



CHALMERS



Kyl- och värmebehov i framtiden

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

Johan Berg
Fredrik Hultman

EXAMENSARBETE BOMX03-17-32

Kyl- och värmebehov i framtiden

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

Johan Berg

Fredrik Hultman

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelning för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Kyl- och värmebehov i framtiden
Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

Johan Berg

Fredrik Hultman

© JOHAN BERG, FREDRIK HULTMAN, 2017

Examensarbete BOMX03-17-32 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Bilden visar den planerade bron över Göta älv och illustrerar staden Göteborg i framtiden. Bild från Tomorrow/Trafikkontoret Göteborg – används med tillåtelse.

Chalmers/Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2017

Kyl- och värmebehov i framtiden

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

Johan Berg

Fredrik Hultman

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Kyl- och värmebehovet i kontor är svårbalanserat då ett antal faktorer påverkar både kylning och uppvärmning. Energiberäkningsprogrammet IDA ICE har använts för att simulera ett kyl- och värmebehov för en kontorsbyggnad. Generellt innebär ett lågt värmebehov ett högt kylbehov och vice versa. Internvärme från solinstrålning, teknisk utrustning och människor sänker värmebehovet under kalla dagar men höjer kylbehovet på varma dagar. För att minimera energianvändningen för ett kontor med stora internlastar är ett välisolerat klimatskal bra på vintern men mindre bra på sommaren.

Faktorer som klimat, urbanisering och värmelagringsförmåga påverkar värmebalansen och det är faktorer som med stor sannolikhet kommer att förändras i framtiden.

Genom en litteraturstudie där olika klimatscenarier analyserats har värden för det framtida klimatet i Göteborg där kontorsbyggnaden är placerad tagits fram. Klimatet blir varmare i framtiden och åtgärder för att minska kylbehovet som till exempel solskydd har undersökts. Effekten från urbanisering och lokala värmeöar har uppskattats genom att analysera nuvarande befolkning och befolkningstillväxt för Göteborg.

Eftersom en kontorsbyggnad har ett långt livsspann skall faktorerna analyseras och simuleras med framtidens förhållanden. Resultaten kommer att jämföras med en referenssimulering som motsvarar dagens förhållanden och material. Detta för att se vad som kan göras idag för att anpassa dagens byggnader för framtiden.

Förändringar av internvärmens visade sig ha en stor inverkan på hur byggnadens kyl- och värmebehov förändras. Klimatscenarierna som användes visade sig ha en mindre inverkan på byggnadens totala kyl- och värmebehov.

Nyckelord: Kyl- och värmebehov, internvärme, klimatskal, klimat, solskydd, urban värmeö, värmelagringsförmåga, simulering.

Cooling- and heating demand in the future

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

Johan Berg

Fredrik Hultman

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Installation technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The cooling and heating demands in offices are difficult to balance as several factors affect both cooling and heating. The simulation program IDA ICE has been used to simulate cooling and heating demand for an office building. Generally, a low heating demand results in a high cooling demand and vice-versa. Internal heat from solar radiation, technical equipment and people lowers the heating demand during cold days but increases the cooling demand on hot days. To minimize the energy use of an office building with large internal loads a well-insulated building envelope is good in the winter but worse in the summer.

Factors like climate, urbanization and heat storage ability affect the heat balance and are factors that are likely to change in the future. By analyzing different climate scenarios with the use of material from a literature study have values for the future climate in Gothenburg where the building is located been developed. The climate is getting warmer in the future and measures to reduce cooling demand such as awning have been investigated. The effect of urbanization and local urban heat islands has been estimated by analyzing the current population and population growth in Gothenburg.

Because an office building has a long life span the factors will be analyzed and simulated with the future conditions. The results will be compared with a reference simulation corresponding to today's conditions and materials. This is done to see what can be used to prepare today's buildings for the future.

Changes in internal loads were found to have a major impact on how the cooling and heating demand of the building changed. The climate scenarios used were found to have a minor impact on the building's overall cooling and heating demand.

Keywords: Cooling and heating demand, internal heat, building envelope, climate, awning, urban heat island, heat storage ability, simulation.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 KAPITEL ETT	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Metod	1
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Frågeställningar	2
2 TEORI	3
2.1 Urban värmeö	3
2.2 Klimatet i Västra Götaland	4
2.3 Luftfuktighet	5
2.4 Inomhusklimat	6
2.5 Internvärme	7
2.5.1 Belysning	7
2.5.2 Personaltäthet	7
2.5.3 Närvarograd	7
2.6 Värmeledningsförmåga	8
2.7 Solenergitransmittans	9
2.8 Värmetröghet	9
2.9 Ventilation	10
3 BYGGNADEN	11
4 SIMULERINGSRESULTAT	13
4.1 Urban värmeö	13
4.2 Klimatscenarier	14
4.3 Internvärme	15
4.4 U-värde	17
4.5 Solskydd	18
4.6 Värmetröghet	18

4.7	Ventilation	19
4.8	Scenarier	20
5	SLUTSATS	22
6	DISKUSSION	23
6.1	Klimatfiler	23
6.2	Internvärme	23
6.3	U-värde	24
6.4	Solskydd	24
6.5	Värmetröghet	24
6.6	Ventilation	24
6.7	Scenarier	25
7	REFERENSER	26
	APPENDIX A	28
	APPENDIX B	29
	APPENDIX C	30
	APPENDIX D	32

Förord

Följande rapport är resultatet av 15 högskolepoängs examensarbete, utfört under våren 2017. Rapporten är avslutande del på högskoleprogrammet Byggteknik vid Chalmers, Göteborg.

Ett stort tack riktas till de personer och företag som hjälpt oss under arbetets gång.

Jonas Sköld, Ingenjörbyrån Andersson & Hultmark AB
För hjälp med grundidén.

Tomas Utterhall, WSP Sverige
För hjälp med grundidén och tillgång till WSP lokaler och resurser.

Emil Gustafsson, WSP Sverige
För hjälp med IDA ICE.

Peter Filipsson, CIT Energy Management
För handledning och hjälp under arbetets gång.

EQUA Simulation
För studentlicens i IDA ICE.

Beteckningar

Latinska versaler

A_{temp}	Uppvärmad yta [m ²]
U – värde	Värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]
g – värde	Solenergitransmittans [%]
g – faktor	Justeringsfaktor g-värde [%]
U_m	Genomsnittliga värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]
F_{geo}	Geografisk justeringsfaktor
kWh	Kilowattimmar [kWh]

Ekvationer

$\Delta T_u - r$	Maximal UVÖ temperaturökning
P	Population

Förkortningar

BBR	Boverkets byggregler
CAV	Constant air volume
EPS	Expanderad polystyren
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LED	Light emitting diod
PET	Primärenergital
PPD	Predicted percentage dissatisfied
RCP	Representive Concentration Pathways
SMHI	Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
VAV	Variable air volume
DCV	Demand controlled ventilation
UVÖ	Urban värmeö
XPS	Extruderad polystyren

1 Kapitel ett

1.1 Bakgrund

Kylning i kontor är vanligt för att hantera den stora mängd värme som genereras av personal och elektronik. Kylning sker vanligtvis med ventilation där tilluften kyls ned med hjälp av ett kylbatteri eller med tillufts bafflar, det används även passiva bafflar som med hjälp av konvektion och den omrörande rumsluften kyler lokalen. Kylning av luft är energikrävande och speciellt kylning av fuktig luft då energiinnehållet är högre ju fuktigare luften är.

Under det senaste seklet har förbränningen av fossila bränslen och utsläpp av växthusgaser ökat drastiskt. Konsekvensen av utsläppen är att klimatet håller på att förändras. Den genomsnittliga årsmedeltemperaturen i Sverige mellan 1961–1990 låg på 4,7 °C. Mellan 2004–2014 avvek temperaturen i snitt med 1,1 °C över den normala årsmedeltemperaturen för 1961–1990. Klimatscenarier som SMHI har sammanställt visar att temperaturen kommer att öka ytterligare de kommande 50–100 åren (SMHI, 2013).

Det finns olika trender som kommer leda till att internvärmens förändras. Med internvärme menas värmestillskott från till exempel solljus, människor och elektroniska apparater. Stigande fastighetspriser och hyreskostnader tvingar företagen att sätta personalen tätare i öppna kontorslandskap. Samtidigt som internvärmens har ökat har byggnaderna blivit mer välisolerade, vilket gör att kylsystemen tvingas vara igång trots låga utetemperaturer.

Urbaniseringen har gjort att städerna är större och tätare, vilket bidrar till fenomenet urban värmeö. I en urban värmeö hjälper stadens byggnader och utformning till att hålla kvar värme i staden. Forskning visar att temperaturen i urbana miljöer är varmare än öppna landskap i samma områden (Thorsson, 2011).

Klimatförändringar i kombination med ökade komfortkrav ställer stora krav på klimatanläggningarna i framtidens kontor.

1.2 Syfte

Syftet är att undersöka hur kyl- och värmebehovet för en kontorsbyggnad kommer att påverkas i framtiden med hänsyn till faktorer som den globala uppvärmningen, internvärme, solskydd, urban värmeö, U-värden och byggnadsmaterial.

1.3 Metod

Genom att analysera faktorer som påverkar en kontorsbyggnads behov av kyla och värme ska olika scenarier skapas för att ta fram prognoser av det totala kyl- och värmebehovet.

Energiberäkningsprogrammet IDA ICE kommer att användas tillsammans med diverse klimatscenarier för att se hur energibehovet förändras de närmaste 50 åren.

För att göra antaganden om framtidens material ska den tekniskt möjliga nivån för olika byggnadsmaterial undersökas. Begreppet tekniskt möjlig nivå betyder material som framställts i laboratorium men som kräver vidareutveckling för att kunna användas kommersiellt.

För att kunna göra antagande om framtida energikrav kommer en litteraturstudie genomföras och jämföra dagens krav mot framtida mål.

1.4 Avgränsningar

Arbetet avgränsas genom att endast undersöka hur kyl- och värmebehovet kommer förändras och inte undersöka vilka tekniska lösningar inom klimatanläggningar som kommer att implementeras i framtiden.

För att reducera antalet simuleringar har inte alla kombinationer av faktorer analyserats. Istället har en faktor i taget ändrats för att se hur just den påverkar resultatet. Därefter simuleras ett antal utvalda kombinationer av faktorer, fortsättningsvis kallas dessa för scenarier.

Avgränsningarna innebär att rapporten kommer behandla en generell kontorsbyggnad med en enkel planlösning med optimala kyl- och värmeanordningar. Byggnaden har totalt åtta våningar men energiberäkningar kommer att avgränsas till entréplan, mittplan och den översta våningen. Detta är för att dessa plan har förhållanden som skiljer sig mest. Mittplanet representerar övriga våningsplan som ej är botten/takplan då de har relativt lika förutsättningar. För att få ut det totala energibehovet multipliceras mittenplanet med 6.

1.5 Frågeställningar

- Hur ser en kontorsbyggnads kyl- och värmebehov ut om 50 år?
- Vilka faktorer påverkar kyl- och värmebehovet mest?
- Hur ser det troligaste scenariot ut?
- Vilken kombination av faktorer har störst respektive minst kyl- och värmebehov?

2 Teori

2.1 Urban värmeö

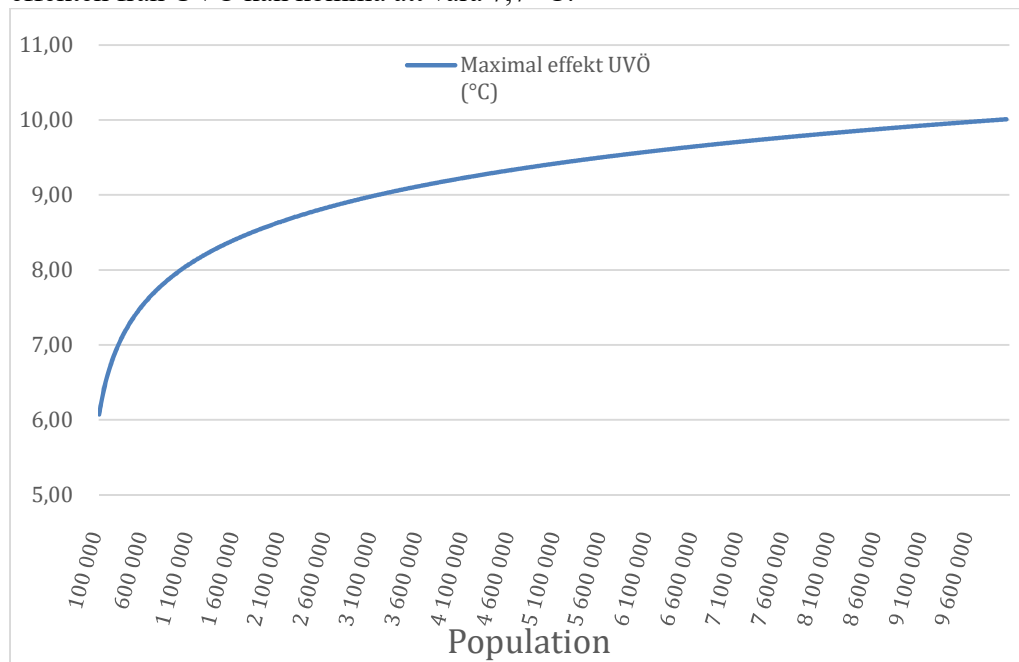
Urban värmeö (UVÖ) är ett stadsområde som är varmare än omgivande områden, där stadens byggnader och utformning hjälper till att hålla kvar värmen. Fenomenet är mest märkbart när vädret är lugnt och klart. Temperaturskillnaden är större på natten och vintern men är fortfarande påtaglig under dagen och sommaren (Wikenståhl, 2016). I de största städerna med en befolkning över 10 miljoner kan temperaturskillnaden vara så stor som 12 °C. Idag har Göteborg en befolkning på drygt en halv miljon. Studier har visat att det finns ett samband mellan den maximala effekten från UVÖ i en stad och antal invånare i staden (Oke, 1973).

$$\Delta T_u - r = 2,01 \log P - 4,06$$

$\Delta T_u - r$ = Maximal UVÖ temperaturökning
P = Population

Enligt formeln kan maximal UVÖ i Göteborg vara 7,5 °C och den har störst effekt i tätbebyggda delar i centrala staden. Allt eftersom staden växer och blir tätare kommer den maximala effekten från UVÖ att öka.

Idag har Sverige en befolkning på ca 10 miljoner och drygt en halv miljon människor bor i Göteborg. Statistiska centralbyrån (SCB) uppskattar att vid år 2060 kommer Sveriges befolkning att vara uppe i 12,9 miljoner invånare (SCB, 2015). Om fördelningen av populationen antas vara lika om 50 år som den är nu kommer Göteborgs invånarantal att öka till cirka 710 000. Det innebär att den maximala effekten från UVÖ kan komma att vara 7,7 °C.



Figur 1) Visar förhållandet mellan maximal effekt från UVÖ och populationsmängd i en stad och bygger på Ekvation 1.

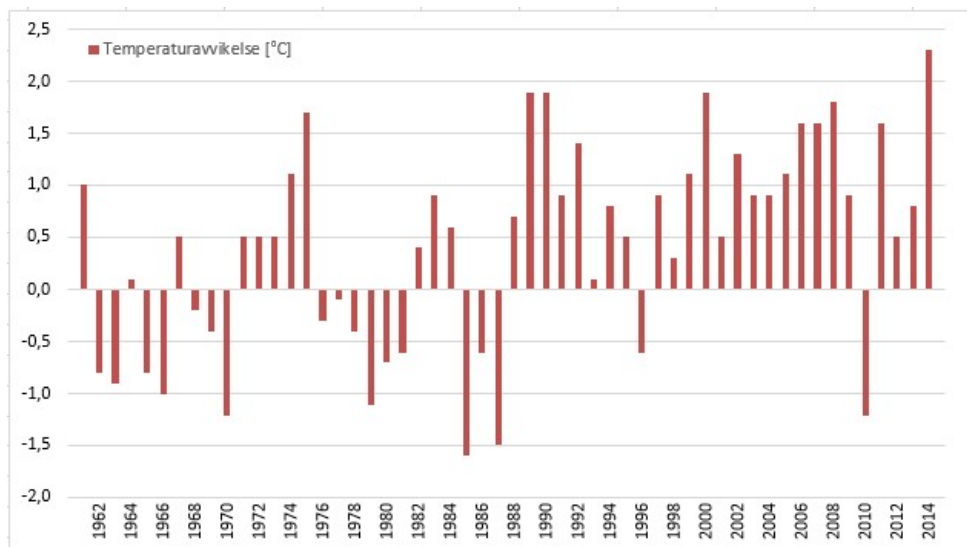
Idag är det inga stora problem med effekten från UVÖ i Göteborg men kombinationen av temperaturökning från den globala uppvärmningen och UVÖ kommer det bli vanligare med kylanordningar som kyler luften inomhus. Kylmaskiner flyttar energi från ett medium till ett annat. Det betyder att om inneluften kyls så värms uteluften, det är en effekt som förstärker UVÖ fenomenet ytterligare.

Orsakerna till UVÖ är flera men en av dem stora är den omfattande mängd sten och asfalt som finns i städer som reflekterar väldigt lite av solenergin utan absorberar och lagrar energin, på en varm sommardag kan ytttemperaturen vara 27–50 °C varmare än lufttemperaturen (Byggros, 2012). Spillvärme från bland annat bilar, industrier och människor bidrar också till problemet.

I storstäder finns det lite träd och växter som kan hjälpa till att motverka effekten av UVÖ. Vegetation håller nere temperaturen genom skuggning och genom att ge från sig vattenånga vilket har en kylande effekt på luften. Vattnet absorberar värme när det avdunstar från trädet (Thorsson, 2012).

2.2 Klimatet i Västra Götaland

För att enkelt kunna jämföra klimatdata från olika områden används ett system med normalperioder, den normalperiod som just nu är aktiv använder årsmiddeltemperaturen mellan åren 1961–1990. Den normala årsmiddeltemperaturen i Västra Götaland åren 1961–1990 var 6,1 °C (SMHI, 2013). Mellan åren 2004–2014 låg temperaturen i snitt 1,1 °C över den normala årsmiddeltemperaturen.



Figur 2) Visar historisk temperaturavvikelse från den normala årsmiddeltemperaturen mellan åren 1961 till 2014 i Västra Götaland (SMHI, 2013) Omarbetat med tillstånd.

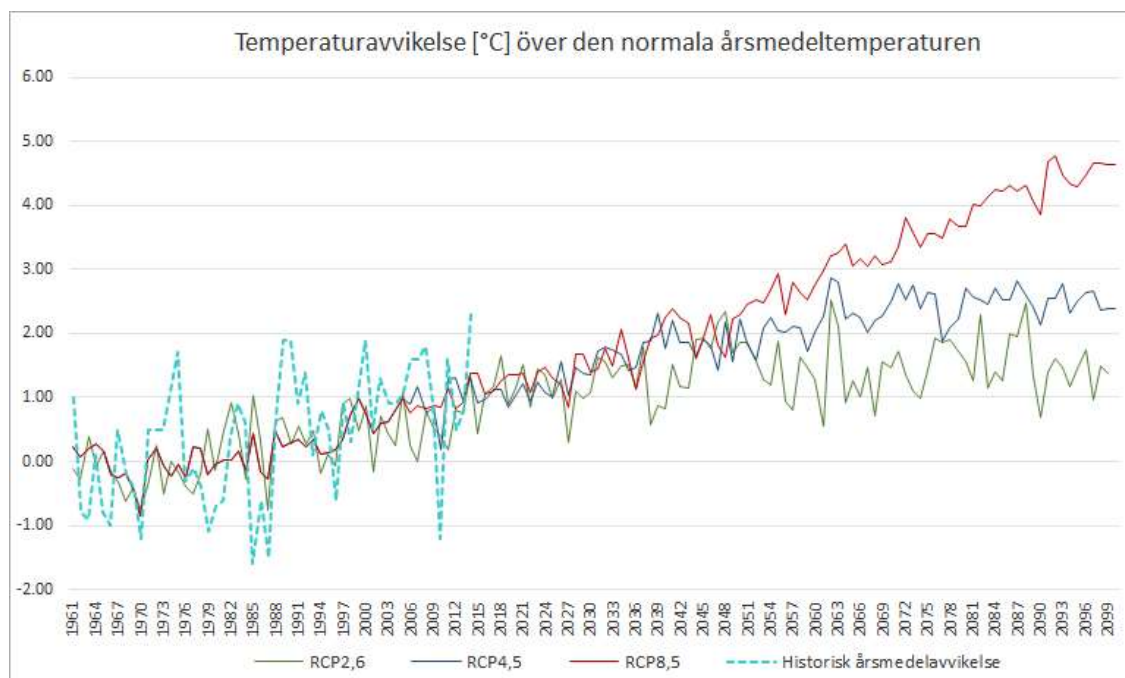
Även om växthusgasutsläppen minskas visar nästan samtliga klimatmodeller att temperaturen kommer att öka ytterligare de kommande 50 åren.

De flesta klimatmodeller använder sig av emissionsscenarioer som FN:s klimatpanel (IPCC) tagit fram. De kallas RCP-scenario "Representative Concentration Pathways" och står för extra strålningsdrivning som jorden kommer att utsättas för år 2100 jämfört med förindustriella nivåer. RCP-scenarioer bygger på hur stora utsläppen av olika växthusgaser kommer att vara. Strålningsdrivningen är den extra energi jorden

tar upp på grund av växthuseffekten. I rapporten kommer det att användas tre stycken scenarier; RCP2,6, RCP4,5 och RCP8,5.

- RCP2,6 är det bästa scenariot som antar att strålningsdrivningen kommer att öka med $2,6 \text{ W/m}^2$ fram tills år 2100. För att RCP2,6 ska inträffa betyder det att klimatavtalet i Paris måste följas och att växthusgasutsläppen når sin höjdpunkt år 2020.
- RCP4,5 är ett scenario där vissa växthusgasutsläpp minskar och andra ökar men åtgärder stabiliserar och håller strålningsdrivningen på en kontrollerbar nivå.
- RCP8,5 är det värsta scenariot där växthusgasutsläppen ökar och strålningsdrivningen år 2100 har ökat med $8,5 \text{ W/m}^2$. RCP8,5 är det scenariot som ligger närmast uppmätt data över växthusgasutsläpp och strålningsdrivning (Bjørnæs, 2017).

I klimatsimuleringar kommer medeltemperaturen från nio olika klimatmodeller att användas för att uppskatta temperaturen om 50 år. Historiskt sett har medelvärdet för flera klimatmodeller legat närmare den faktiska årsmedeltemperaturen än enskilda modeller som kan variera år för år. För att få fram en specifik temperatur kommer medeltemperaturen för år 2062–2072 att användas (se tabell 2 i APPENDIX A).

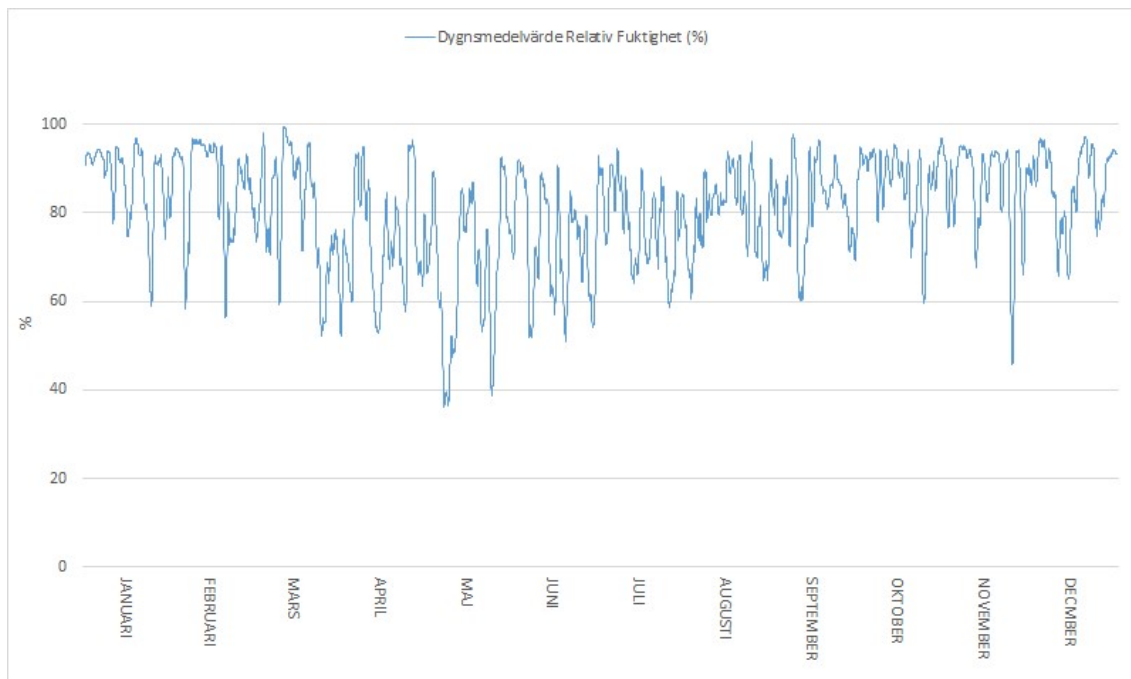


Figur 3) Visar temperaturavvikelse från den normala årsmedeltemperaturen för de olika klimatscenerierna mellan åren 1961 till 2100 i Västra Götaland (SMHI, 2013) Omarbetat med tillstånd.

2.3 Luftfuktighet

Fuktig luft kräver mer energi att kyla än torr luft. Detta beror på att luftens entalpi är en funktion av hur mycket fukt luften innehåller. Entalpin beskriver energiinnehållet i

luften. Den relativa fuktigheten är ett förhållande mellan den absoluta fuktigheten och den maximala mängd vattenånga som luft kan bära vid en viss temperatur. Kuststäder som Göteborg har en högre relativ fuktighet än städer mer inåt land. Havet har en kylande effekt och bidrar med vattenånga från avdunstning vilket leder till en ökning av luftfuktigheten. De senaste decennierna har den absoluta fuktigheten likt temperaturen i Sverige ökat, men den relativa fuktigheten ligger kvar på ungefär samma nivåer (Wern, 2013). I simuleringarna kommer den framtida relativa fuktigheten att anpassas efter ett värsta och ett bästa fall. I scenario RCP8,5 antas den relativa fuktigheten att öka med ett par procentenheter men i det positiva scenariot RCP2,6 antas den relativa luftfuktigheten stanna kvar på dagens nivåer. Den genomsnittliga relativa fuktigheten i Göteborg ligger på ungefär 80 procent.



Figur 4) Relativ fuktighet i Göteborg över ett år, data från klimatfil Landvetter.

2.4 Inomhusklimat

Att ha rätt inomhusklimat är viktigt dels för att personerna ska känna sig bekväma och dels för att inte lägga allt för mycket energi på att hålla ett litet temperaturspann eftersom ett litet temperaturspann ökar både kyl- och värmebehovet. Termisk komfort är svårt att mäta eftersom alla människor är olika, vissa föredrar lite varmare medan andra föredrar lite kallare. Det i kombination med vilka kläder och vilken aktivitet personerna har gör det nästan omöjligt att få alla människor nöjda. För att uppskatta andelen missnöjda personer kan predicted percentage dissatisfied (PPD) användas. En vanlig målsättning är att PPD ska vara under 10 procent (Arbetsmiljöverket, 2013). Detta kan uppnås i kontor och kontorslandskap om inomhustemperaturen vintertid ligger mellan 21–23 °C och sommartid 23,5–25,5 °C (Swedish Standards Institute, 2006).

2.5 Internvärme

Det kommer vara mycket utveckling inom energieffektivisering för alla typer av teknisk utrustning som idag används på ett kontor. Lampor, datorer, skrivare kommer troligtvis bli effektivare i framtiden men det är omöjligt att veta exakt hur mycket mindre värme utrustningen kommer att avge. Ett annat problem är att veta hur mycket datorer, surfplattor, telefoner eller annan utrustning personalen kommer att använda. Även om värmeavgivningen minskar så kommer möjligtvis den nya mängden teknik motsvara den minskade effekten så att det inte sker någon förändring i internvärmerna eller att det till och med ger en ökning av internvärmerna.

2.5.1 Belysning

För att minimera energianvändning och värmeutveckling från lamporna så är det viktigt att välja rätt belysning. Bästa alternativet idag är LED-lampor. Det finns många olika varianter av LED-lampor och generellt används bara 10 procent av energin jämfört med en glödlampa och 50 procent av en lågenergilampa.

En glödlampa gör om 90 procent av sin energi till ren värmeförlust och bara 10 procent till ljus, LED däremot gör tvärtom, 90 procent av energin går till ljus och bara 10 procent till värmeförlust (Ljustema, 2017). Även om LED är väldigt mycket bättre än glödlampor och lågenergilampor så finns det fortfarande utrymme för att spara mer energi med fortsatt utveckling. Med minskad internvärme från belysningen får man också energibesparingar från kylsystemet som får mindre internvärme att kyla bort.

2.5.2 Personaltäthet

En gammal tumregel är att det behövs ca 20 m² lokalyta per person i kontor men allteftersom kvadratmeterpriset ökar försöker företag minimera lokalytan per person. Prisutvecklingen i centrala Göteborg har från år 2009 till 2017 gått från ca 1800–2300 kr/m²/år (Business region Göteborg, 2009) till 3000–4000 kr/m²/år (Lokaler, 2017). I moderna kontor används öppna planlösningar och effektiva ventilationslösningar för att komma ner till runt 15 m² per person. För att minska det ytterligare och komma ner till runt 10 m² per person så kan aktivitetsbaserade kontor användas. Aktivitetsbaserade kontor har inte några fasta platser utan kontoret delas upp i olika zoner. Zonerna är till för olika aktiviteter med hjälp av passande inredning såsom tysta rum där möblerna och inredningen har höga kanter och mycket ljudabsorberande material (Diligentia, 2017).

2.5.3 Närvarograd

När teknik utvecklas leder det till att data och information blir mer lättillgängligt. Personer behöver inte sitta framför en stationär dator vid sitt skrivbord för att jobba. Med laptops, smartphones och surfplattor blir kontor mer mobila vilket leder till mer flexibelt arbete. Arbete kan ske på mer lämpliga platser och arbetsuppgifter blir mer projektrelaterade (Diligentia, 2017).

Idag är en närvarograd på cirka 65–70 procent vanlig, dock är den i många företag inte mer än 40–50 procent. Det skiljer sig från företag till företag beroende på vilken typ av verksamhet de bedriver (Sveby, 2013).

2.6 Värmeledningsförmåga

Värmeegenomgångskoefficient (U-värde) används för att ange energieffektiviteten hos fönster, dörrar och väggar. Ett vanligt tankesätt är att ju lägre U-värde desto mer energieffektiv är byggnaden för att värmeförlusterna är mindre. Ett lågt U-värde är bra under vintermånaderna eftersom värmeförlusterna blir mindre. Däremot leder det till ett problem under sommarmånaderna då det blir svårare att få ut värmen. Låga U-värden ger lägre värmebehov fast ett högre kylbehov. Idag används flera olika typer av isoleringsmaterial i väggar/tak och några av dem vanliga är mineralull, expanderad polystyren (EPS), extruderad polystyren (XPS) och lösull. Dessa material har en låg värmeledningsförmåga (λ) med ett värde på runt 0,03–0,04 W/mK.

Utvecklingen går framåt och i framtiden kommer kanske material som vakuumpaneler och aerogel med ett λ -värde på så lite som 0,004 W/mK att vara vanligt (Jelle, 2011). Detta kommer leda till tunnare väggar med samma eller lägre U-värde. Skulle samma vägg tjocklek och vägguppbyggnad användas som idag fast med vakuumpaneler eller aerogel istället för mineralull skulle väggen ha U-värde motsvarande en sjättedel av dagens U-värde.

Idag kommer krav på U-värden från Boverkets byggregler (BBR) där olika krav ställs på byggnader beroende på om de är bostäder eller lokaler. Sverige delas upp i olika zoner med olika krav beroende på om byggnaden använder elvärme eller ett annat uppvärmningssätt än elvärme. Göteborg ligger i zon fyra tillsammans med Kalmar, Skåne, Blekinge och Hallands län samt, Härryda, Mölndal, Partille och Öckerö kommun.

Lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme i zon fyra ska ha en maximal specifik energianvändning på $65 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år medan lokalens genomsnittliga värmeegenomgångskoefficient (U_m) ska vara högst $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Lokaler som använder elvärme i zon fyra ska ha en maximal specifik energianvändning på $45 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år medan lokalens U_m -värde ska högst vara $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Boverket, 2015).

I framtiden kommer kraven att skärpas, redan år 2021 ska alla nya byggnader i Europa byggas så att de är nära nollenergibyggnader enligt ett EU direktiv. Exakt vad nära nollenergibyggnader innebär är upp varje enskilt land att bedöma. Däremot kommer det i Sverige innebära att lokalers genomsnittliga värmeegenomgångskoefficient sänks från $0,6$ till $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ och en skärpning av specifik energianvändning med ca 35 procent. Detta görs genom att göra om specifik energianvändning till primärenergital (PET) genom att införa geografiska justeringsfaktorer (F_{geo}) som fastställs på kommunnivå. Zon fyra kommer att ha ett F_{geo} -värde på mellan $0,9$ – $1,0$ (Boverket, 2017).

2.7 Solenergitransmittans

Solenergitransmittans eller g-värde är ett mått på hur mycket solenergi som glaset släpper igenom. Energi från solen är gratis värmeenergi och ett högt g-värde bidrar med mycket gratis värme vilket är väldigt positivt i bostäder som ofta har ett värmeunderskott. I kontor som däremot ofta har väldigt höga internlasterna och stora glasytor är ofta denna gratisvärme istället ett problem. En lösning på detta är att använda fönster med lägre g-värde så att mindre värme kommer in i byggnaden. I bostäder rekommenderas en solenergitransmittans på lägst 52 procent, i kontorsbyggnader finns det inga rekommendationer (Energimyndigheten, 2017).

Ett tvåglasfönster med två vanliga klarglas har ett g-värde på ca 76 procent och treglasfönster med tre klarglas har ett g-värde på ca 68 procent. Genom en kombination av lågenergiglas och solskyddsglas kan g-värdet komma ner till 20–30 procent. För att få ner g-värdet ytterligare kan solavskärmning läggas till. Det finns flera olika typer av solskydd och dessa kan delas upp i utvändiga, mellanliggande och invändiga solskydd. Utvändiga solskydd är de mest effektiva eftersom ju tidigare strålningen stoppas desto effektivare blir avskärmningen (Frost, 2012).

Tabell 1 Genomsnittliga g-faktorer för olika solskydds typer (Frost, 2012).

Solskydd	g-faktor (genomsnitt)
Utvändigt	0,3
Mellanliggande	0,45
Invändigt	0,6

2.8 Värmetröghet

Värmetröghet är förmågan att lagra värme och har stor inverkan på en byggnads energianvändning. Byggnader kan delas in i lätta och tunga konstruktioner. Byggnader av trä klassas som lätta och byggnader av betong klassas som tunga. Tung konstruktioner lagrar kyla och värme bättre än lätta. Genom att låta stommen avge värme på kalla nätter med låga internlasterna och ta upp värme på dagarna då internlasterna är höga kan energianvändning minskas. För att principen ska fungera krävs det att det finns en skillnad i inomhustemperatur mellan dag och natt. Temperaturdifferensen är drivkraften för värmeöverföringen och installationssystemen bör anpassas för att optimera överföring och lagring av värme i främst tunga konstruktioner. Värmetröga byggnader hjälper till att stabilisera inomhusklimatet och jämnar ut temperaturtoppar så att aggregaten kan dimensioneras mindre än vanligt (Svensk Betong, 2015).

2.9 Ventilation

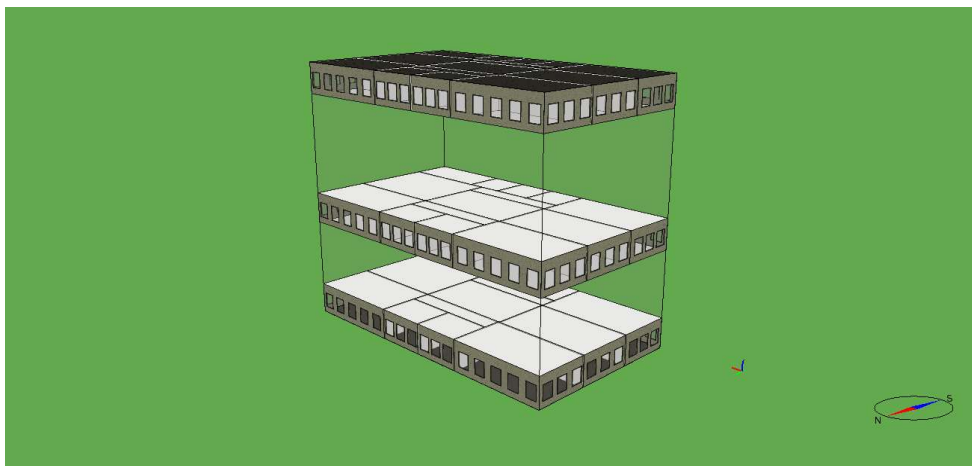
Ventilation är väldigt viktigt i dagens lokaler, inte bara för att tillföra luft och hålla en behaglig inomhustemperatur utan rätt ventilationslösning kan också sänka el-, kyl- och värmeanvändning i byggnaden. Det finns olika lösningar för att ventiler lokaler antingen med ett konstant luftflöde (CAV) eller variabelt luftflöde (VAV). CAV ventilation innebär ett konstant luftflöde där tilluftstemperaturen kan vara konstant eller varieras med hänsyn till utetemperaturen. Detta ger höga flöden vilket ökar el-, kyl- och värmeanvändning i byggnaden. System där luftflödet varieras, automatiskt eller manuellt kallas VAV. Normalt hålls tilluftstemperaturen i VAV-system konstant. System med ett variabelt luftflöde som regleras efter parametrar som till exempel närvaro eller CO₂-halt kallas demand controlled ventilation (DCV). Fördelen med VAV-system är att ett lägre flöde kan användas vilket reducerar el-, kyl- och värmeanvändning i byggnaden.

3 Byggnaden

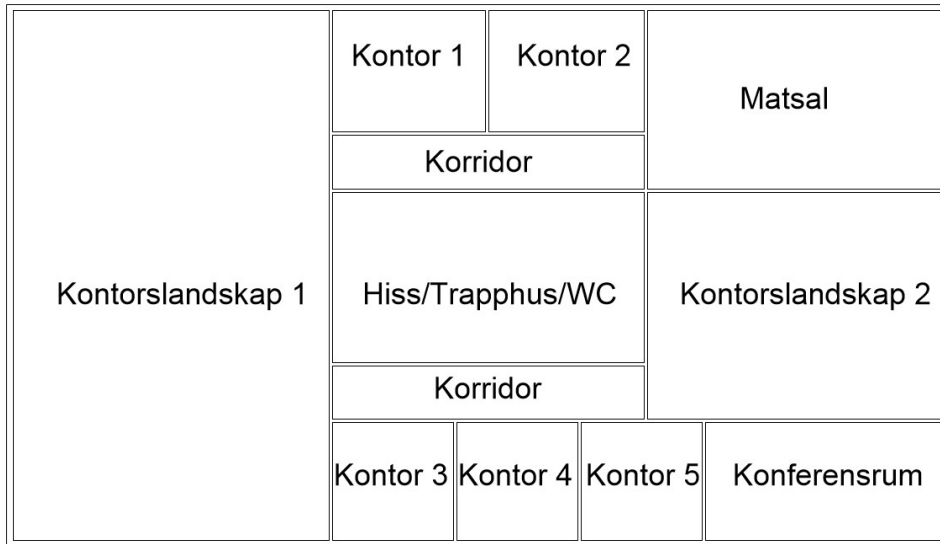
Kontorsbyggnaden är åtta våningar hög. Byggnadens utvändiga mått är 30 meter lång, 17 meter bred och 25 meter hög. Fönster täcker 22 procent av byggnadens fasad. U_m -värdet för byggnaden är $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ och fönstrena har ett g-värde på $0,49$.

Kylning och uppvärmning sker med optimala anordningar i varje rum. Kyla tillhandahålls från fjärrkyla och värme från fjärrvärme. Reglering av inomhustemperatur sker med PI-reglering. Börvärdet för inomhustemperaturen är satt till $21\text{--}24,5 \text{ }^\circ\text{C}$ med ett P-band på $1 \text{ }^\circ\text{C}$ för både kyla och värme.

Luftbehandlingsaggregatet består av en värmeväxlare med en verkningsgrad på 60 procent, ett värmebatteri och ett kylbatteri. Ventilationen är ett CAV-system med två lägen som följer hygienflödet från BBR. Utanför kontorstid är luftflödet satt till $0,35 \text{ l/s}$ och m^2 golvyta. Under kontorstid är luftflödet satt till $0,35 \text{ l/s}$ och m^2 golvyta plus $7,0 \text{ l/s}$ per person. Tilluftstemperaturen är satt till $18,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Internlasterna redovisas i APPENDIX B.



Figur 5) Visar hur byggnaden ser ut i IDA ICE med enbart entréplan, mittplan och översta våningen. Framtagen i IDA ICE.



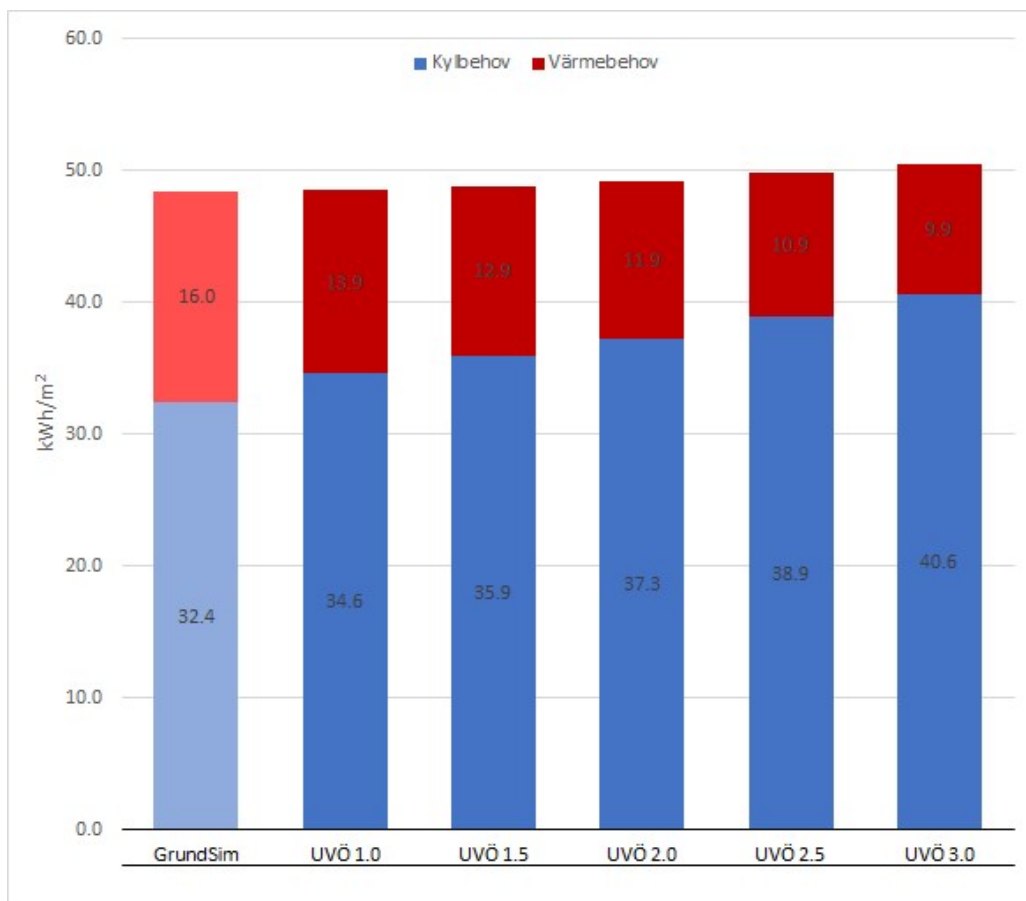
Figur 6) Planlösning av byggnaden. Framtagen i REVIT.

4 Simuleringsresultat

Grundbyggnaden simulerades med dagens förhållanden, utan effekt från UVÖ och klimatförändringar. Personaltäthet valdes till 20 m²/person och ingen förändring av teknisk utrustning. Stommen är av betong och ytterväggar består av lättare utfackningsväggar, U_m-värdet är 0,38 W/m²K. Kylbehovet simulerades till 32,4 kWh/m² och värmebehovet till 16,0 kWh/m². Det totala kyl- och värmebehovet blev 48,4 kWh/m². Jämfört med en referensbyggnad som Sveby har tagit fram är kylbehovet relativt stort medan värmebehovet är relativt litet (Sveby, 2013). Fortsättningsvis markeras grundsimuleringen med en ljusare ton av blått och rött i resultatdiagrammen.

4.1 Urban värmeö

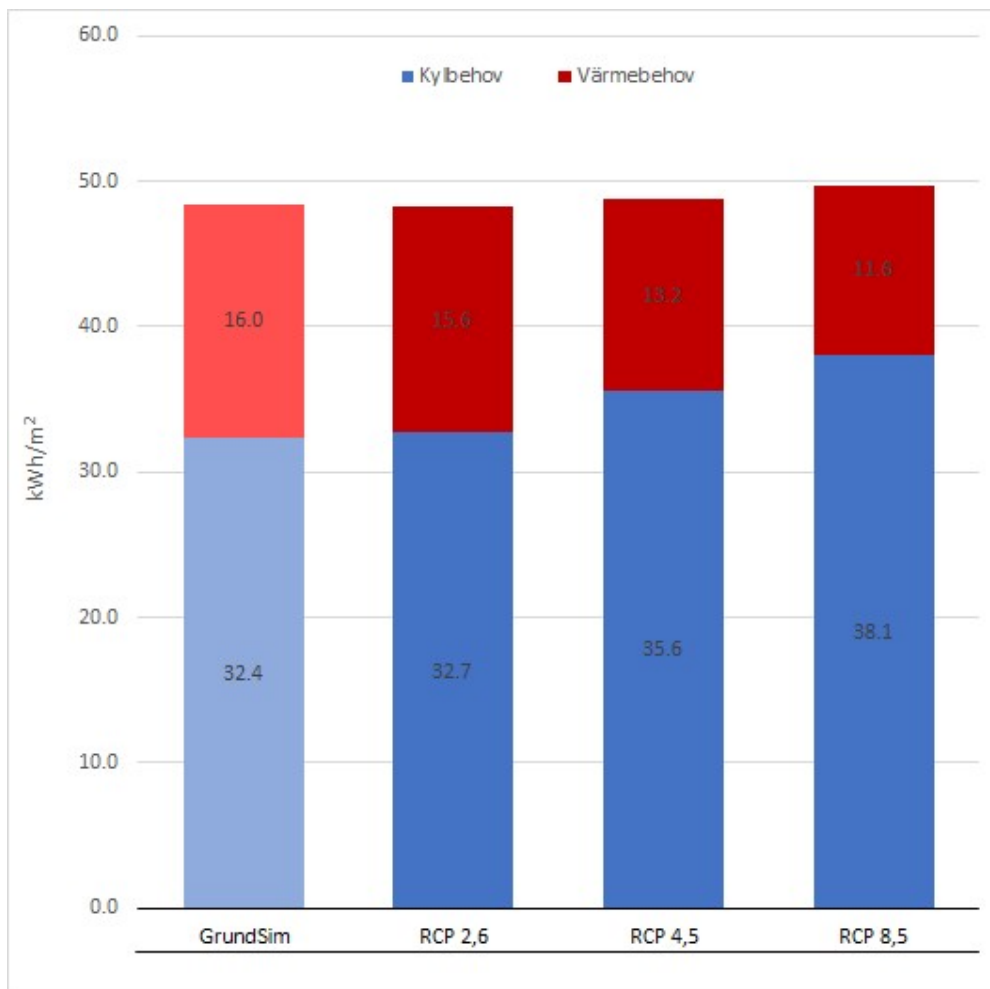
Urbana värmeöar ökar medeltemperaturen utomhus vilket påverkar kyl- och värmebehovet. I förhållande till grundsimuleringen ökar kylbehovet men minskar värmebehovet för samtliga simuleringar som tar hänsyn till fenomenet urban värmeö. Det totala kyl- och värmebehovet är högre för samtliga UVÖ-simuleringar. I UVÖ-simuleringen som ger den största temperaturökningen (3 °C) ökar kylbehovet med cirka 25 procent, värmebehovet minskar med cirka 38 procent och det totala kyl- och värmebehovet ökar med cirka 5 procent i förhållande till grundsimuleringen.



Figur 7) Simulerat energibehov som visar effekten från urban värmeö, värden från simulering i IDA ICE.

4.2 Klimatscenarier

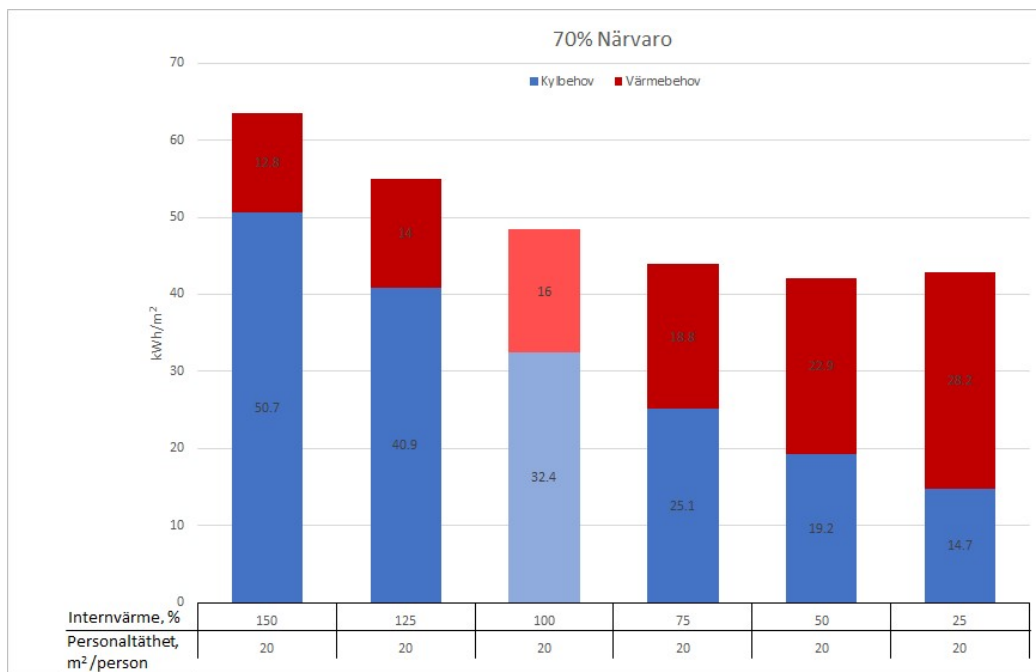
I samtliga RCP-scenarier ökar medeltemperaturen. I RCP4,5 och RCP8,5 ökar den relativa fuktigheten med två respektive fyra procentenheter. Kylbehovet ökar och värmebehovet minskar för samtliga RCP-scenarier. För det bästa av scenarierna RCP2,6 ligger det totala kyl- och värmebehovet oförändrat jämfört med grundsimuleringen. I scenario RCP8,5 ökar kylbehovet med cirka 18 procent, värmebehovet minskar med cirka 28 procent och det totala kyl- och värmebehovet ökar med cirka 3 procent i förhållande till grundsimuleringen. Vid en jämförelse med UVÖ-simuleringarna ligger RCP8,5 som ger en medeltemperaturökning på 2 °C närmast UVÖ 2,5 °C, den ökade relativa fuktigheten hos RCP8,5 scenariot ökar det totala kyl- och värmebehovet.



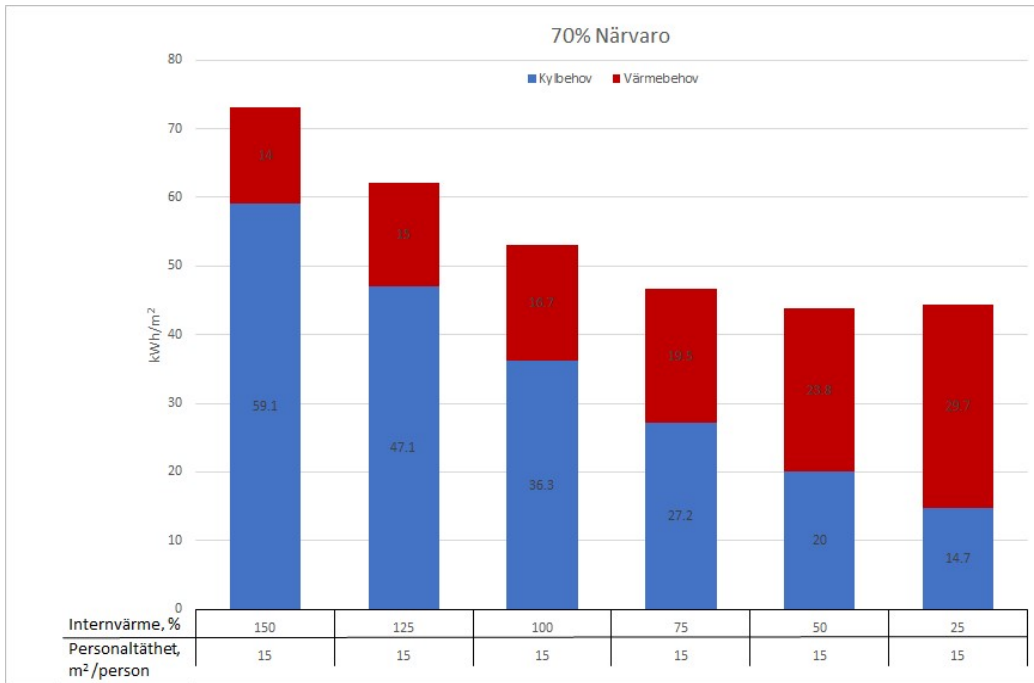
Figur 8) Simulerat energibehov för klimatscenerierna, värden från simulering i IDA ICE.

4.3 Internvärme

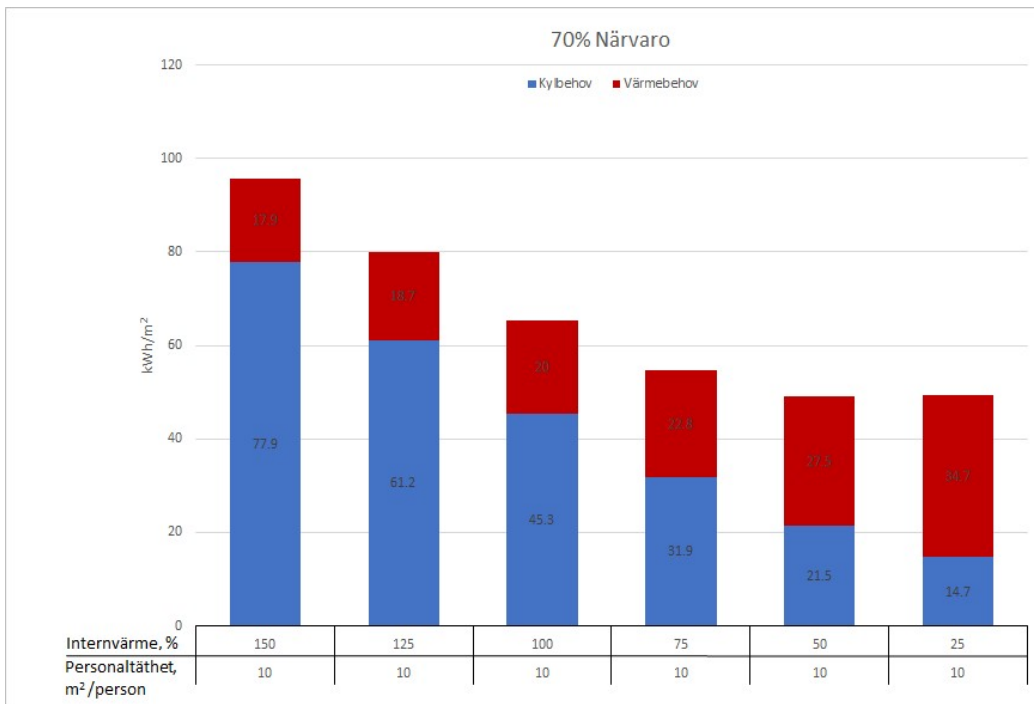
Simuleringarna visar att för alla fall där internvärmerna ökar så minskar värmebehovet, kylbehovet ökar och det totala kyl- och värmebehovet ökar. När internvärmerna reduceras så minskar kylbehovet, värmebehovet ökar och det totala kyl- och värmebehovet minskar. Detta gäller endast fram till en viss punkt där värmebehovsförändringen blir större än kylbehovsförändringen och man får en ökning av det totala kyl- och värmebehovet, detta gäller för alla fall förutom 90 procent närvarograd med 10- och 15 m²/person där man inte får denna ökning av det totala kyl- och värmebehovet. Denna punkt ligger någonstans mellan 50–25 procent internvärme. Simuleringar indikerar också att vid högre personaltäthet så fås både högre kyl- och värmebehov. Med fler personer och mer utrustning i rummet är det logiskt att kylbehovet ökar, det kan dock upplevas anmärkningsvärt att även värmebehovet ökar. Detta beror på att vid ökad personaltäthet så krävs större ventilationsflöden som har en kylande effekt. Övriga resultat med 90 och 50 procent närvarograder kan ses i APPENDIX C.



Figur 9) Simulerat energibehov för 20 m² per person då internvärmerna ändras, värden från simulering i IDA ICE.



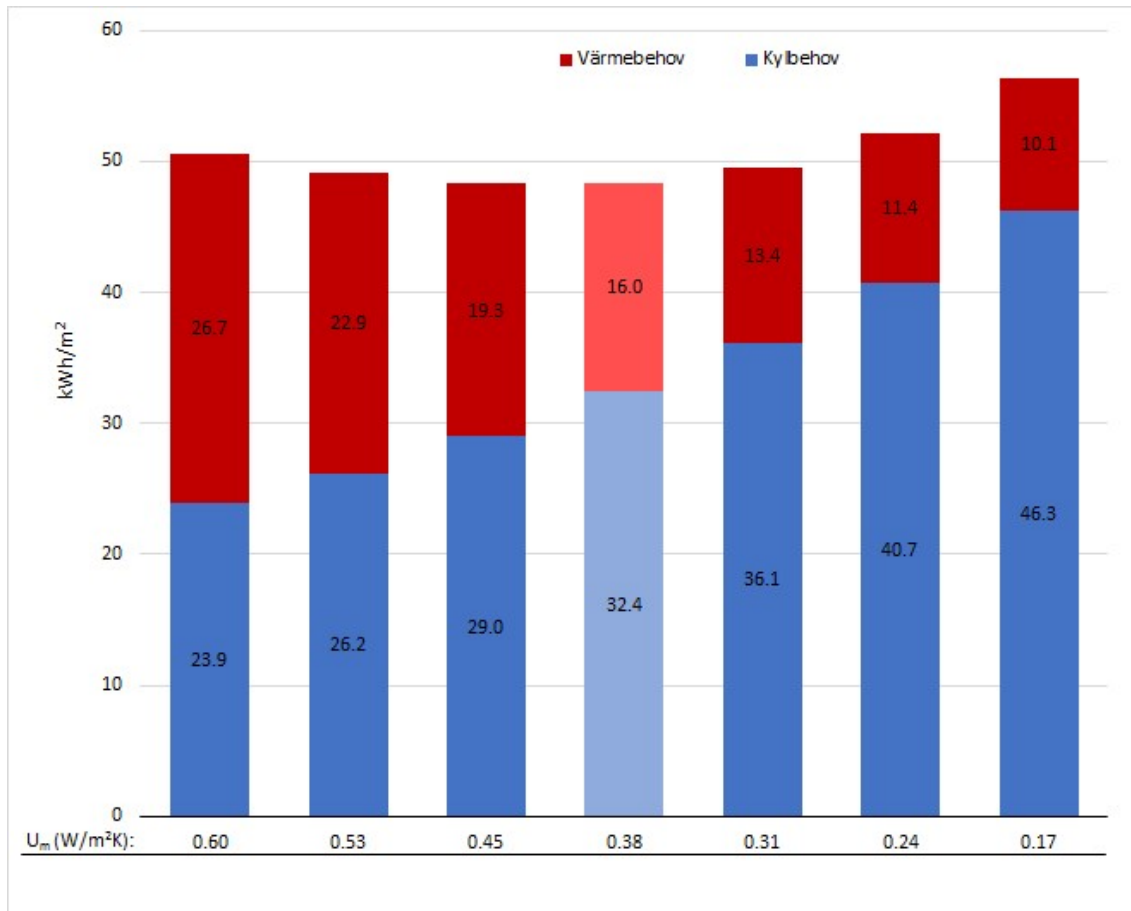
Figur 10) Simulerat energibehov för 15 m² per person då internvärmerna ändras, värden från simulering i IDA ICE.



Figur 11) Simulerat energibehov för 10 m² per person då internvärmerna ändras, värden från simulering i IDA ICE.

4.4 U-värde

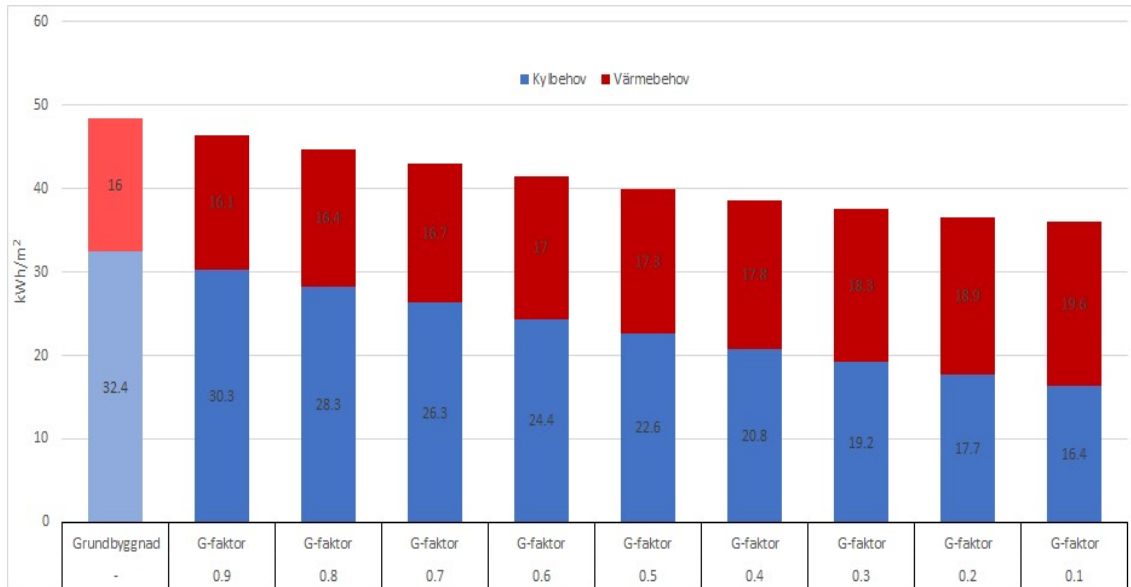
I simuleringar som tar hänsyn till U-värdet har U-värde på yttertak, ytterväggar, grund och fönster ändrats. Simuleringar har gjorts som har ett högre eller lägre U_m -värde än i grundsimuleringen. För simuleringar med ett lägre U_m -värde ökar kylbehovet, minskar värmebehovet och det totala kyl- och värmebehovet ökar. För simuleringar med ett högre U_m -värde minskar kylbehovet, ökar värmebehovet och det totala kyl- och värmebehovet ökar. Med dagens klimat och internvärme som grundsimuleringen innehåller ger ett U_m -värde på $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ det lägsta totala kyl- och värmebehovet.



Figur 12) Simulerat energibehov då U-värdet ändras, värden från simulering i IDA ICE.

4.5 Solskydd

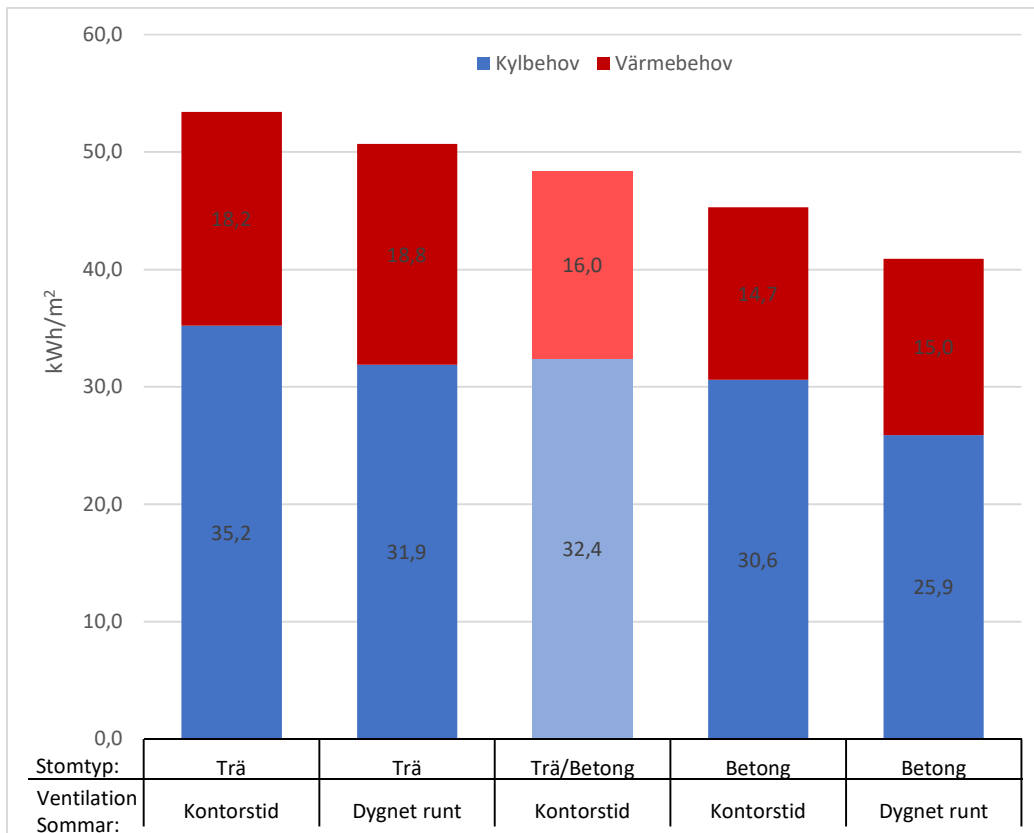
Simuleringarna visar att solskydden minskar kylbehovet. Kylbehovet minskar med ungefär sju procent för varje tiondel g-faktorn förändras. För värmebehovet blir effekten omvänd där solskydden ökar värmebehovet. Värmebehovsökning tilltar från cirka en procent för varje tiondel g-faktorn förändras i början till ca tre procent för varje tiondels ändring i slutet. Detta gör att det totala kyl- och värmebehovet minskar men minskningen avtar desto kraftigare solskydds som används.



Figur 13) Simulerat energibehov då g-värdet ändras, värden från simulering i IDA ICE. g-faktor 0,9–0,5 representerar inre solskydd, 0,6–0,3 representerar mellanliggande solskydd och 0,4–0,1 representerar yttre solskydd i IDA ICE.

4.6 Värmetröghet

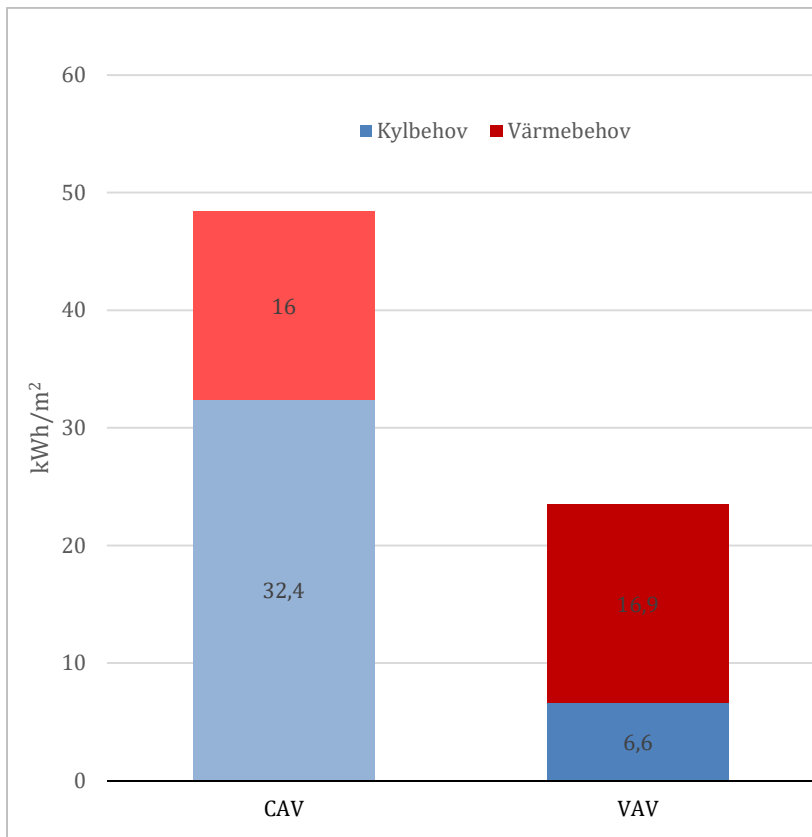
Effekten från värmelagringsförmågan har simulerats med en lätt stomme av trä och en tung stomme av betong. Varje stomtyp har undersökts med ett normalfall där ventilationen ej ändras och ett fall där ventilationen är igång dygnet runt under sommarhalvåret (maj-september). Generellt ökar det totala kyl- och värmebehovet för den lätta stommen och minskar för den tyngre stommen. Tack vare den extra kyleffekt som ventilationen bidrar med minskar kylbehovet även för lätt stomme med ventilationen igång dygnet runt under sommarhalvåret.



Figur 14) Simulerat energibehov för olika stomtyper och ventilationsstyrning, värden från simulering i IDA ICE.

4.7 Ventilation

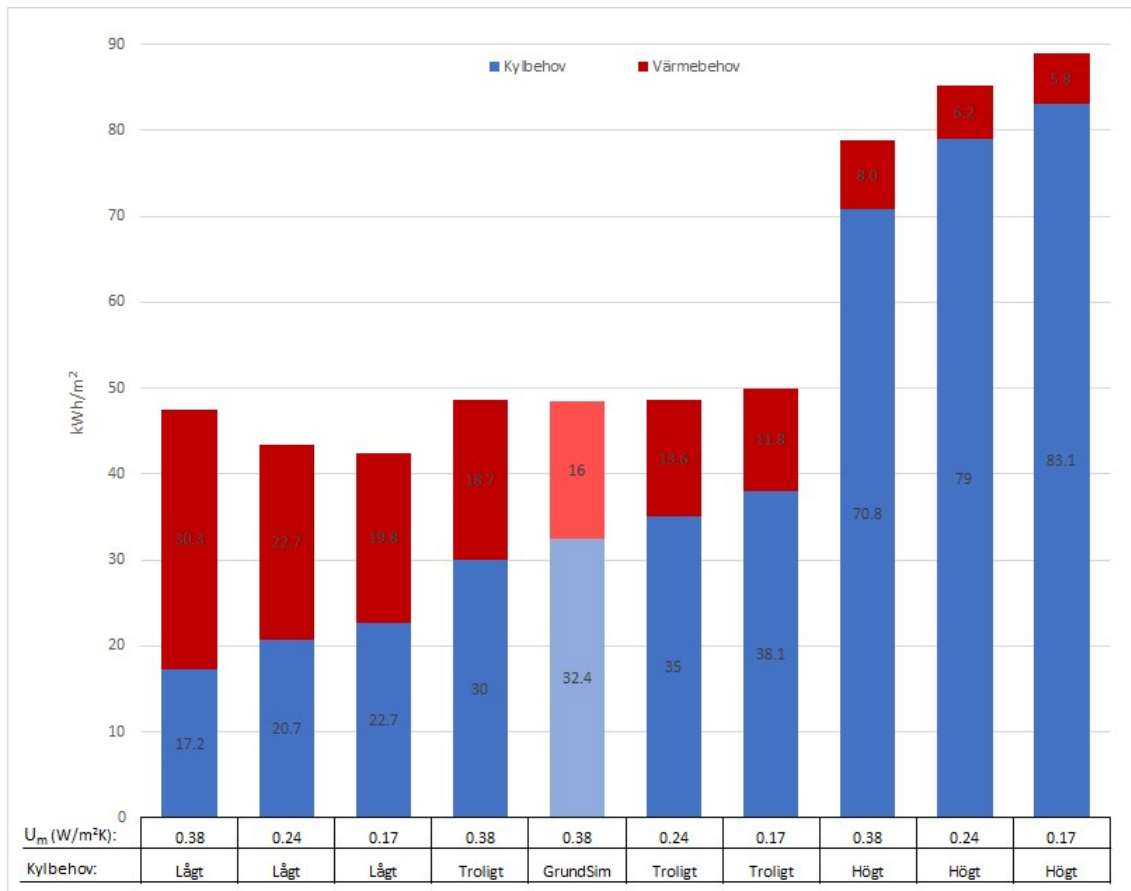
Resultatet tyder på att byta ventilationssystemet till ett VAV-system leder till en kraftig minskning av kylbehovet. Kylbehovet minskar med 80 procent och går från 32,4 kWh/m² med CAV till 6,6 kWh/m² med VAV. Värmebehovet ökar med fem procent och går från 16 kWh/m² med CAV till 16,9 kWh/m² med VAV. Det totala kyl- och värmebehovet minskar med 51 procent. Elbehovet till fläktar i luftbehandlingsaggregatet för CAV-systemet är 26 600 kWh/år och ökar i VAV-systemet till 30 800 kWh/år



Figur 15) Simulerat energibehov för olika ventilationssystem, värden från simulering i IDA ICE.

4.8 Scenarier

Resultatet tyder på att förändringar i internvärme och persontäthet leder till en kraftig variation i kyl- och värmebehov. För simuleringar med ett lågt kylbehov minskar det totala kyl- och värmebehovet i takt med att U_m -värdet minskar. För simuleringar med ett högt kylbehov ökar istället det totala kyl- och värmebehovet när U_m -värdet minskar. Det troliga scenariot är fall som har minst variation av det totala kyl- och värmebehovet.



Figur 16) Simulerat energibehov för scenarierna. För lågt kylbehov används en klimatfil med RCP2,6 och UVÖ 1,0 °C. I det troliga scenariot används en klimatfil med RCP4,5 och UVÖ 1,5 °C. För högt kylbehov används en klimatfil med RCP8,5 och UVÖ 3,0 °C, värden från simulering i IDA ICE.

5 Slutsats

- Hur ser kyl- och värmebehovet ut om 50 år?

Av samtliga scenarier som kombinerar de faktorer som har undersökts i rapporten är det troliga scenariot det som rapporten utgår från att vara det som mest liknar förhållandena om 50 år. I det troliga scenariot sitter personal tätare och den tekniska utrustningen avger mindre värme, klimatet är fuktigare och varmare på grund av den globala uppvärmningen och effekten från UVÖ.

Det totala kyl- och värmebehovet ökar något jämfört med grundsimuleringen som motsvarar dagens förhållande. Beroende på om U-värdet minskar eller ökar får byggnaden ett större kyl- respektive värmebehov. Klimatskalets material som används idag skulle med fördel kunna användas i framtiden då resultaten visar att dagens material ger ett av de lägsta totala kyl- och värmebehoven.

- Vilka faktorer påverkar kyl- och värmebehovet mest?

Det är svårt att jämföra faktorerna med varandra då många av faktorerna är svåra att förutspå och det finns lite information som beskriver hur de utvecklats historiskt. Däremot tyder resultaten på att internvärmerna och speciellt personaltätheten har en stor inverkan på kyl- och värmebehovet. Det är också intervärmen som är den svåraste faktorn att ta hänsyn till i framtiden då den tekniska utvecklingen är nästintill omöjlig att förutspå, personaltätheten kan förändras plötsligt om kontoret får en ny hyresgäst med en annan verksamhet och en större eller mindre personalstyrka.

- Vilken kombination av faktorer har störst respektive minst kyl- och värmebehov?

Scenariot som ger det lägsta kylbehovet ger också det högsta värmebehovet och vice versa. Höga U-värden ger ett lågt kylbehov och ett högt värmebehov. Skillnaden mellan det scenario som ger lägst kylbehov respektive högst kylbehov är markant. Kylbehovet går från 17,2–22,7 till 70,8–83,1 kWh/m² och värmebehovet går från 19,8–30,3 till 5,8–8,0 kWh/m². Byggnaden kan självklart utformas för att minimera det totala kyl- och värmebehovet men att veta vilket scenario byggnaden ska utformas efter är svårt.

6 Diskussion

För samtliga simuleringar förutom scenarierna har det enbart undersökts hur mycket förändring av en faktor i taget påverkar kyl- och värmebehovet. I verkligheten är det mer realistiskt att förändringar i framtiden är en kombination av flera faktorer. Det hade varit intressant och se hur alla kombinationer av faktorerna hade sett ut men med tanke på att det hade blivit flera tusen simuleringar och varje simulering tar ungefär 30 minuter att genomföra så hade det varit orealistiskt att genomföra för den här rapporten.

6.1 Klimatfiler

IDA ICE använder klimatfiler från ASHRAE. I grundsimuleringen har en klimatfil som baserats på väderdata från en station vid Landvetter använts. Klimatfilen innehåller väderdata för varje timme under ett helt år. Den här rapporten går igenom ett antal klimatscenarier som spåsar höja medeltemperaturen. För att kunna simulera olika scenarier har klimatfilen öppnats och redigerats för att motsvara ett annat klimat. I klimatscenierna har medeltemperaturökningen från scenariot lagts på varje enskild datapunkt i klimatfilen som användes i grundsimuleringen. Detta gör att rätt medeltemperatur fås fram men det motsvarar troligtvis inte hur det faktiska klimatet kommer att förändras i framtiden.

6.2 Internvärme

Eftersom det är svårt att veta exakt hur datorer, smartphones, surfplattor och annan utrustning kommer att förändras så undersöktes hur en procentuell förändring av internvärmens påverkar det totala kyl- och värmebehovet. Så även om en viss typ av utrustning tas bort helt eller om en helt ny apparat tillförs så kan resultaten fortfarande användas genom att bara undersöka hur mycket internvärme genereras och jämföra det mot vårt grundfall.

För att resultaten ska kunna användas av flera olika typer av företag med olika typer av verksamhet undersöktes både på vad som händer när närvarograden ökar eller minskar och hur personaltätheten påverkar det totala kyl- och värmebehovet.

En förklaring varför ingen brytpunkt finns vid 90 procent närvarograd (Se figur 17 i APPENDIX C) är att vid högre närvarograder och lägre värmeutveckling från teknisk utrustningen får utrustningen mindre vikt på grund av att den avgörande internvärme lasten kommer från människorna och inte från utrustningen. För låga närvarograder där mängden utrustning är samma men det är mindre personer i kontoret får utrustningen en större vikt även fast dom har låg värmeutveckling. Det är troligen därför en brytpunkt fås, som visar när det totala kyl- och värmebehovet går från att kontinuerligt minska till att istället börja öka. Brytpunkten ligger närmare 50 procent internvärme när närvarograden är 50 procent och allt eftersom den ökar till 70 och 90 procent flyttar sig punkten närmare 25 procent internvärme och i 90 procent närvarograd fall förbi 25 procent internvärme.

6.3 U-värde

Resultatet för förändringar i U-värde som har tagits fram tar ingen hänsyn till förändringar i internvärme, varmare klimat eller övriga faktorer. Förändringar i internvärme tillsammans med förändringar i U-värde ger stora variationer i kyl- och värmebehov. Då endast ändringar i U-värde har gjorts representerar resultaten en liten del av antalet möjliga resultat. Om simuleringarna skulle tagit hänsyn till internvärmens hade antagligen brytpunkten förflyttats, brytpunkten motsvarar det U-värde som ger lägst totalt kyl- och värmebehov.

6.4 Solskydd

När solskyddet simulerades användes ett yttre solskydd där endast g-faktorn ändrades. Det nya g-värde för fönstret blir en kombination av solskyddets g-faktor och fönstrets ursprungliga g-värde. Vid användning av mellanliggande eller inre solskydd tillkommer också en u-faktor som hade förändrat U-värdet. Då syftet var att undersöka hur mycket g-värdet påverkar kyl- och värmebehovet valdes att endast använda ett yttre solskydd.

Solskydden som användes styrdes efter effekten från solinstrålning. Solskydden var nedfällda när effekten från solinstrålning låg över 100 W/m^2 . Detta kan ha lett till att solskydden var nerfällna i vissa fall när det egentligen hade gjort mest nytta om dom hade varit uppfällna och tvärtom. Att solskydden styrs efter 100 W/m^2 är ett standardvärde i IDA. Troligtvis hade ett annat värde eller olika värden för sommaren och vintern varit bättre för att effektivisera styrningen och minimera det totala kyl- och värmebehovet. För detta arbete ansågs standardvärdet vara tillräckligt bra eftersom fokus inte låg på vilken solinstrålningseffekt som är optimal för att få ut maximal nytta av solskydden.

6.5 Värmetröghet

I simuleringar som beaktar värmelagringsförmågan ses tydligt att en tung stomme med ett anpassat ventilationsschema ger ett lägre kyl- och värmebehov. I verkligheten måste andra faktorer tas hänsyn till såsom byggkostnad, driftkostnad och det ekologiska fotavtrycket. Att bygga i betong bidrar normalt till mer växthusgasutsläpp än att bygga i trä.

6.6 Ventilation

VAV-simuleringarna gjordes med en temperaturstyrd ventilation där det minsta flödet är satt till $0,7 \text{ l/s m}^2$ och maxflödet är satt till $2,5 \text{ l/s m}^2$. Tilluftstemperaturen för VAV-system är lägre än för CAV-system, i den här simuleringen har tilluftstemperaturen satts till $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Inomhustemperaturen under varma dagar blir högre i VAV-simuleringar än i CAV-simuleringar. Att inomhustemperaturen blir högre beror på att kylning sker helt via ventilationen och för att personalen inte ska känna obehag och drag kan inte rätt luftflöde användas. Att kylbehovet blir så litet jämfört med grundsimuleringen beror delvis på att kylbafflar ej används. Kylsystemet som används i grundsimuleringen har relativt stora transportförluster.

6.7 Scenarier

Scenarier är kombinationer av olika faktorer för att bättre spegla en framtida verklighet. Närvarograd och personaltäthet är satt till 70 procent och 10 m²/person för samtliga simuleringar. Värme från teknisk utrustning är lägre för scenarion med ett lågt kylbehov och det troliga scenariot. För scenarion med högt kylbehov är värme från teknisk utrustning oförändrad. U_m-värdet simuleras i tre olika steg, samtliga med lägre värde i förhållande till grundsimuleringen.

7 Referenser

Arbetsmiljöverket. (2013). Arbetsplatsens utformning: Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om tillämpning av föreskrifterna (AFS 2009:2). Hämtad från

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-foreskrifter-afs2009-2.pdf>

Bjørnæs, C. (2017). *A guide to Representative Concentration Pathways*. Hämtad från <https://www.sei-international.org/mediamanager/documents/A-guide-to-RCPs.pdf>

Boverket. (2015). *Regelsamling för byggande, BBR* (1. uppl. ed.). Karlskrona: Boverket.

Boverket. (2017). *Webbsändning om nära-nollenergibyggnader*. Hämtad från <http://www.boverket.se/contentassets/37d8c530ff964a26b1587fec789d06f5/powerpointbilder-fran-presentationen.pdf>

Business region Göteborg. (2009). *The region of sustainable growth*. Hämtad från http://www.ps.businessregion.se/download/18.be1572e149552ff1039a9da/1414657554428/ORG+BRG_Lokalhyresmarknaden_09.pdf

Byggros. (2012). *Urban värmeö: Vad är det*. Hämtad från <http://www.byggros.com/se/urban-varmeo-urban-heat-island>

Diligentia. (2017). *Aktivitetsstyrd arbetsmiljö*. Hämtad från <http://sveavagen44.se/PageFiles/11/Aktivitetsstyrd%20Arbetsmilj%C3%B6%20Low.pdf>

Energimyndigheten. (2017). *Välisolerade fönster bidrar till bättre miljö*. Hämtad från https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0ahUK Ewixrfnu15TSAhWTOSwKHSuwDM4QFghYMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.stockholm.se%2FGlobal%2FFrist%25C3%25A5ende%2520webbplatser%2FStadsledningkontoret%2FLIP%2FKunskapssluss%2Fisolerade_fonster.pdf&usq=AFQjCNFQKOHxuywzr9NICK6Xj1KN5HM3Ig&sig2=Z6z9P1tHGnWZ_mcAqDqW9w&cad=rja

Frost, S. Lyckander, K. (2012). *Utvändig solavskärmning för glasade kontorsbyggnader* (Examensarbete, KTH Arkitektur och samhällsbyggnad) Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:550358/FULLTEXT01.pdf>

Jelle, B. P. (2011). *Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – properties, requirements and possibilities*. *Energy & Buildings*, 43(10), 2549-2563. doi:10.1016/j.enbuild.2011.05.015

Ljustema. (2017). *Fakta om LED*. Hämtad från <https://www.ljustema.se/content/9-fakta-om-led>

Lokaler. (2017). *Hyresnivåer för kontorslokaler*. Hämtad från <http://www.lokalerna.se/hyra-lokal/kontor/hyresnivaer-for-kontorslokaler>

- Oke, T. R. (1973). *City size and the urban heat island*. Elsevier Ltd. Hämtad från <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0004698173901406#>
- SCB. (2015). *Sveriges framtida befolkning 2015-2060* (BE51 - Demografiska rapporter, BE51BR1502). Hämtad från http://www.scb.se/Statistik/_Publikationer/BE0401_2015I60_BR_BE51BR1502.pdf
- SMHI. (2013) Klimatscenarier. Hämtad från <http://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarier?area=lan&var=t&sc=rcp85&seas=ar&dnr=0&sp=sv&sx=0&sy=152#dnr=14&sc=rcp26&seas=ar>
- Sveby. (2013). Brukarindata kontor. Hämtad från <http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2013/06/Brukarindata-kontor-version-1.1.pdf>
- Svensk Betong. (2015). Betong sparar energi [Faktablad] Stockholm: Svensk Betong. Hämtad från http://www.svenskbetong.se/images/pdf/EnergiBroschyr_150702.pdf
- Swedish Standards Institute. *SS-EN ISO 7730:2006. Ergonomi för den termiska miljön - analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort*. Hämtad från <https://enav.sis.se/Standard/?std=STD-44399>
- Thorsson, S. (2012). *Stadsklimatet: Åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden* (FOI-R-3415-SE). Hämtad från <https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjnst3V6-7RAhVkmZ0KHdr0C2kQFggdMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.foi.se%2Freport-search%2Fpdf%3FfileName%3DD%3A%255CReportSearch%255CFiles%255Cc56c83ad-7005-42c9-a373-b696c0bf1d65.pdf&usq=AFQjCNFFLGoI9ICVrG0i-yC62ItYh8wgQ&sig2=RWANfhssFfd09VKcYFRN2w&cad=rja>
- Thorsson, S., Lindberg, F., Björklund, J., Holmer, B., & Rayner, D. (2011). Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in gothenburg, sweden due to climate change: The influence of urban geometry. *International Journal of Climatology*, 31(2), 324-335. doi:10.1002/joc.2231
- Wikenståhl, M. (2016). *Planering för en varmare stad: Klimatanpassning av den fysiska miljön* (Underlagsrapport till "Översiktsplan för Uppsala kommun 2016"). Hämtad från <https://www.uppsala.se/contentassets/dc584ee2fd4248f4aaed98836d9672ca/planering-for-en-varmare-stad.pdf>
- Wern, L. (2013). *Luftfuktighet: Variationer i Sverige* (METEOROLOGI, nr 154). SMHI. Hämtad från http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.34705!/Luftfuktighet_-_variationer_i_Sverige-2013-12-09.pdf

APPENDIX A

I den här bilagan visas hur temperaturökningen om 50 år tagits fram med hjälp av klimatscenerierna.

Tabell 2) Temperaturavvikelse från den normala årsmedeltemperaturen för de olika klimatscenerierna mellan åren 2062 till 2072 i Västra Götaland (SMHI, 2013).

År	RCP2,6	RCP4,5	RCP8,5
2062	2,5	2,9	3,2
2063	2,1	2,8	3,3
2064	0,9	2,2	3,4
2065	1,3	2,3	3,1
2066	1,0	2,3	3,2
2067	1,5	2,0	3,1
2068	0,7	2,2	3,2
2069	1,6	2,3	3,1
2070	1,5	2,5	3,1
2071	1,7	2,8	3,4
2072	1,4	2,5	3,8
Medelvärde 2062-2072	1,5	2,4	3,3

APPENDIX B

I den här bilagan beskrivs internlasterna för grundbyggnaden och scheman för belysning och utrustning.

Belysning för hela byggnaden under vardagar är halvt påslagen mellan kl. 6-7 och 17 - 18 och helt påslagen kl. 7-17, övriga tider är den helt avstängda.

Kontorslandskap 1 har 15 personer med 15 st. datorer, en tv och en skrivare. Datorerna är påslagna under vardagar mellan kl. 8-17 och i standby under lunchen som är mellan kl. 12-13, övrig tid är dom helt avstängda. TV är på mellan kl. 06.00-18.00 vardagar och avstängd övrig tid. Skrivaren är igång vardagar mellan kl. 10.00-10.30, övrig tid är den i viloläge.

Kontorslandskap 2 har fem personer med fem st. datorer och en skrivare. Datorerna är påslagna under vardagar mellan kl. 8-17 och i standby under lunchen som är mellan kl. 12-13, övrig tid är dom helt avstängda. Skrivaren är igång vardagar mellan kl. 10.00-10.30, övrig tid är den i viloläge.

Kontor 1–5 har en person och en dator. Datorn är påslagna under vardagar mellan kl. 8-17 och i standby under lunchen som är mellan kl. 12-13, övrig tid är dom helt avstängda.

Konferensrummet har en dator, en tv och en projektor. Datorn, tv och projektorn är påslagna vardagar mellan kl. 9-10 och kl. 13-14, övrig tid är dom helt avstängda.

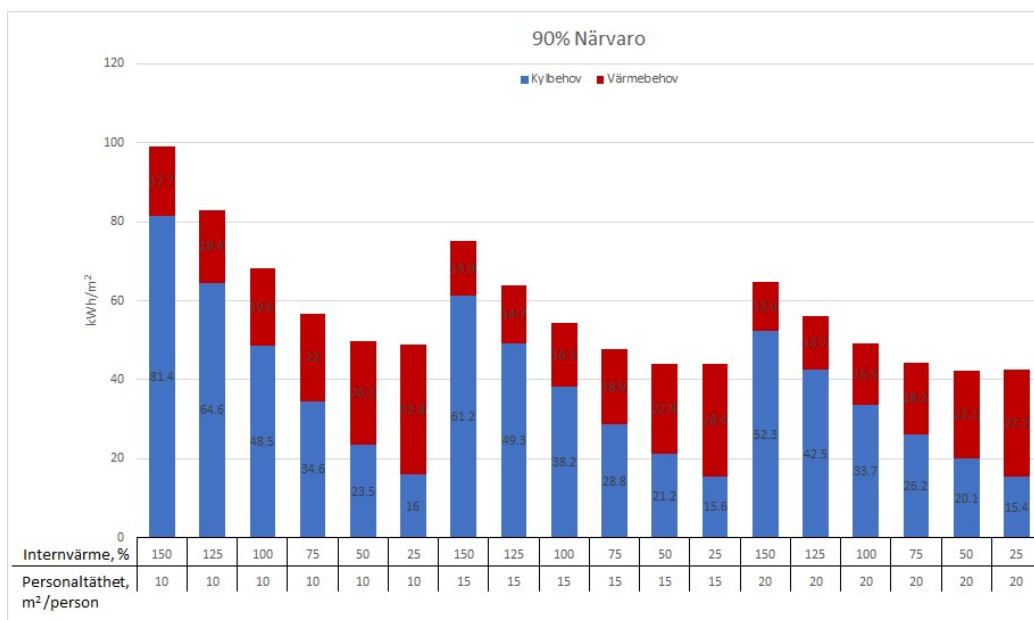
Matsalen har köksutrustning och en tv. TV är påslagen under vardagar mellan kl. 9.30-10, kl. 12-13 och kl. 15-15.30, övrig tid är den helt avstängd. Köksutrustning är alltid påslagen.

Tabell 3) Internlaster för personer och teknisk utrustning (Sveby, 2013).

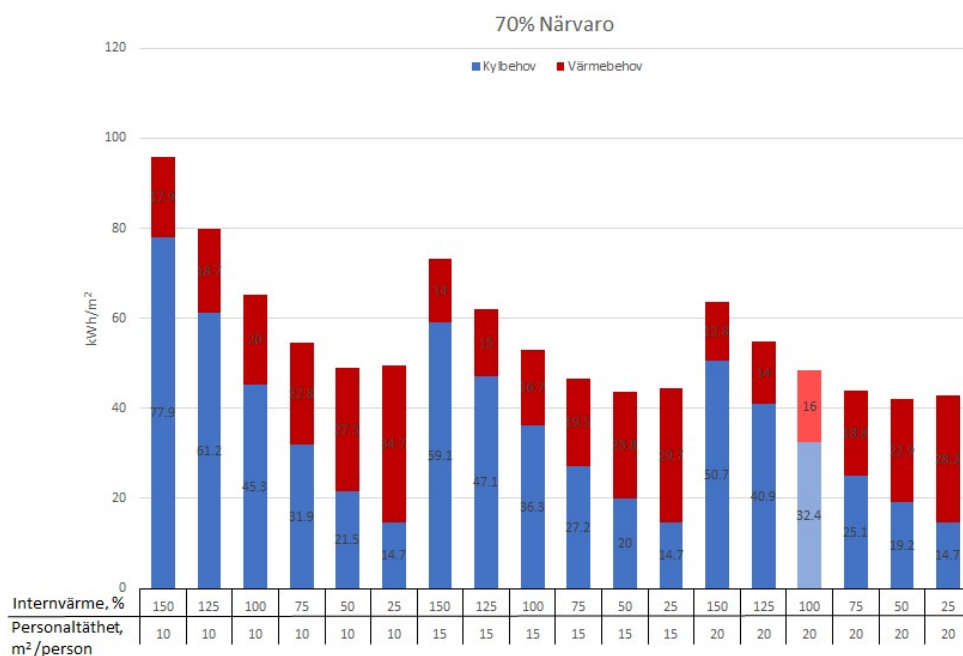
Effekt/person, kontorsarbete	108 W
Personaltäthet	20 m ² /person
Närvarograd	70 %
Kontorsdagslängd	9 h
Belysning, drift	8 W/m ²
Köksutrustning	20 W/person
PC med skärm, drift	125 W
PC med skärm, standby	34 W
Multifunktionsskrivare, drift	1800 W
Multifunktionsskrivare, viloläge	1 W
TV	225 W
Projektor	300 W

APPENDIX C

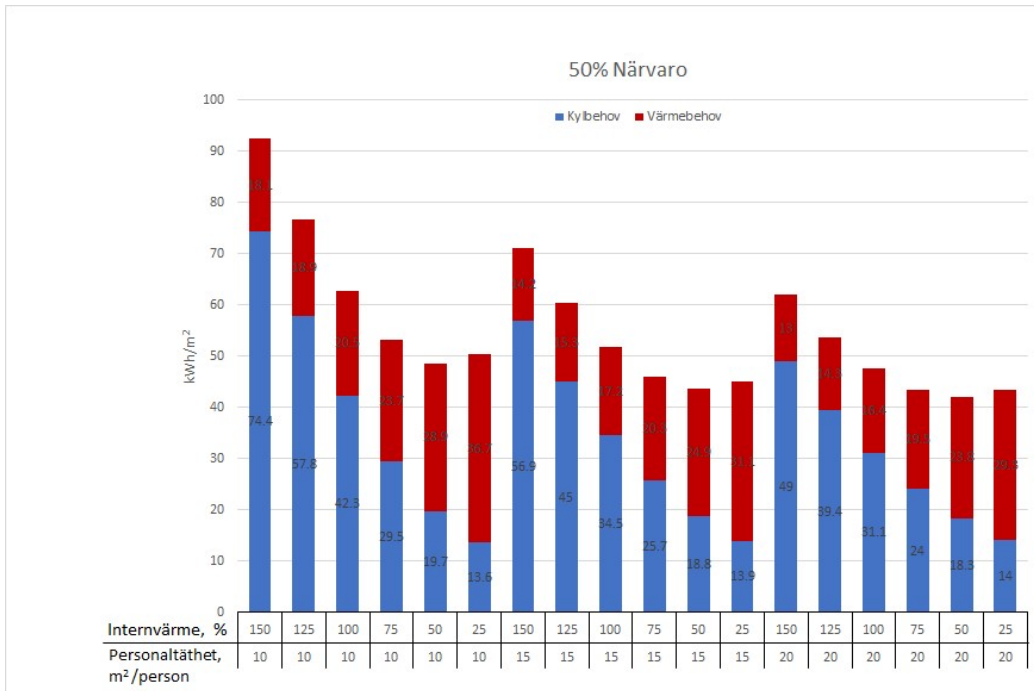
I den här bilagan finns de övriga resultaten från internvärme simuleringarna.



Figur 17) Simulerat kyl- och värmebehov då internvärmerna och personaltätheten ändras, värden från simulering i IDA ICE.



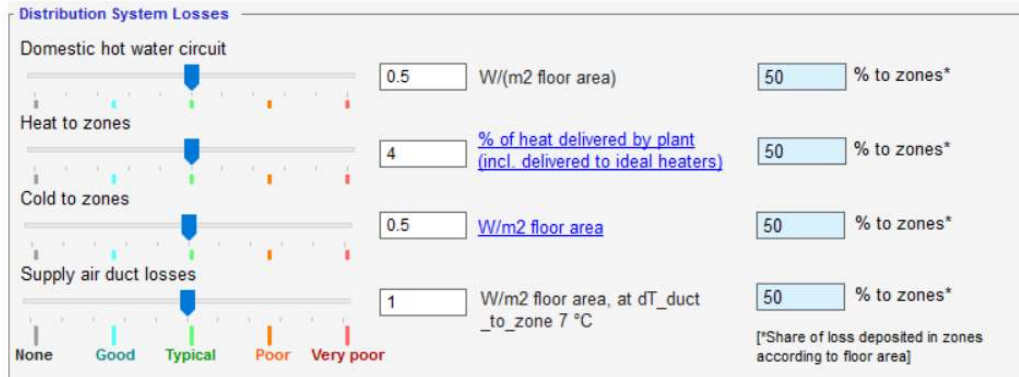
Figur 18) Simulerat kyl- och värmebehov då internvärmerna och personaltätheten ändras, värden från simulering i IDA ICE.



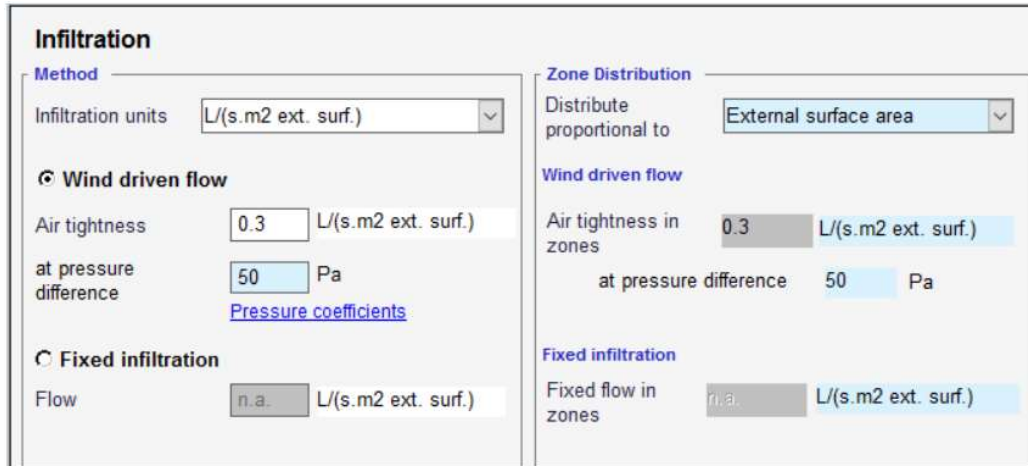
Figur 19) Simulerat kyl- och värmebehov då internvärmern och personaltätheten ändras, värden från simulering i IDA ICE.

APPENDIX D

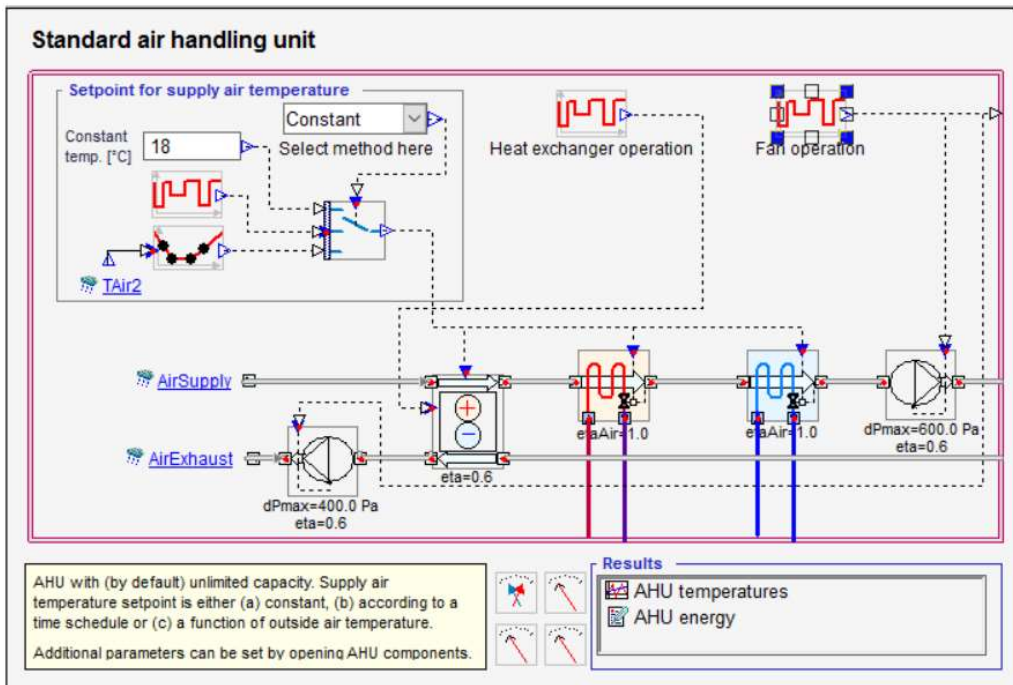
I den här bilagan finns grund inställningarna som används i IDA ICE.



Figur 20) Distributionsförluster som användes i samtliga simuleringar.



Figur 21) Luftläckageförluster som användes i samtliga simuleringar.



Figur 22) Visar hur ventilationsaggregatet är uppbyggt.

System parameters		Physical parameters	
Here are some key tolerances and other standard settings. Most of these should not be changed unless you have a good reason and know the consequences.			
Main parameters			
Degree of automatic schedule smoothing	5	-	(0 = no smoothing 5 = ± 1 h)
P-band for proportional temperature controllers; deadband for on-off controllers	1	°C	(a small number may cause numerical problems)
Setpoint offset for water based cooling room units when there is temperature controlled VAV	2.0	°C	(positive value means air is used before water)
Solar radiation level at which integrated shadings are drawn	100	W/m2	(measured when the shading device is not drawn)
Side on window where the solar radiation level for shading control is measured	Outside		
Solar radiation incident angle, below which solar shading may be automatically drawn	90	°	
PMV (Fanger) level at which occupant wears maximum clothing	-1	[-3, -0.1]	(a proportional controller is used to 'dress' occupants; controller offset error is used to represent the fact that occupants will not immediately change dress)
PMV (Fanger) level at which occupant wears minimum clothing	1	[0.1, 3]	
Method for measurement of daylight level	At first occupant		(Average over floor or point measurement at first occupant)
Ambient air CO2 level	400.0	ppm (vol)	
Window frame absorptance	0.5	0 - 1	
Exponent in leak power law when ELA is given	0.6	-	
Cd factor in flow (pressure) for large openings	0.65	-	
Post processing			
Building time constant for determining "memory" for when a casual gain or loss is useful or harmful	24	h	(used for "during heating/cooling" reporting; ideally, make a simulation experiment to estimate)
Sliding average length for calculation of result table scalars	15	min	(measures of e.g. max and min temperatures are not instantaneous)
Operative temperature level for count of hours in Summary table (lower level column)	25	°C	
Ditto (higher level column)	27	°C	
Temperature tolerance above (or below) setpoint where an Unmet Load Hour is recorded.	1	°C	(ULH is a measure from ASHRAE 90.1 for when a zone is out of its control band)

Figur 23) Visar inställningar för styrning och reglering av kyla, värme och ventilation.



Figur 24) Visar inställningar för värmeledningsförluster genom klimatskalet.