man troligen inte vistas så mycket i sovrummet. Således ger de månadsflöden som redovisas i Tabell 42 inte en komplett bild över förhållandena under nattetid då man vistas i sovrummet.



Figur 47. Sommarfall, Sovrum 1 – Fall 3.

Augusti för fall 3 har ett medelvärde på 26 l/s luftflöde in genom ytterväggar. Detta flöde uppnås endast under ett fåtal timmar på natten som kan ses i Figur 47.



Figur 48. Vinterfall, Sovrum 1 – Fall 3.

Vinterfallet för fall 3 jämförs med medelvärdet på 42 l/s. Under de första timmarna är inflödet upp mot 100 l/s för att sedan plana ut. Tydliga toppar syns då ventilationsluckor och/eller fönster öppnas. Se Figur 48.

Slutsatsen som kan dras från dessa figurer med vinter och sommarfall är att luftflödet in påverkas av mer än bara hur mycket vädring som sker, även utomhusklimatet med utomhustemperatur och vindförhållande; hastighet och riktning. Det bör även påpekas att även om medelvärdet för månaden som presenterades i Tabell 42 visar att luftflödet är godkänt för två personer i ett sovrums, uppnår inte luftflödet kriteriet på 8 l/s alla dygn eller alla tider på dygnet.

5 Diskussion

Nedan diskuteras det resultat som presenterats ovan. Intressanta, oväntade och avvikande resultat diskuteras. Vidare presenteras förslag på fortsatt forskning samt felkällor.

Resultaten från lägenheterna skiljer sig en del från varandra. Vid analys av kriteriet som användes vid gruppindelning, det vill säga total öppningstid per dygn, alltså summerade vädringstider för alla öppningar i en lägenhet under ett dygn, varierar det från ungefär 7 timmar per dygn till 67 timmar per dygn. Detta visar att vädringsvanor mellan brukare kan skilja sig avsevärt. Intressant är att lägenheten med kortast vädringstid per dygn är till ytan större än lägenheten där det vädras som mest. Överlag vädras det enligt tidigare nämnda kriterium mer i de större lägenheterna, vilket anses rimligt då de har fler fönster, ventilationsluckor och balkongdörrar som kan hållas öppna samtidigt. Därmed var resultatet för den lägenhet som vädrar minst (lägenhet 3) avvikande då denna är av storleken 4 rum och kök.

Den avsedda vädringen, bestående av ventilationsluckor används mer än den ”onödiga”. Medelvärde av vädringstid per dygn är högre och den genomsnittliga vädringen är längre för dessa öppningar. Vidare ses detta som positivt då ventilationsluckorna är den del av byggnadens ventilationssystem och är de som är öppna är väsentligt för att systemet ska fungera optimalt. För fönster i badrum och balkongdörr, som båda tillhör gruppen av ”onödig” vädring är det vanligast med öppning på eftermiddagen, vilket kan tänkas hör ihop med när de boende kommer hem från arbetsdagen.

Ett oväntat och intressant resultat var att vädringsgrupp B (fall 2) fick en högre energianvändning än grupp C (fall 4). Utifrån detta resultat kan både argumentation föras att kriteriet för gruppindelning inte är optimalt, och att det ur energisynpunkt finns bättre sätt att vädra på. Genom att vädra smartare, kan brukare vädra längre tid utan att energianvändningen ökar. Grupp B har balkongdörren öppen mer än grupp C, vilket kan anses som ett mindre ”smart” vädringsalternativ då höjden på öppningen påverkar inflödet av luft mer än bredden (Nordquist, 1998). Att ha öppet ventilationsluckor under natten vilket var vanligare för grupp B ger också högre energianvändning då utemperaturen är lägre på natten. Trots att detta beteende hur energisynpunkt kan benämnas som mindre ”smart” bör de boende ha sina ventilationsluckor öppna under natten för ett optimalt inomhusklimat då lufttillförseln i ventilationssystemet sker via vädringsluckor.

Tillägg för vädring enligt Svebys brukarindata (2009) ligger på 4 kWh/m², resultatet för fallstudien visade att tillägget för den simulerade byggnaden baserat på uppmätt vädring i verkliga lägenheter var betydligt högre än det rekommenderade. Detta kan bland annat bero på byggnadens typ av ventilationssystem med tilluft genom ventilationsluckor. Luckorna har en högre höjd en bredd vilket ger ett högt inflöde. Med denna rapport som grund kan argumentation ske gällande att detta värde inte är anpassat efter alla typer byggnader och system, det kan således rekommenderas att schablontillägget för vädring inte är samma för alla typer av byggnader.

Lägenheter vars resultat var utmärkande var bland annat lägenhet 6 och lägenhet 4. I lägenhet 6 öppnas ventilationsluckan i sovrummet mest på morgonen. Det kan diskuteras om anledningen är att de boende vaknar upp, känner ”instängd” luft och således väljer att öppna luckan. Troligt är att brukarna sedan lämnar sovrummet. Därmed förs frisk luft in vid ”fel” tillfälle när brukarna inte vistas i sovrummet, för en bättre inomhusmiljö bör öppningen ske på kvällen för att förbättra luftkvaliteten inför vistelse i rummet. En intressant förändring sker i beteende hos brukaren i lägenhet 4. Under mätperioden 2017 varierar när på dygnet ventilationsluckan i sovrummet öppnas. 2019 sker alla öppningar på kvällen och luckan hålls öppen under natten, när det är som mest troligt att brukaren vistas i rummet.

Vädning med balkongdörren, både tid och hur ofta den öppnas påverkas av hur mycket brukarna använder sin balkong. Användandet av balkongen kan i sin tur påverkas av om de boende är rökare eller inte. Brukare som röker använder troligen sin balkong fler gånger per dag än de som inte röker. Specifikt kan detta tänkas skiljas åt under de kallare månaderna när det troligtvis inte är lika behagligt att vistas på balkongen.

5.1 Fortsatt forskning

Öppningsandelen har inte mätts och har därför varit okänd, anges i procent öppet. Detta har hanterats i denna studie genom att variera olika förhoppningsvis realistiska öppningsandelar för att få ett intervall (vädringslucka 50-100% öppningsandel, fönster 5-10% öppningsandel, balkongdörr 30-15% öppningsandel). Dessa är förhoppningsvis förhållandevis konservativa och på den säkra sidan genom att öppningsandelen bedöms förhållandevis liten. Verkligheten tros finnas någonstans inom dess intervall. Öppningsandelen är dock lämplig att genomföra fortsatta studier inom.

En djupare analys hade kunnat genomföras gällande hur vädning med ventilationsluckor påverkar öppning av fönster. Hypotesen är att om avsedda ventilationsluckor är öppna så är fönstret mindre öppet och öppnas mer sällan.

Simuleringar av luftflöden i enskilda sovrum visar att det förekommer perioder då rekommenderade flöde på 4 l/s person understigs då man vistas i sovrummet (nattetid). En fortsatt forskning hade kunnat genomföras gällande detta och hur man optimerar vädning och öppning av ventilationsluckor för att det rekommenderade flödet ska uppnås under den tiden då brukare spenderar tid i rummet.

Mätdata i verkliga lägenheter kan tyda på att människor upplever ett behov av en ökad luftomsättning. Det är viktigt att beakta att det kan finnas ett behov av en större luftomsättning på grund av temperatur eller luftkvalitetsförhållanden inomhus. De rekommenderade luftflödena i bostäder (sovrum) är lägre (4 l/s person) än de rekommenderade i kontor och skolor (7 l/s person).

I fallstudien har mätningar genomförts i en byggnad där fönster med öppningsmöjlighet finns placerade i badrum. En intressant fortsatt forskning kopplad till denna fallstudie är att studera om och vidare hur vädning av detta fönster påverkar luften i badrummets

fukttillskottet. Om fönstret är öppet vid dusch och därmed minskar fukttillskottet i rummet.

5.2 Felkällor

För vissa typer av öppningar fanns endast mätdata från ett fåtal lägenheter (exempelvis fönster i sovrum 2). Detta ger en påverkan på resultatets tillförlitlighet, speciellt om en av dessa lägenheter påvisar en avvikande vana som ger en stor skillnad vid beräkning av medelvärde. Till exempel för fönstret i sovrum 2 varierar öppningstiden per dygn från 0 timmar, 0 minuter till 17 timmar och 30 minuter.

I byggnaden existerar både inglasade och icke inglasade balkonger. Inglasning beaktas i modellen där 50% av balkongerna antagits vara inglasade. Information gällande inglasning finns inte angivet i givna mätdata från PEIRE. Inglasningen kan påverka hur mycket brukarna väljer att ha balkongdörren öppen.

Majoriteten av mätningar genomfördes på vinter/vår, rimlig tanke är att det troligen hålls mer öppet på sommaren, vilket kan ge en skillnad i resultatet för brukarbeteende. Dock bör detta inte ge en avsevärd skillnad i energianvändning då de mest väsentliga månaderna är de med uppvärmning och därmed de månader som mätningar genomförs för.

6 Slutsats

Slutsatsen som kan dras gällande brukarvanor kopplade till vädringsbeteende är att människor vädrar väldigt olika. Resultatet skiljer mycket åt mellan de 12 studerade lägenheterna. En sammanställning och beräkning av medelvärde visar att ventilationsluckorna hålla öppna mellan 8 och 10 timmar per dygn. En genomsnittlig vädring är mellan 73 timmar (3 dygn) och 119 timmar (5 dygn) lång och luckorna öppnas ungefär en gång var tionde dag. I de fall kortare vädringar sker med luckorna väljer brukarna främst att öppna ventilationsluckorna på morgonen, eftermiddagen eller kvällen. Öppningstiden för fönster i badrum (både fönstret uppe och nere) är totalt nästan 3 timmar per dygn. Fönstret uppe i badrummet hålls i genomsnitt öppet cirka 8 timmar åt gången och öppnas ungefär var tredje dag. Brukarna öppnar främst fönstret i badrummet på eftermiddagen. Medelvärdet per dygn för fönster i byggnaden (exklusive fönster i badrum) varierar mellan 1 timme och 6 timmar, där fönstret i sovrum 2 har längst vädringstid. Balkongdörrarna öppnas i genomsnitt mellan 2 och 5 gånger per dag. Öppningarna är kortare och varierar mellan 23 minuter och 37 minuter. Detta resulterar i att de olika balkongdörrarna är öppna totalt drygt 1 timme respektive 2 timmar per dygn. Majoriteten av dessa vädringar sker på eftermiddagen.

Utifrån den gruppindelning som genomförts i rapporten anses grupp B vara den vädrings-grupp vars vanor är vanligast. Antagandet görs baserat på att flest lägenheter hamnade i denna grupp. Slutsatsen som dras från mätdata är att det är vanligast med en total vädringstid (alla vädringstider summerade) mellan 15 och 30 timmar per dygn. Medelvärdet av den totala vädringstiden för denna grupp är 22 timmar per dygn och lägenhet. Av dessa 22 timmar tiden för vädring genom ventilationsluckor cirka 17 timmar och fem timmar ”onödig vädring”. Vid framtagande av vädringsschema för denna grupp blir slutsatsen att de vädrar mest med ventilationsluckan/fönster i vardagsrum samt med ventilationsluckan i sovrum 1. Badrumsfönstret öppnas mest på morgonen, balkongdörren på eftermiddagen och ventilationsluckan i sovrummet på natten.

Utifrån energisimuleringarna kan slutsatsen dras gällande hur stor skillnaden är i energianvändning mellan olika brukarvanor. Genom att jämföra fallet med högst energianvändning med fallet med den lägsta energianvändningen besvaras denna frågeställning. Fall 3 (90% Grupp B och 10% Grupp D) hade högst energianvändning medan fall 1 (100% Grupp A) hade lägst. Slutsatsen är att skillnaden i energianvändning mellan olika brukarvanor blev som mest 21% skillnad i total energianvändning och 25% skillnad i energianvändning för uppvärmning, detta gav en skillnad på 31,4 kWh/m² år (A_{temp}).

Genom jämförelse med referensfallet som ska symbolisera en så trovärdig bild av verkliga förhållande som möjligt kan frågeställningen gällande hur mycket brukarvanor kan påverka en byggnads energianvändning. Om en förändring i brukarvanor skulle ske där alla vädrar som Grupp A (Fall 1 - lägst energianvändning) skulle den totala energianvändningen minska med 11% och energianvändning till uppvärmning minska med 12 %, vilket skulle ge en minskning med 18,1 kWh/m² år (A_{temp}). Skulle en förändring ske och brukarna vädrar som i fall 3 (90% Grupp B och 10% Grupp D) skulle den totala energianvändningen öka med 8% och uppvärmningsenergin öka med 9%, vilket motsvarar en ökning på 13,3 kWh/m² år (A_{temp}). Slutsatsen är att brukarvanor kan ge en

minskning på upp till 11% och en ökning på upp till 8% gällande den totala energianvändningen.

Referenser

Allmännyttan (u.å.). *Miljonprogrammet*. <https://www.allmannyttan.se/historia/tidslinje/miljonprogrammet/> [2022-06-09]

Bergvall, S. & Cerps, A. (2020). *Vädringsvanor och energiberäkningar - En enkätstudie kring vädringsvanor och dess påverkan på energiberäkningar i bostäder*. u.å.: Linnéuniversitetet.

BETSI (2009). *Enkätundersökning om boendes upplevda inomhusmiljö och ohälsa*. u.o.: Boverket.

Boverket (2020a). *Bestämning av byggnadens energianvändning*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/energihushallning/bestamning-av-byggnadens-energianvandning/> [2022-07-05]

Boverket (2020b). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/> [2022-06-09]

Boverket (2021a). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/> [2022-07-05]

Boverket (2021b). *Välj ventilationssystem när du bygger eller renoverar*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/valj-ventilationssystem/> [2022-06-09]

Boverket (2022). *Primärenergital och byggnadens energiprestanda*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energihushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energi-prestanda/> [2022-07-05]

Björk, Cecilia, Kallstenius, Per & Reppen, Laila (2003). *Så byggdes husen 1880-2000: arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år*. 5., [utök.] uppl. Stockholm: Formas

Energy Building (u.å.). *Frånluftsventilation – funktion och förbättring*. <https://www.energybuilding.se/franluftsventilation/> [2022-06-09]

EQUA (u.å.). *IDA Indoor Climate and Energy*. <https://www.equa.se/en/ida-ice> [2022-06-17]

Flexit (u.å.). *Mekanisk frånluft (F)*. <https://www.flexit.no/sv/ventilation/de-tre-olika-ventilationssatten/mechanisk-franluft-f/> [2022-06-09]

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

Magnusson, R. & Sellin, N. (2018). *Renoveringsåtgärders och brukarbeteendes effekt på energianvändning och inomhusmiljö i frånluftsventilerade flerbostadshus*. Lund: Lunds tekniska högskola.

NE (2022). *Miljonprogrammet*. <https://www-ne-se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/miljonprogrammet> [2022-06-09]

Nordquist, B. (2017). *Fördjupad uppföljning av Flagghusen-Studie av inneklimat, ventilationssystem och vädringsbeteende*. Lund: Lunds tekniska högskola.

Nordquist, B. (1998). *Vädning i skolor – ett komplement till normal ventilation?*. Lund: Lunds tekniska högskola.

PEIRE. 2020. *Slutseminarie PEIRE-projektet*. <https://www.youtube.com/watch?v=psYaNeKOGIk&list=PLXGHXpAti7oHGeRaIGvKoci0rM45mesy5&index=4>
4 Nya tekniska mätningar av beteende och av inomhusluft - YouTube, 2020

Statistiska Centralbyrån (2018). *Bostadsbeståndet 2017-12-31*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/bostadsbestand/pong/statistiknyhet/bostadsbestandet-2017-12-31/> [2022-07-05]

Statistiska Centralbyrån (2021). *Färdigställda nybyggnader, Ombyggnad och rivning av flerbostadshus 2020, definitiva uppgifter*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/bostadsbyggande-och-ombyggnad/nybyggnad-av-bostader/pong/statistiknyhet/fardigstallda-nybyggnader-ombyggnad-och-rivning-av-flerbostadshus-2020-definitiva-uppgifter/> [2022-07-04]

Sveby (2009). *Brukarindata för energiberäkningar i bostäder*.


Upplands Energi (2022). <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/rorligt-elpris/prishistorik/> [2022-07-05]

Vad-Schütt Klockervold, B. (2016). *Vädning och beteendeskilnader-En studie av faktorer för olikheter i vädringsbeteende*. Stockholm: KTH - Skolan för Industriell Teknik och Management.

Vattenfall (2022). *Prishistorik över Rörligt elpris*. <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/rorligt-elpris/prishistorik/> [2022-07-05]

Bilagor






Bilaga A – Resultat Energisimulering Fall 1.

		Delivered Energy Report	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2764.3 m ²
Created by		Model volume	7187.1 m ³
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model ground area	667.8 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Model envelope area	2734.5 m ²
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall1	Window/Envelope	14.1 %
Simulated	2022-05-21 23:31:21	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

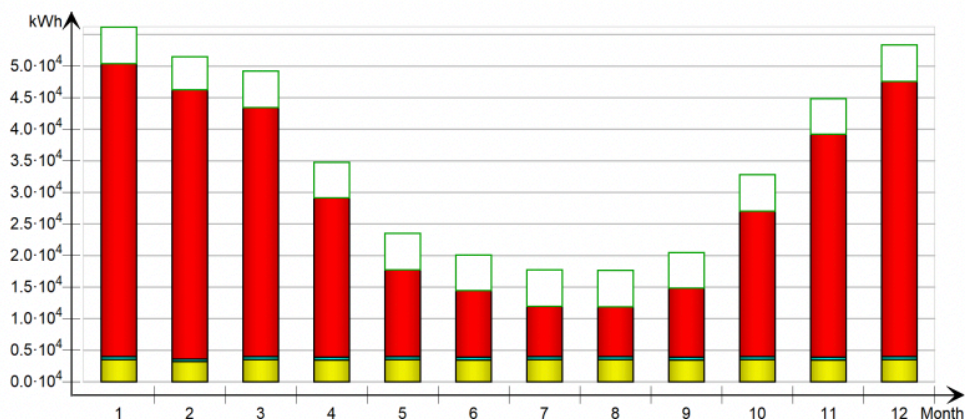
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	16 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	2 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
 Lighting, facility	41813	15.1	4.77
 Electric cooling	0	0.0	0.0
 HVAC aux	5453	2.0	0.62
Total, Facility electric	47266	17.1	
 District heating	306896	111.0	162.6
Total, Facility district	306896	111.0	
Total	354162	128.1	
 Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
Total, Tenant electric	68207	24.7	
Grand total	422369	152.8	

Monthly Purchased/Sold Energy




Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	46449.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	42648.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	39460.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	25233.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	13719.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	10570.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	7966.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	7898.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	10953.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	23077.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	35346.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	43577.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	306896.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

Bilaga B – Resultat Energisimulering Fall 2.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2764.3 m ²
Created by		Model volume	7187.1 m ³
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model ground area	667.8 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Model envelope area	2734.5 m ²
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall2	Window/Envelope	14.1 %
Simulated	2022-05-19 09:05:30	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

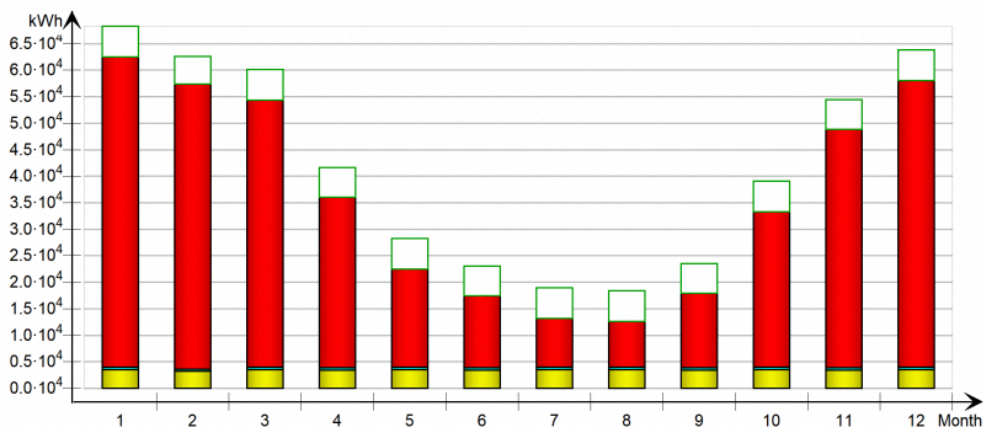
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	11 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	1 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

		Purchased energy		Peak demand
		kWh	kWh/m ²	kW
■	Lighting, facility	41813	15.1	4.77
■	Electric cooling	0	0.0	0.0
■	HVAC aux	5453	2.0	0.62
	Total, Facility electric	47266	17.1	
■	District heating	387069	140.0	162.7
	Total, Facility district	387069	140.0	
	Total	434335	157.1	
■	Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
	Total, Tenant electric	68207	24.7	
	Grand total	502542	181.8	

Monthly Purchased/Sold Energy



Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus


Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility (kWh)	Electric cooling (kWh)	HVAC aux (kWh)	District heating (kWh)	Equipment, tenant (kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	58486.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	53806.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	50369.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	32152.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	18482.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	13607.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	9158.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	8666.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	14025.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	29295.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	44968.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	54055.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	387069.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)






Bilaga C – Resultat Energisimulering Fall 3.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2764.3 m ²
Created by		Model volume	7187.1 m ³
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model ground area	667.8 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Model envelope area	2734.5 m ²
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall3	Window/Envelope	14.1 %
Simulated	2022-05-21 03:13:12	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

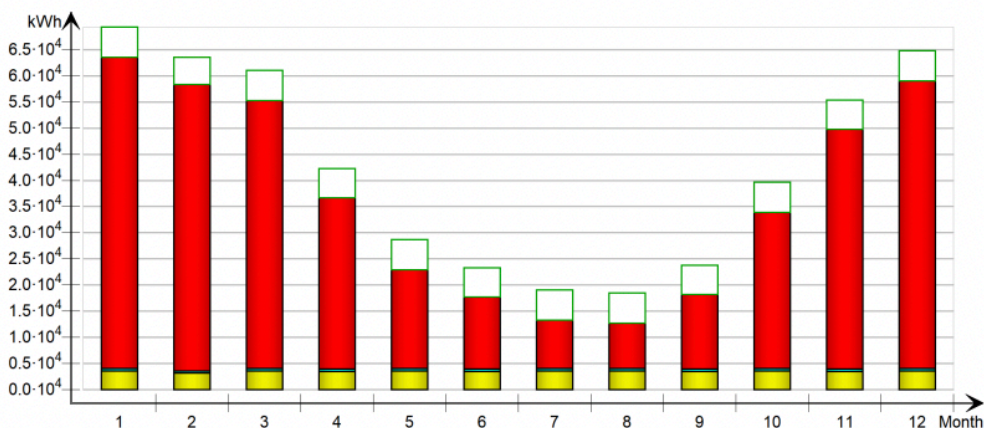
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	10 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	1 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
 Lighting, facility	41813	15.1	4.77
 Electric cooling	0	0.0	0.0
 HVAC aux	5453	2.0	0.62
Total, Facility electric	47266	17.1	
 District heating	393852	142.5	162.5
Total, Facility district	393852	142.5	
Total	441118	159.6	
 Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
Total, Tenant electric	68207	24.7	
Grand total	509325	184.2	

Monthly Purchased/Sold Energy



Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus


Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	59513.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	54777.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	51253.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	32746.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	18854.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	13806.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	9251.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	8704.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	14237.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	29842.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	45862.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	55007.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	393852.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)






Bilaga D – Resultat Energisimulering Fall 4.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2764.3 m ²
Created by		Model volume	7187.1 m ³
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model ground area	667.8 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Model envelope area	2734.5 m ²
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall4	Window/Envelope	14.1 %
Simulated	2022-05-19 21:18:38	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

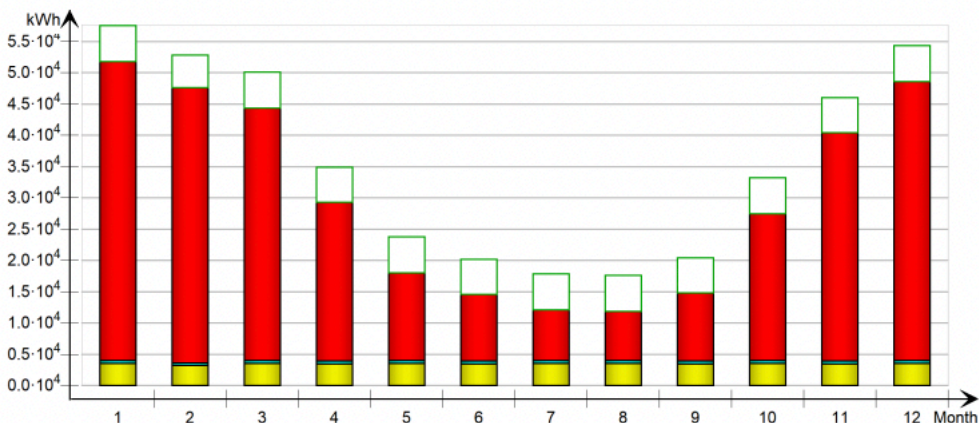
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	10 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	2 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
 Lighting, facility	41813	15.1	4.77
 Electric cooling	0	0.0	0.0
 HVAC aux	5453	2.0	0.62
Total, Facility electric	47266	17.1	
 District heating	313443	113.4	159.4
Total, Facility district	313443	113.4	
Total	360709	130.5	
 Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
Total, Tenant electric	68207	24.7	
Grand total	428916	155.2	

Monthly Purchased/Sold Energy



Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus


Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	47820.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	44017.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	40339.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	25366.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	14041.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	10620.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	8044.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	7838.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	10850.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	23455.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	36484.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	44569.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	313443.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

Bilaga E – Resultat Energisimulering Fall 5.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2764.3 m ²
Created by		Model volume	7187.1 m ³
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model ground area	667.8 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Model envelope area	2734.5 m ²
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall5	Window/Envelope	14.1 %
Simulated	2022-05-20 08:32:37	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

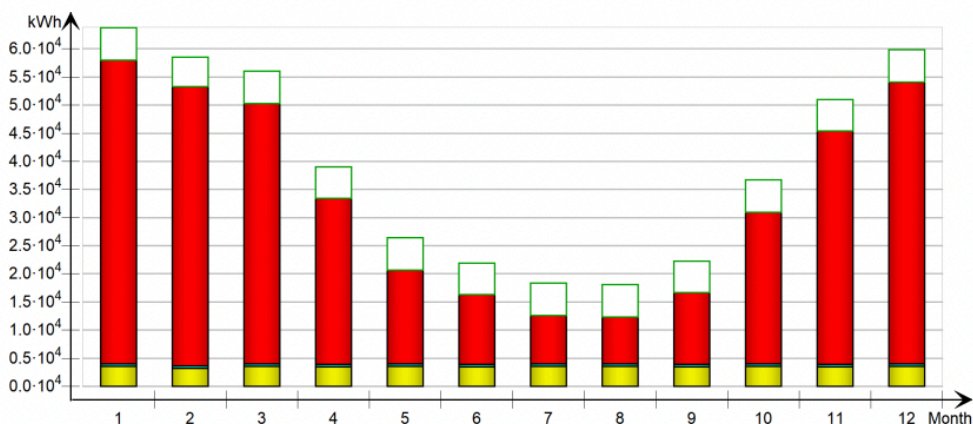
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	10 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	1 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
■ Lighting, facility	41813	15.1	4.77
■ Electric cooling	0	0.0	0.0
■ HVAC aux	5453	2.0	0.62
Total, Facility electric	47266	17.1	
■ District heating	356885	129.1	160.5
Total, Facility district	356885	129.1	
Total	404151	146.2	
□ Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
Total, Tenant electric	68207	24.7	
Grand total	472358	170.9	

Monthly Purchased/Sold Energy




Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	54039.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	49664.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	46264.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	29515.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	16677.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	12408.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	8641.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	8297.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	12783.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	26982.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	41470.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	50145.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	356885.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

Bilaga F – Resultat Energisimulering Fall 6.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
		Model floor area	2764.3 m ²
Customer		Model volume	7187.1 m ³
Created by		Model ground area	667.8 m ²
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model envelope area	2734.5 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Window/Envelope	14.1 %
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall6	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
Simulated	2022-06-13 22:06:14	Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

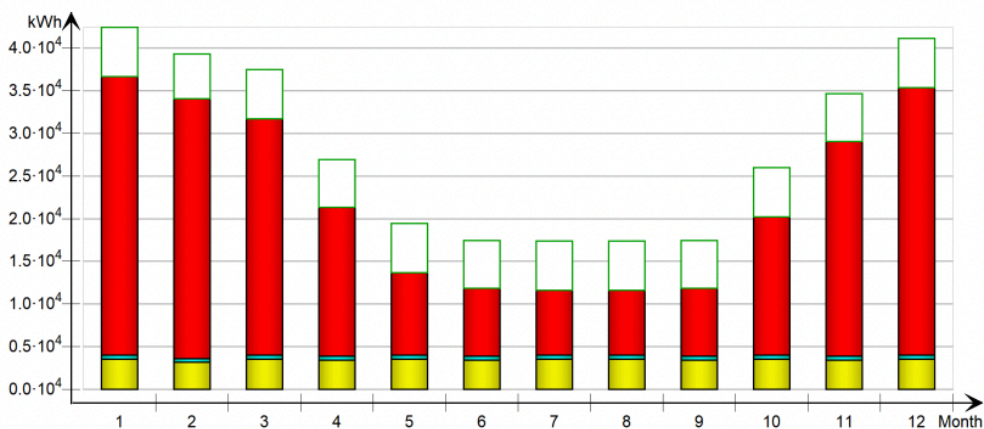
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	20 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	5 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
■ Lighting, facility	41813	15.1	4.77
■ Electric cooling	0	0.0	0.0
■ HVAC aux	5453	2.0	0.62
Total, Facility electric	47266	17.1	
■ District heating	221790	80.2	89.64
Total, Facility district	221790	80.2	
Total	269056	97.3	
□ Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
Total, Tenant electric	68207	24.7	
Grand total	337263	122.0	

Monthly Purchased/Sold Energy



Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus


Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	32622.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	30495.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	27695.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	17420.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	9658.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	7967.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	7631.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	7631.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	7973.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	16181.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	25182.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	31335.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	221790.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

Bilaga G – Resultat Energisimulering Fall 7.

		<h2>Delivered Energy Report</h2>	
Project		Building	
Customer		Model floor area	2764.3 m ²
Created by		Model volume	7187.1 m ³
Location	Malmö/Sturup_026360 (ASHRAE 2013)	Model ground area	667.8 m ²
Climate file	SWE_MALMO-STURUP_026360(IW2)	Model envelope area	2734.5 m ²
Case	IDA Modell Kv. Eddan Fall7	Window/Envelope	14.1 %
Simulated	2022-06-17 10:15:17	Average U-value	0.9472 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.3805 m ² /m ³

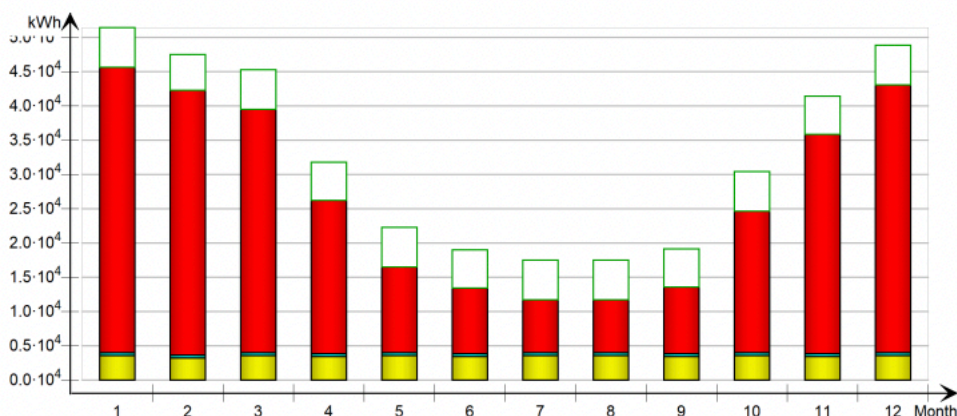
Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	14 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	2 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	20 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
■ Lighting, facility	41813	15.1	4.77
■ Electric cooling	0	0.0	0.0
■ HVAC aux	5453	2.0	0.62
Total, Facility electric	47266	17.1	
■ District heating	277133	100.3	153.2
Total, Facility district	277133	100.3	
Total	324399	117.4	
■ Equipment, tenant	68207	24.7	7.79
Total, Tenant electric	68207	24.7	
Grand total	392606	142.0	

Monthly Purchased/Sold Energy



Brukares påverkan av energianvändning i miljonprogramshus

Month	Facility electric			Facility district	Tenant electric
	Lighting, facility	Electric cooling	HVAC aux	District heating	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	3551.0	0.0	463.1	41633.0	5793.0
2	3208.0	0.0	418.3	38656.0	5232.0
3	3551.0	0.0	463.1	35477.0	5793.0
4	3437.0	0.0	448.2	22388.0	5606.0
5	3551.0	0.0	463.1	12511.0	5793.0
6	3437.0	0.0	448.2	9594.0	5606.0
7	3551.0	0.0	463.1	7718.0	5793.0
8	3551.0	0.0	463.1	7710.0	5793.0
9	3437.0	0.0	448.2	9688.0	5606.0
10	3551.0	0.0	463.1	20621.0	5793.0
11	3437.0	0.0	448.1	32029.0	5606.0
12	3551.0	0.0	463.1	39108.0	5793.0
Total	41813.0	0.0	5452.7	277133.0	68207.0

IDA Indoor Climate and Energy

Version: 4.802

License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)

Bilaga H – Resultat Luftflöde, Sovrum 1 – Fall 1.

Air flows in zone, in/out through internal/external walls or mechanical ventilation

IDA Indoor Climate and Energy 4.802 License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)
 Object: Typ 5 - Sovrum1 Plan 3.Air flow in zone
 System: C:\Users\GTSA - Infinity\Desktop\Saffran\IDA Modell Kv. Eddan Fall1.idm
 Description:
 Simulated: 2022-05-21 23:31:21 [34621]
 Saved: 2022-05-22 01:32:12

	Variables					
	Outflow through external walls, L/s	Inflow through external walls, L/s	Outflow through internal walls, L/s	Inflow through internal walls, L/s	Mechanical inflow, L/s	Mechanical outflow, L/s
January	19.7	18.81	45.76	45.46	0.0	0.0
February	14.67	19.21	49.1	43.27	0.0	0.0
March	19.46	16.0	37.32	39.71	0.0	0.0
April	17.22	15.34	30.97	32.05	0.0	0.0
May	8.754	18.53	37.02	26.62	0.0	0.0
June	13.1	15.96	42.37	39.11	0.0	0.0
July	11.07	14.13	50.92	47.55	0.0	0.0
August	14.52	12.96	46.17	47.47	0.0	0.0
September	13.83	12.78	32.6	33.29	0.0	0.0
October	17.62	12.37	23.39	28.01	0.0	0.0
November	12.82	20.38	40.83	32.17	0.0	0.0
December	20.88	13.3	33.63	40.26	0.0	0.0
mean	15.32	15.78	39.12	37.91	0.0	0.0
mean*8760.0 h	134213.7	138264.8	342661.1	332094.3	0.0	0.0
min	8.754	12.37	23.39	26.62	0.0	0.0
max	20.88	20.38	50.92	47.55	0.0	0.0

Bilaga I – Resultat Luftflöde, Sovrum 2 – Fall 1.

Air flows in zone, in/out through internal/external walls or mechanical ventilation

IDA Indoor Climate and Energy 4.802 License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)
 Object: Typ 5 - Sovrum1.Air flow in zone
 System: C:\Users\GTSA - Infinity\Desktop\Saffran\IDA Modell Kv. Eddan Fall1.idm
 Description:
 Simulated: 2022-05-21 23:31:21 [34621]
 Saved: 2022-05-22 01:32:12

	Variables					
	Outflow through external walls, L/s	Inflow through external walls, L/s	Outflow through internal walls, L/s	Inflow through internal walls, L/s	Mechanical inflow, L/s	Mechanical outflow, L/s
January	17.67	21.93	50.2	44.7	0.0	0.0
February	12.48	21.68	51.85	41.3	0.0	0.0
March	17.37	18.08	41.99	40.18	0.0	0.0
April	15.41	16.84	39.3	37.07	0.0	0.0
May	7.221	21.74	58.78	43.6	0.0	0.0
June	11.85	18.28	58.63	51.75	0.0	0.0
July	9.722	16.96	62.39	54.81	0.0	0.0
August	13.38	14.76	56.75	55.08	0.0	0.0
September	12.59	14.37	54.95	52.79	0.0	0.0
October	15.62	13.44	37.65	39.2	0.0	0.0
November	11.26	23.35	47.16	33.89	0.0	0.0
December	18.76	14.55	35.88	39.15	0.0	0.0
mean	13.63	17.97	49.61	44.49	0.0	0.0
mean*8760.0 h	119382.3	157378.7	434541.9	389737.6	0.0	0.0
min	7.221	13.44	35.88	33.89	0.0	0.0
max	18.76	23.35	62.39	55.08	0.0	0.0

Bilaga J – Resultat Luftflöde, Sovrum 1 – Fall 3.

Air flows in zone, in/out through internal/external walls or mechanical ventilation

IDA Indoor Climate and Energy 4.802 License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)
 Object: Typ 5 - Sovrum1 Plan 3.Air flow in zone
 System: C:\Users\GTSA - Infinity\Desktop\Saffran\IDA Modell Kv. Eddan Fall3.idm
 Description:
 Simulated: 2022-05-21 03:13:12 [42862]
 Saved: 2022-05-21 13:51:36

	Variables					
	Outflow through external walls, L/s	Inflow through external walls, L/s	Outflow through internal walls, L/s	Inflow through internal walls, L/s	Mechanical inflow, L/s	Mechanical outflow, L/s
January	32.83	33.33	85.22	82.87	0.0	0.0
February	24.14	36.38	93.0	78.74	0.0	0.0
March	32.6	29.58	71.56	72.88	0.0	0.0
April	27.85	28.09	51.49	49.84	0.0	0.0
May	13.8	34.18	57.56	35.92	0.0	0.0
June	20.99	29.46	59.34	50.11	0.0	0.0
July	17.91	25.44	66.99	58.95	0.0	0.0
August	23.03	22.64	63.02	63.03	0.0	0.0
September	21.92	23.78	44.59	42.02	0.0	0.0
October	29.18	22.73	38.85	44.2	0.0	0.0
November	22.45	36.48	74.5	58.7	0.0	0.0
December	34.73	24.32	59.98	68.83	0.0	0.0
mean	25.15	28.8	63.67	58.77	0.0	0.0
mean*8760.0 h	220291.1	252271.0	557734.2	514806.8	0.0	0.0
min	13.8	22.64	38.85	35.92	0.0	0.0
max	34.73	36.48	93.0	82.87	0.0	0.0

Bilaga K – Resultat Luftflöde, Sovrum 2 – Fall 3.

Air flows in zone, in/out through internal/external walls or mechanical ventilation

IDA Indoor Climate and Energy 4.802 License: IDA40:ICE40X:ED125/N7Y8B (educational license)
 Object: Typ 5 - Sovrum1.Air flow in zone
 System: C:\Users\GTSA - Infinity\Desktop\Saffran\IDA Modell Kv. Eddan Fall3.idm
 Description:
 Simulated: 2022-05-21 03:13:12 [42862]
 Saved: 2022-05-21 13:51:36

	Variables					
	Outflow through external walls, L/s	Inflow through external walls, L/s	Outflow through internal walls, L/s	Inflow through internal walls, L/s	Mechanical inflow, L/s	Mechanical outflow, L/s
January	30.57	39.62	89.23	78.13	0.0	0.0
February	21.05	42.04	95.9	72.65	0.0	0.0
March	30.59	34.6	77.16	71.32	0.0	0.0
April	25.85	32.06	60.85	53.15	0.0	0.0
May	11.92	41.33	81.3	50.5	0.0	0.0
June	19.7	34.04	76.04	60.86	0.0	0.0
July	16.64	30.5	81.79	67.37	0.0	0.0
August	22.04	26.08	75.83	71.35	0.0	0.0
September	20.67	27.1	70.47	63.3	0.0	0.0
October	27.06	25.8	54.9	54.98	0.0	0.0
November	20.68	42.81	82.32	58.21	0.0	0.0
December	32.11	27.74	61.99	64.72	0.0	0.0
mean	23.27	33.57	75.51	63.86	0.0	0.0
mean*8760.0h	203881.0	294063.7	661501.0	559402.8	0.0	0.0
min	11.92	25.8	54.9	50.5	0.0	0.0
max	32.11	42.81	95.9	78.13	0.0	0.0