



CHALMERS



Kombinera ventilation och uppvärmning ur ett energiperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet - Maskiningenjör

Louisa Hultmark

Kombinera ventilation och uppvärmning ur ett energiperspektiv

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Maskiningenjör

Louisa Hultmark

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2016

Kombinera ventilation och uppvärmning ur ett energiperspektiv

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Maskiningenjör

Louisa Hultmark

© LOUISA HULTMARK, 2016

Examensarbete BOMX03-16-26 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2016

Institutionen för bygg och miljöteknik

Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Bilden visar passivhus i Vallda Heberg som ligger strax utanför Kungsbacka i Sverige. Passivhusen på bilden är en vidareutveckling av NCC:s koncepthus Kuben.

Foto: Elin Bennewitz/Tidningen Byggindustrin - fotot taget med tillåtelse.

Chalmers/Institutionen för bygg- och miljöteknik

Göteborg 2016 SVERIGE

Kombinera ventilation och uppvärmning ur ett energiperspektiv.

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet – Maskiningenjör

LOUISA HULTMARK

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Lågenergihus använder väldigt lite energi även den kallaste vinter dagen. Husen är välisolerade och värms till stor del upp passivt, det vill säga med hjälp av bland annat solinstrålning, utrustning i hemmet och personer i rummen. Men trots detta är det vanligt att det behövs tillföras ytterligare energi från en uppvärmningskälla som till exempel radiatorer eller luftburen värme. Eftersom det blir mer vanligt att bygga lågenergihus vid nybyggnationer skall det analyseras vad det innebär ur kostnads och energisynpunkt att byta ut det traditionella uppvärmnings-systemet med radiatorer och golvvärme, mot ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem.

Tre tekniska lösningar på kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem med olika utformningar har tagits fram. Lösningarna ser ut på olika sett, antingen har man konstant tilluftflöde i ventilationssystemet med variabel tillufttemperatur eller variabelt tilluftflöde med konstant tillufttemperatur. Man kan också ha variabelt tilluftflöde med variabel tillufttemperatur. De kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen jämförs dels mot varandra dels mot ett referenssystem som är projekterat med radiatorer och golvvärme som uppvärmningssystem. För att genomföra jämförelsen har alla system anpassats till NCCs typhus Kuben och den årliga energianvändningen har simulerats i IDA ICE 4.7 där alla system har samma verkningsgrad i värmeväxlaren. Men värmeväxlarens verkningsgrad har även varierats för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen för att se om en likvärdig energianvändning i de olika systemen är realistisk. Under vissa av simuleringarna har även parametrar som tillufttemperatur och luftflöde varierats för en så låg årlig energianvändningen som möjligt.

Både tillufttemperaturen och luftflöden påverkar den årliga energianvändningen. En låg tillufttemperatur ger ett högre luftflöde och tvärt om. Det är det minsta tilluftflödet ur ventilationssynpunkt som sätter kraven för hur varm luften får vara som tillförs byggnaden. Har man däremot en låg tillufttemperatur ger det ett högt luftflöde som ger hög energianvändning i tilluft- och frånluftfläktarna. Värmeväxlarens verkningsgrad skall förbättras så mycket att den täcker upp de extra värmeförlusterna genom ventilationskanalerna samt den ökade fläktenergin som tillkommer i ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem. De kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen har en lite högre årlig energianvändning än referenssystemet, men det är inte en realistisk verkningsgrad i värmeväxlaren som krävs för en likställd energianvändning. Utformningen av alla de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen är billigare än referenssystemet och de kostnader man sparar in kan läggas till exempel på bättre isolering i byggnadens väggar.

Nyckelord: Passivhus, uppvärmningssystem, radiatorer, ventilation, luftflöde, tillufttemperatur, verkningsgrad, luftburen värme, simulering, energianvändning

ABSTRACT

Constructions of near zero energy houses use very little energy even the coldest winter day. The houses are well insulated and mostly heated by a passive part, for example solar insolation, home equipment and people in the rooms. But it's common that the houses need to be extra heated from another source such as radiators or air heating. As it becomes more common to use the passive house technology in new constructions, this report compare in terms of cost and energy what it means to replace the traditional heating system of radiators and floor heating, to a combined ventilation and heating system.

Three technical solutions of a combined ventilation- and heating system with different design have developed. The solutions have either constant supply airflow in the ventilation system but the temperature in the supply air varies or variable supply airflow but the temperature in the supply air is constant. The system can also have variable supply airflow and a variable temperature. The solutions are compared against each other but also compared against a reference system with radiators and floor heating as a heating system. To perform the comparison between the systems they have all been adapted to NCCs house Kuben and the energy use has been simulated in IDA ICE 4.7 with the same heat exchanger efficiency for the systems. In the simulations of the combined ventilation and heating systems the heat exchangers efficiency has also been varied to find the efficiency of the heat exchanger which provides the same annual energy use as the reference system, to find out if the efficiency is realistic. In some of the simulations parameters as airflow and supply air temperature has also been varied to find a combination of the parameters for as low annual energy use as possible.

Both the supply air temperature and the airflow affect the annual energy use. A low supply air temperature produces a higher airflow and vice versa. It's the minimum supply airflow that sets the requirements for how warm the supplied airflow can be in the building. A low supply air temperature gives a high airflow and the supply and exhaust fans consume a lot more energy. Heat exchanger efficiency will increase so much that it covers the extra heat loss from the ventilations ducts and the extra fan energy in that the combine ventilation and heating system. A combination of the supply airflow and the supply air temperature, with a reasonable efficiency in the heat exchanger gives an annual energy use that will similar to the reference system. The combined ventilations- and heating systems will also be cheaper than the reference system with traditional heating system consisting of radiators and floor heating.

Key words: Passive house, heating system, radiator, ventilation, airflow, air temperature, efficiency, air heating, simulation, energy consumption

Innehåll

1	INTRODUKTION	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Metod	2
1.4	Avgränsningar	2
1.5	Frågeställningar	2
2	LÅGENERGIHUS	3
2.1	Vad är ett lågenergihus	3
2.1.1	KUBEN – inomhustemperatur och klimatfil	3
3	REFERENSHUSET	5
3.1	Kubens zoner	5
3.1.1	Referenshusets ventilationssystem	6
3.1.2	Referenshusets uppvärmningssystem	7
3.1.3	Referenshusets värmeanläggning	8
4	VÄRMEFÖRLUSTER I REFERENSHUSET	9
4.1	Byggnadens transmissionsförluster	9
4.2	Ventilationsförluster och luftläckage	9
4.3	Värmeväxlarens verkningsgrad	10
4.4	Simulering i IDA ICE 4.7	10
4.4.1	Husets värmebehov medräknat värmeförluster	10
4.5	Energianvändning under 1 år	10
5	KOMBINERAD VENTILATION OCH UPPVÄRMNING	12
5.1	Utformning	12
5.2	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen	12
5.2.1	Isoleringsmaterial	13
5.2.2	Placering av ventilationskanaler	13
5.3	Värme- och ventilationsanläggningen	14
6	DEMAND CONTROLLED VENTILATION	15
6.1	Hur fungerar Demand Controlled Ventilation	15
6.2	Krav på DCV systemet	15
6.2.1	Luftkvalitet	16
6.3	Utformning av DCV systemet	16
6.4	Kontrollparametrar i ett DCV system	16

7	VAV – UTOMHUSKOMPENSERAD TEMPERATUR VERSION 1	17
7.1	Begreppet konstant tillufttemperatur	17
7.1.1	Nya tilluftflöden	18
7.2	Funktion och utformning	19
7.2.1	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen	20
7.3	Årlig energianvändning och verkningsgrad	21
7.4	Inneklimat	22
8	VAV – UTOMHUSKOMPENSERAD TEMPERATUR VERSION 2	23
8.1	Funktion och utformning	23
8.2	Inneklimat	24
8.2.1	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen	25
8.3	Årlig energianvändning och verkningsgrad	25
9	CAV – VARIABEL TEMPERATUR VERSION 1	26
9.1	Begreppet variabel tillufttemperatur	26
9.1.1	Tillufttemperatur	26
9.2	Funktion och utformning	26
9.2.1	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen	28
9.3	Simuleringen i IDE ICE 4.7	28
9.4	Årlig energianvändning och verkningsgrad	28
10	CAV – VARIABEL TEMPERATUR VERSION 2	30
10.1	Trådlösa fjärrsensorer och en centralenhet	30
11	VAV – VARIABEL TEMPERATUR	31
11.1	Funktion och utformning	31
11.2	Tillufttemperatur och luftflöden	31
11.2.1	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen	32
11.3	Årlig energianvändning och verkningsgrad	32
12	JÄMFÖRELSE	34
13	SLUTSATS	36
14	DISKUSSION	37
14.1	Demand controlled ventilation system	37
14.2	Luftkvalité och framtida kostnader	37
14.3	Transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen	37

15	FORTSATT ARBETE	39
16	LITTERATURFÖRTECKNING	40
	APPENDIX A - IDA ICE 4.7 PARAMETRAR	43
	APENDIX B – INSTÄLLNINGAR FÖR SIMULERING	47
	APENDIX C – INSTÄLLNINGAR FÖR SIMULERING	48
	APENDIX D - KONTROLL AV SIMULERINGSRESULTAT	49
	APENDIX E - TRANSMISSIONSFÖRLUSTER	50
	APPENDIX F - TRANSMISSIONSFÖRLUSTER	53
	APENDIX G – TILLUFTTEMPERATUR	55
	APENDIX H - KOSTNADSKALKYLER	57
	APENDIX I – SAMMANSTÄLLNING AV RITNINGAR	65

Förord

Detta examensarbete var en del av utbildningen högskoleingenjör maskinteknik på Chalmers tekniska högskola. Det genomfördes på Ingenjörskyrån Andersson & Hultmark från april till juni 2016.

Examinatorn för projektet var Jan-Olof Dalenbäck, Professor, Bygg- och miljöteknik, Installationsteknik på Chalmers tekniska högskola. Handledare var Per-Erik Andersson-Jessen på Ingenjörskyrån Andersson & Hultmark AB.

Jag vill tacka för att de möjliggjorde detta examensarbete.

Jag vill också tacka personalen på Andersson & Hultmark AB för support med simuleringsprogrammet IDA ICE 4.7 och hjälpen jag fått för att få fram behövligt material och programvaror. Ett tack skall även EQUA simulations AB ha för deras gratis studentlicensens för programvara IDA ICE 4.7.

Göteborg, juni 2016
Louisa Hultmark

Beteckningar

Latinska versaler

A_{Temp}	Uppvärmad yta [m^2]
C_p	Specifik värmekapacitet vid konstant tryck [$\frac{J}{kg \times K}$]
M	Medelvärde
$U(-värde)$	Värmegenomgångskoefficient, mäter hur god isolering en hel byggnadsdel har [$W/m^2 \times K$]
P	Effekt, mängd energi som omvandlas per tidsenhet [W]
P_{Area}	Effekt per areaenhet [W/m^2]

Latinska gemena

$\dot{m}$	Massflöde [m^3/s]
n	Antal [st]

Grekiska versaler

Δt	Temperaturdifferens, skillnaden mellan två temperaturer [$^{\circ}C$]
$\sum x$	”Stora sigma” beteckning för summa av x.

Grekiska gemena

η	”eta” som är grekiska och betecknar här verkningsgrad. [-]
--------	--

Ekvationer

$P = \dot{m} \times C_p \times \Delta t$	Formel för effektberäkning.
$M = \sum x / n$	Formel för beräkning av det aritmetiska medelvärdet.

Förkortningar

AHU	”Air handling unit” svenska översättningen är luftbehandlingsaggregat
BBR	”Boverkets byggregler” Regelsamling för byggande.
CAV	”Constant air volume” ventilationssystem med konstant luftflöde
DCV	”Demand controlled ventilation” - behovsstyrd ventilation
DVUT	”Dimensionerande vinter utetemperatur” Förklaras i kapitel 7 [$^{\circ}C$]
ICE	”indoor climate and energi” Simuleringsprogrammet IDA indoor climate and energi förkortning.
FEBY	”Forum för energieffektivt byggande” Organisationen som sätter kravspecifikationen för passivhus i Sverige.
FTX	Frånluft, tilluft och värmeväxling.
KLK	Används bland annat i ritningar och är förkortning för klädkammare.
ppm	”parts per million”, vanlig använd enhet för tillexempel föroreningar.
SCNH	”Sveriges Centrum för Nollenergihus” en organisation som driver och stimulerar utvecklingen mot lågenergihus
SVEBY	”Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader” förklaras i kapitel 2.
VAV	”Variabel air volume” ventilationssystem med ett variabelt luftflöde
VOC	Förkortning för gasformiga organiska föroreningar

1 Introduktion

Detta kapitel beskriver bakgrunden till examensarbetet samt metoder som använts under arbetsgången. Även avgränsningar, vad man inte har tagit med i examensarbetet beskrivs.

1.1 Bakgrund

I EU står byggnader för hela 40 % av den totala energianvändningen och 36 % av koldioxidutsläppen. I EU är ungefär 35 % av byggnaderna över 50 år gamla och har en hög åtgång av energi. Man kan förbättra energieffektiviteten i byggnader genom att bygga så kallade ”near zero energy houses” och på detta sätt förbättra den totala energianvändningen i EU med cirka 5-6% och koldioxidutsläppen med cirka 5 %. EU har då beslutat att alla nybyggda hus år 2020 skall använda mycket lite energi. Det är dessa hus man kallas ”near zero energy houses”. (European commission, 2016)

I Sverige byggs ofta så kallade ”near zero energy houses” med benämningen lågenergihus. Under denna rubrik hamnar tre olika typer av lågenergihus nämligen nollenergihus, plusenergihus och passivhus. Lågenergihus är hus som behöver väldigt lite effekt även den kallaste vinterdagen, de är välisolerade och till stor del värms upp genom den energi som redan finns i huset. De extra kostnaderna som läggs på bland annat bättre isolering och värmeväxlad ventilation tjänas ihop på att huset får en mindre energianvändning. Det blir mer vanligt att bygga lågenergihus vid nybyggnationer. (Passivhuscentrum Västra Götaland, 2016)

Det är vanligt att man värmer upp lågenergihus med hjälp av luftburen värme, men även att man använder sig av vattenburna radiatorer eller golvvärme. Luftburen värme innebär att man värmer huset med ventilationens tilluft. Tilluften värms med hjälp av återvinning från frånluften och ett extra värmebatteri som placeras efter ventilationsaggregatet. Detta fungerar bra i ett lågenergihus eftersom de kräver så lite tillskott i värmeeffekt. Ventilationssystemet i ett lågenergihus är ett ventilationssystem med mekanisk ventilation och effektiv värmeåtervinning. Ett så kallat FTX-aggregat som har frånluft, tilluft och värmeåtervinning mellan frånluften och tilluften används. FTX aggregatet är vanligt i svenska nybyggnationer oavsett om det är ett passivhus eller inte. (IGPH, 2015)

För att kunna utforma ett kombinerat uppvärmnings- och ventilationssystem i ett lågenergihus är det viktigt att man har mekanisk ventilation med återvinning, ett FTX-aggregat. Eftersom det projekteras lågenergihus med bra förutsättningar för att ha ett kombinerat uppvärmning- och ventilationssystem, så är det väldigt intressant att se vad skillnaden blir om man har ett kombinerat uppvärmning- och ventilationssystem istället för ett traditionellt uppvärmningssystem med radiatorer och golvvärme.

1.2 Syfte

Då lågenergihus har mycket liten energianvändning för uppvärmning skall det analyseras vad det innebär att värma huset med ventilationsluften istället för radiatorer och golvvärme. Syftet med examensarbetet är dels att jämföra tre tekniska lösningar att värma huset med hjälp av ventilationen, dels jämföra dessa med ett referenshus med radiatorer som uppvärmningssystem.

1.3 Metod

Ett lågenergihus beläget i Vallda Heberg Kungsbacka har valts. Byggnaden är NCC's koncepthus vid namn Kuben och är en enfamiljsvilla på 140 m². Tre kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem med demand controlled ventilation (DCV) har beskrivits, anpassats och simulerats i byggnaden. Även ett referensfall som har ett uppvärmningssystem med radiatorer och golvvärme och ventilationssystem av typen constant air volume (CAV) har simulerats i byggnaden. Energianvändningen i alla system kommer jämföras under samma förutsättningar, det vill säga med samma verkningsgrad i värmeväxlaren. Värmeväxlarens verkningsgrad kommer även att varieras för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen för att se om den verkningsgrad som krävs för en likvärdig energianvändning är realistisk eller hamnar för högt. Under vissa av simuleringarna har även parametrar som tillufttemperatur och luftflöde varierats tillsammans med varierande verkningsgrad i värmeväxlaren för att se hur de påverkar energianvändningen och för att hitta en bra kombination av parametrarna för att erhålla en låg energianvändningen.

Simuleringsprogrammet som använts är IDA Indoor climate and energy 4.7 och för beräkningar av transmissionsförluster genom ventilationskanalen har beräkningsprogrammet PAROC Calculus använts. En kostnadsuppskattning av de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen och referensfallet har gjorts och även en jämförelse mellan de olika systemen ur både energisynpunkt och kostnadssynpunkt.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet kommer endast att fokusera på projektering av lågenergihus, med begränsningen att enbart studera dimensionering av ventilationssystemet samt husets energianvändning. Den värme som förses i byggnaden förutsätts fördelas jämnt i rummet. Den verkliga fördelningen av värme i rummet samt påverkan på inneklimatet kommer inte att studeras. Data för de ingående komponenterna i systemet (fläktar, filter, värmebatteri och värmeväxlare) kommer att hämtas ur tillverkarens kataloger. Man kommer endast titta på värmeeffekt och inte kyla.

1.5 Frågeställningar

- Hur skall ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem utformas för att vara ekonomiskt och energisnålt?
- Vilken verkningsgrad skall värmeväxlaren ha för att de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen ska få samma årliga energianvändning som referenssystemet med konstant ventilationsluftmängd och uppvärmning av radiatorer? Är det en rimlig verkningsgrad i värmeväxlaren?
- Vad kostar de olika ventilationssystemen att uppföra?
- Hur fungerar de olika systemen ur ventilationssynpunkt?

2 Lågenergihus

I detta kapitel förklaras vad ett lågenergihus är. Det lågenergihus som är valt kommer att förklaras och den valda klimatdatafilen som används under simuleringar i IDA ICE 4.7 kommer förklaras, men även jämföras mot andra klimatdatafiler.

2.1 Vad är ett lågenergihus

Ett lågenergihus har en liten energiförbrukning även den kallaste vinterdagen. Det är ett hus som passivt kan värmas upp med förnyelsebar energi och återvunnen energi. Till exempel kan lågenergihus passivt värmas upp av solen, interna värmekällor och återvunnen värme i ventilationssystemet till exempel med användning av ett FTX-aggregat som har återvinning mellan frånluften och tilluften. (Bostad västerås, 2016) Begreppet lågenergihus omfattar hela byggnaden, dess värmesystem, ventilationen och även vissa hushållsapparater. Allting för att hålla en minimal energianvändning. (IG passivhus, 2016) De kan kallas miljövänliga hus då behovet av köpt energi är relativt liten, och mycket av den använda energin är återvunnen.

2.1.1 KUBEN – inomhustemperatur och klimatfil

Byggnaden som de olika systemen skall anpassas till är en byggnad som heter Kuben. Kuben är konstruerad av NCC och är en tvåplans byggnad med en total yta på 140 m². Det finns olika varianter av Kubens planlösning. (NCC, 2016) Under simuleringar utförda i IDA ICE 4.7 för att få fram de olika systemens årliga energianvändning använder man en inomhustemperatur på 22 °C den kallaste dagen. En inomhustemperatur på 22 °C är vald eftersom bland annat arbetsmiljöverket rekommenderar att hålla inomhustemperaturen på 20-24 °C vintertid. (Arbetsmiljöverket, 2015) Kuben huset som är placerad i Valda Heberg, som är ett område bebyggt med passivhus beläget utanför Kungsbacka. Området är projekterat för Passivhus enligt FEBY 2009 och FEBY 2012 (kravspecifikation för att få benämnas passivhus). I FEBY 2009 är inomhustemperaturen vald till 20 °C, en reviderad version av FEBY 2009 gjordes i januari 2012 och fick namnet FEBY 2012. I FEBY 2012 är inomhustemperaturen 21 °C.

Den årliga energianvändningen, som simuleras för de olika systemen i IDA ICE 4.7, påverkas av vilken klimatdatafil man använder. En klimatdatafil är en fil som används av ett beräkningsprogram för att få information om ortens väderdata. En klimatdatafil som påvisar ett kallare klimat ger en högre energianvändning i simuleringar. Det är ett känt problem att det kan variera mellan klimatdatafilerna även om man är i samma ort. I en rapport av ett utvecklingsprojekt på uppdrag av SVEBY ”*nya klimatfiler för energiberäkning*”, citeras problemet:

”Klimatfilerna skiljer sig åt och har visat sig ge relativt stora skillnader i beräkningsresultat för samma orter, vilket är mycket olyckligt när jämförelser ska ske mot BBR-krav eller andra avtalande krav” (LÅGAN rapport, 2015)

Den klimatdatafil som har använts i simuleringar heter Göteborg, Lanvetter_ASHRAE. Klimatfilen har ett kallare klimat än till exempel klimatfilen Göteborg, säve-1977. Trots att byggnaden Kuben är projekterat för passivhus enligt FEBY 2009 så blir det simulerade värmebehovet för byggnaden större än tillåtet

enligt kravspecifikationen, detta på grund av vald klimatdatafil Landvetter_ASHRAE och ökning av inomhustemperaturen till 22 °C, men ett ökat värmebehov för byggnaden påverkar inte jämförelsen systemen i emellan. I rapporten kommer man därför att benämna Kuben huset för lågenergihus och inte passivhus.

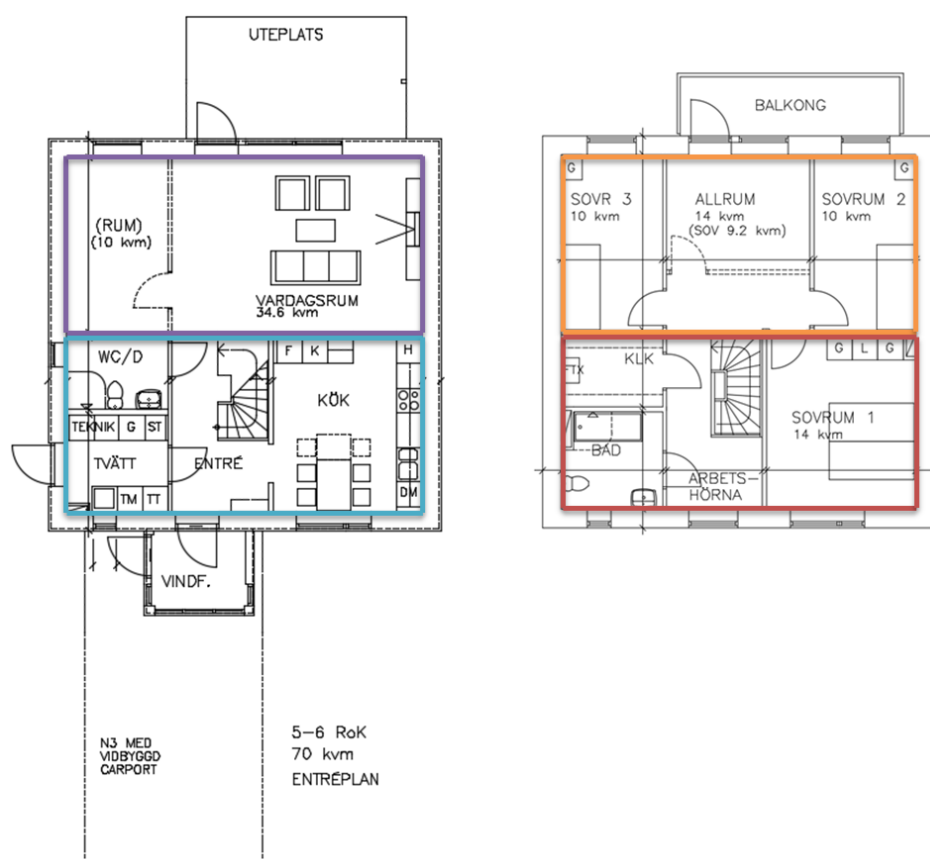
Intressant blir nu om de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen klarar ett kallare klimat än det vanliga klimatet i Göteborg, eller om tillufttemperaturen/tilluftflödet kommer att behöva vara så stora att man får problem med till exempel energianvändning, kostnader och komfort.

3 Referenshuset

I detta kapitel så förklaras referenshuset. Referenshuset är projekterat med radiatorer och golvvärme som uppvärmningssystem. Ventilationssystemet är av typen constant air volume (CAV) med konstant luftflöde.

3.1 Kubens zoner

Det hus som detta examensarbete kommer ha som referenshus är ett koncepthus som NCC projekterat med radiatorer som uppvärmningssystem på över våningen och golvvärme som uppvärmningssystem på entréplan. Inget tillskott till uppvärmningen kommer ifrån ventilationssystemet. Ventilationssystemet är här ett så kallat constant air volume system (CAV). I rapporten så kommer huset att delas upp i fyra olika zoner, två på entréplan och två på ovanplan, dessa zoner kommer användas i beräkningar och simuleringar och gäller genom hela rapporten. De fyra zonerna är namn givna till våning 1 söder, våning 1 norr, våning 2 söder och våning 2 norr. Alla zonerna har en A_{temp} på 34,61 m² vardera utan zon våning 1 söder som har en A_{temp} på 35,62 m². Hur zonerna ligger över planlösningen visas i figur 3.1.



Figur 3.1) Uppritade zoner över den planlösning av Kuben huset som är vald i denna rapport, zonerna är använda i alla simuleringar och alla beräkningar. Arkitekt-underlag: Mats Abrahamsson Arkitektbyrå AB.

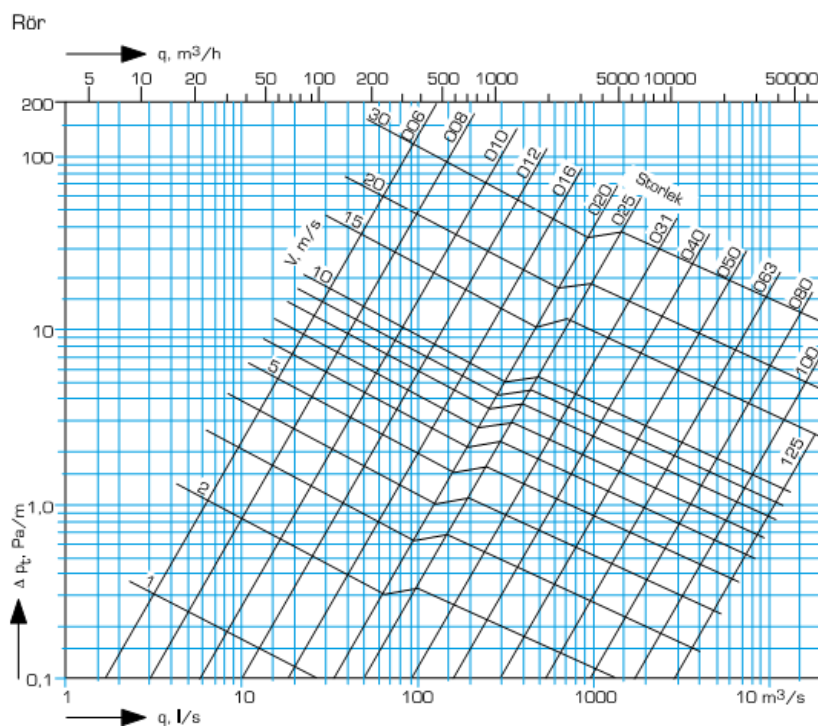
Där zon våning 1 söder är inringad i lila, våning 1 norr är inringad i blå, våning 2 söder är inringas i orange och våning 2 norr är inringad i röd.

3.1.1 Referenshusets ventilationssystem

Constant Air Volume (CAV) är ett ventilationssystem som har ett konstant tilluftflöde, det vill säga att beräknad luftmängd alltid kommer att tillföras rummet. Det menas att luftmängden inte varierar beroende på belastning i rummet eller olika tidpunkter på dygnet. Enligt BBR 2015 (Boverkets byggregler) avsnitt 6:25 Ventilation, så skall ett tilluftflöde vara minst 0,35 l/s per m² om ventilationssystemet inte är så kallat behovsstyrt. Citerar utdrag ur BBR:

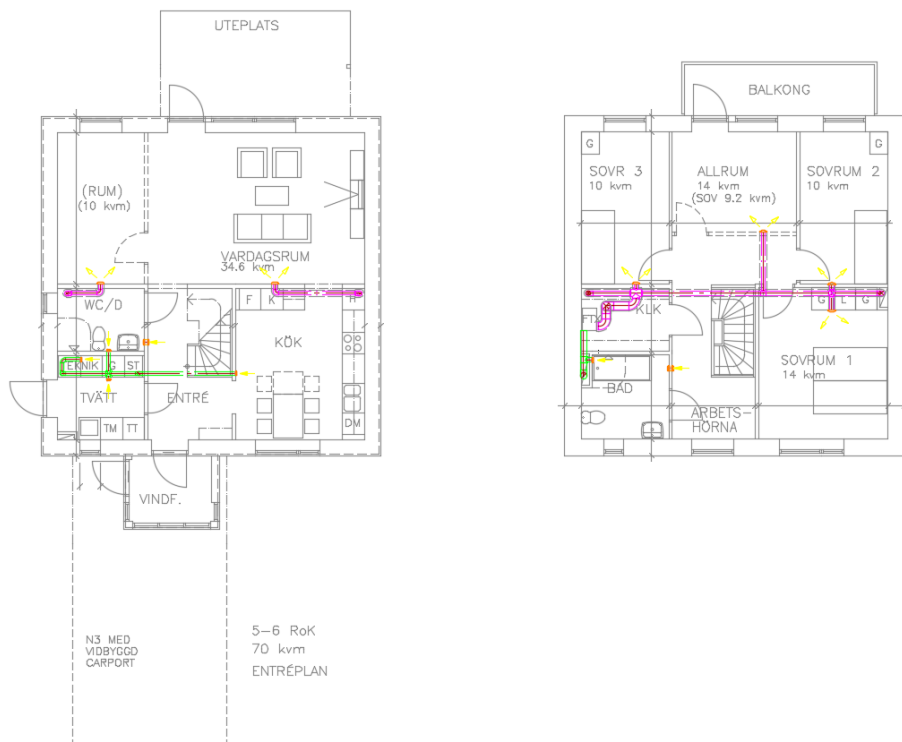
”Ventilationssystemet skall utformas för ett lägsta utluftflöde motsvarande 0,35 l/s per m² golvarea. Rum skall ha kontinuerlig luftväxling när de inte används”
(Boverket, Maj 2015)

Med BBR kravet så får referenshuset en luftmängd i respektive rum enligt ritningen för referenssystemet i appendix I. Under simuleringarna i IDA ICE 4.7 kommer zonindelningen av Kuben huset att användas, då får zon våning 1 söder ett flöde på 14 l/s och resterande zoner får ett tilluftflöde på 13,6 l/s. Tilluftens temperatur ligger på konstant 22 °C. Ventilationens kanalstolekar är dimensionerade med hjälp av figur 3.2. Där har man tilluftflödet på x-axeln och tryckdifferensen på y-axeln. Dimensioneringen av ventilationskanalerna har man använt sig av ett tryckfall på 1 Pa/m.



Figur 3.2) Tryckfallsdiagram Veloducs cirkulärt kanalsystem rör, (Fläkt Woods AB, 2009)

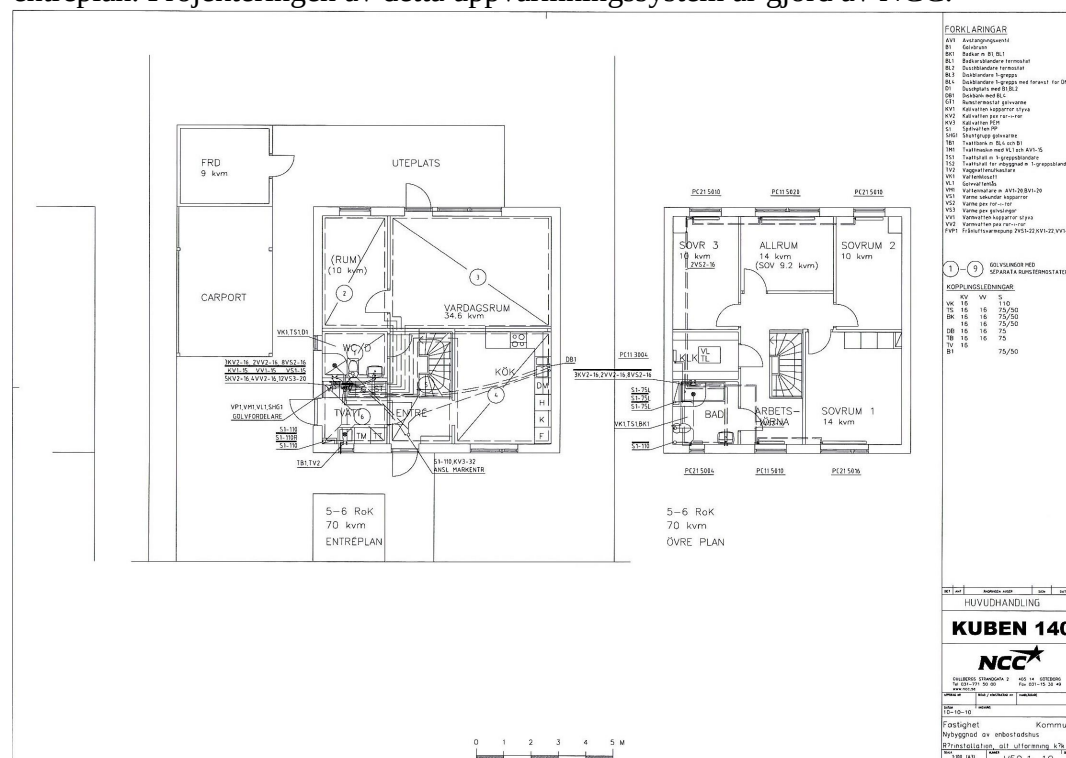
Vad gäller de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen så kommer luftflödet att ändras i respektive system. För dimensionering av ventilationskanaler för alla de olika systemen har figur 3.2 använts. I alla systemen är det även ett balanserat luftflöde, det vill säga lika stort frånluftflöde som tilluftflöde. I figur 3.3 ser man ventilationsritningen för referenssystemet, där rosa kanaler är tilluft och gröna frånluft. För en mer detaljerad ritning se appendix I.



Figur 3.3) Ventilationsritning för referenssystemet; entréplan till vänster och ovanplan till höger. För en mer detaljerad ritning se appendix I. A-underlag: Mats Abrahamsson Arkitektkontor AB

3.1.2 Referenshusets uppvärmningssystem

Referenshusets värms med hjälp av radiatorer på ovanplan och golvvärme på entréplan. Projekteringen av detta uppvärmningssystem är gjord av NCC.



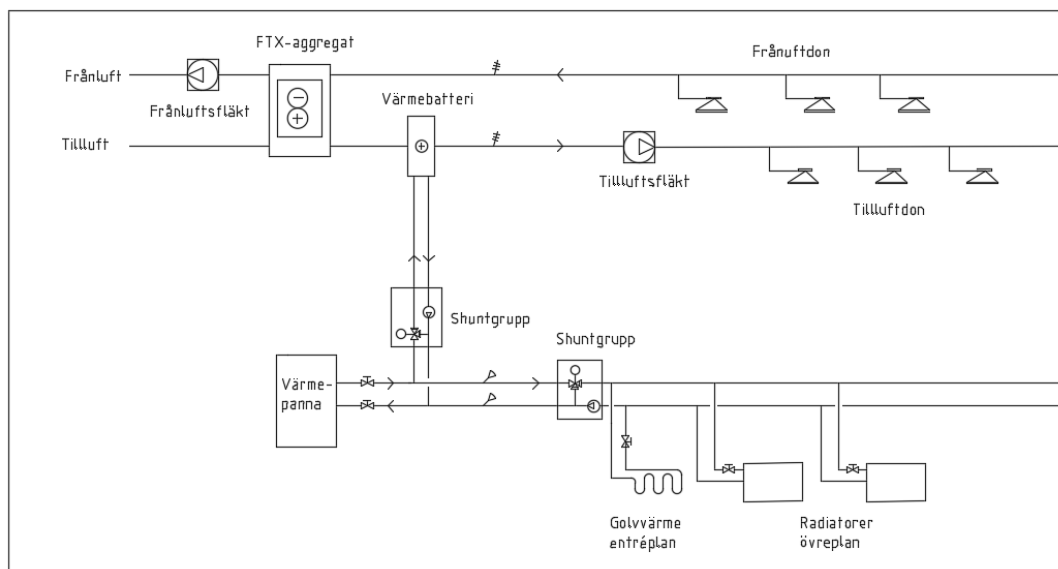
Figur 3.4) Ritning: referenssystemets uppvärmningssystem, projekterad och ritad av NCC.

3.1.3 Referenshusets värmeanläggning

Kuben i Vallda Heberg får sin energi solfångare och en biobränsle närvärmeanläggning. Eftersom man är intresserad av Kuben-husets använda energi och inte levererad energi så har man räknat bort värmepannans verkningsgrad, alltså verkningsgraden i pannan är satt till 100 %. I figur 3.5 ser man värmeanläggningens utformning för referenshuset. Övre delen i figuren ser man tilluften och frånluften med värmeväxlare, värmebatteriet (VB), frånluftfläkt och tilluftfläkt. I nedre delen av bilden så ser man uppvärmningssystemet med golvvärme och radiatorer.

Här har man valt att sätta en shuntgrupp för värmebatteriet och en för uppvärmningssystemet. En shuntgrupp är den länk som finns mellan primärsystemet och sekundärsystemet i vattenburna värmesystem och kylsystem. I detta fall är värmepannan primärkrets och antingen är radiatorsystemet eller värmebatteriet sekundärkrets. Anledningen att man har en shuntgrupp är för att det sekundära systemet ofta arbetar med andra temperaturintervall och flöden än vad det primära systemet gör. Shuntgruppen blandar då medier mellan sekundär och primärsystem med hjälp av styrventil (och ställdon) så att det sekundära systemet får ut rätt temperatur, medan cirkulationspumpen som är satt på sekundärsidan ser till att rätt flöde uppnås. (shuntab, 2003)

Man har valt att ha samma framledningstemperatur på golvvärmen och radiatorerna för att kunna ha en och samma shuntgrupp till de båda systemen. Framledningstemperatur är den temperatur som det uppvärmda vattnet har då det lämnar värmepannan/värmepumpen och som sedan skickas ut till värmesystemet.



Figur 3.5)Översikt över referenshusets värme- och ventilationsanläggning.

4 Värmeförluster i referenshuset

Värmeförluster i en byggnad består av transmissionsförluster genom väggar, tak, fönster, dörrar och golv samt av ventilationsförluster och ofrivilligt luftläckage. Detta kapitel förklarar värmeförlusterna som bygganden Kuben har. Värmeförlusterna som presenteras i detta kapitel gäller för referenshuset men eftersom de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen projekteras i samma byggnad så gäller även dessa värmeförluster för de systemen. Men det uppkommer ytterligare värmeförluster i de kombinerade systemen, de värmeförlusterna presenteras i kapitel 5.

4.1 Byggnadens transmissionsförluster

En byggnad har transmissionsförluster genom ytterväggar, tak, fönster, ytterdörrar och golv. Varje enskild del av dessa har ett U-värde som är ett mått på hur mycket värme just det materialet släpper igenom. När alla U-värden och areor för de olika delarna i klimatskalet är insamlade/uträknade så kan man ta fram ett U-värde för hela klimatskalet. Detta U-värde blir nu ett mått på hur väl isolerat huset är. Det är dessa U-värden som används för att beräkna byggnadens transmissionsförluster. För att minska transmissionsförlusterna kan man skapa ett bättre klimatskal, bra isolering, bra fönster och hög täthet i byggnaden. Köldbryggor räknas med som transmissionsförluster. (controlengineering, 2016)

En köldbrygga är ett dåligt isolerat område av huset, detta medför att det uppstår kallare ytor inomhus som ger energiförluster. En kylande effekt på inneklimatet uppstår och vid höga temperaturdifferenser kan till och med kondens uppstå på material men även i materialen precis vid köldbryggan. Detta kan medföra fuktskador och mögel som påverkar hälsan. Det kan vara svårt att undvika dessa köldbryggor helt och oftast kan man hitta köldbryggor vid fönster, hörnen av hus, balkonginfästningen, kallvindar och mellan de olika våningsplanen.

Intern transmission kommer i denna rapport vara en benämning på värmegenomgången inne i huset. Alltså värmegenomgången i inne väggar och inne dörrar mellan olika rum. Den interna transmissionsförlusten stannar fortfarande i byggnaden, men tillförs ett annat rum. Vilket kan räknas som en förlust om det rummet inte är i behov av värme just då. Den interna transmissionen är oftast liten om man jämför med den externa transmissionen.

4.2 Ventilationsförluster och luftläckage

Luftläckage uppstår när kall utomhusluft tränger in och ut igenom otätheter som finns i byggnader. Detta påverkar energiförbrukningen och för att minskas kan man förbättra klimatskalet. Även om man ventilerar byggnaden så som öppna ett fönster så ersätts varm inomhusluft med kall utomhusluft. Ventilationsförluster är att man släpper ut varmare luft än uteluften, detta kan reduceras genom att man tar tillvara på den värme som finns i husets frånluft och återvinner den genom att man värmer uteluften genom användning av ett FTX aggregat/system, frånluft, tilluft och värmeväxling. Genom att tätare byggnaden så bra som möjligt så går all luft genom ventilationssystemet. (Jensen, 2001-02-08)

4.3 Värmeväxlarens verkningsgrad

I referensfallet kommer man att beräkna och simulera med en verkningsgrad på 80 % i värmeväxlaren. Denna verkningsgrad är vald för att de flesta bostads FTX-aggregat på marknaden har en verkningsgrad runt 80 % i värmeväxlaren. (Swegon , 2016)

Alla systemens årliga energianvändning kommer att studeras vid en verkningsgrad i värmeväxlaren på 80 %. Men för att studera vad som krävs för verkningsgrad i värmeväxlaren för att alla system skall få lika årlig energianvändning kommer man även att variera värmeväxlarens verkningsgrad för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen.

4.4 Simulering i IDA ICE 4.7

De simuleringsprogram som har valts är IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) 4.7 som är ett vanligt använt men avancerat energiberäkningsprogram för simuleringar och beräkningar av inomhusklimat. I detta examensarbete är man intresserad av att jämföra olika utföranden av ventilation och uppvärmning ur ett energiperspektiv. Därför har man valt att simulera den totala årliga energiförbrukningen för respektive utformning och även värmebehov den kallaste dagen. Vid simuleringen i IDA ICE 4.7 har alla ovanstående värmeförluster tagits med och i appendix B hittar man inställningar för referenssystemets simulering. Parametrar i IDA ICE 4.7 som är samma för alla kommande simuleringar i rapporten finns i appendix A.

4.4.1 Husets värmebehov medräknat värmeförluster

För att få reda på det exakta värmebehovet som huset har så simulerades huset i IDA ICE 4.7 med inlagda U-värden och köldbryggor enligt Appendix A, värmebehovet ser man i tabell 4.1. Vid beräkningar och simuleringar i simuleringsprogrammet IDA ICE 4.7 kommer hänsyn tas till byggnadens transmission, intern transmission, ventilationsförluster och ofrivillig luftläckage. Det är alltså denna effekt som måste tillföras till huset för att rumsluften skall kunna hållas till 22 °C den kallaste dagen under året.

Tabell 4.1) Huset maximala värmeeffekt behov beräknat i IDA ICE 4.7.

Zon	Totalt värmebehov [W]
Våning 1 söder	522,6
Våning 1 norr	539,9
Våning 2 söder	419,6
Våning 2 norr	450,3

4.5 Energianvändning under 1 år

Vad kubens har för årlig energianvändning när man använder sig av ett uppvärmningssystem av radiatorer och golvvärme och ett ventilationssystem med konstant tillufttemperatur och konstant tilluftflöde visas i tabell 4.2. Tilluftflödet är enligt ventilationsritningen i figur 3.3 och är framtaget enligt boverkets byggregler.

Energianvändningen delades upp i ”användare av el” och ”användare av värme” för en enkel uppfattning om var energin åtgår.

Tabell 4.2) Använd energi under det simulerade året, värden från simulering i IDA ICE 4.7 för referenssystemet.

	Energi under 1 år [kWh] Värmeväxlare $\eta = 0,8$
Användare av el:	
Belysning	105
Hushållsel	1320
Cirkulationspump till radiatorerna	1
Fläkt till AHU	630
Användare av värme:	
Radiatorerna	4 368
Värmebatteri i AHU	1 639
Varmvattenberedare	3 756
Totalt	11 819

5 Kombinerad ventilation och uppvärmning

Värmeförluster i byggnaden Kuben presenterades i kapitel 4, men när man har ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem så uppkommer ytterligare värmeförluster, dessa värmeförluster presenteras här. Värmeanläggningen och ventilationsanläggningens utformning för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen presenteras.

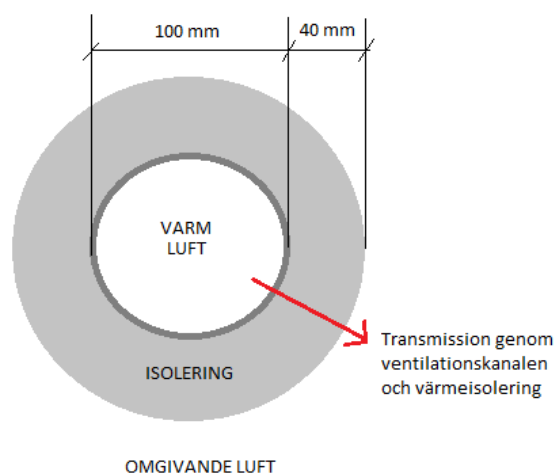
5.1 Utformning

Utformning av ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem kan ske på olika sätt med olika funktioner. I denna rapport kommer man kolla och jämföra fem olika kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem:

- Variabelt luftflöde med konstant tillufttemperatur (VAV konstant temperatur)
- Konstant luftflöde med variabel tillufttemperatur (CAV variabel temperatur)
- Variabelt luftflöde med variabel tillufttemperatur (VAV variabel temperatur)

5.2 Transmissionsförluster genom ventilationskanalen

När man värmer upp huset enbart med ventilationsluften så kommer tillufttemperaturen vara relativt hög. I detta skede så kommer det uppkomma transmissionsförluster från det varma innehållet i ventilationskanalen och genom ventilationskanalens väggar och sedan ut till luften som befinner sig i huset där ventilationskanalen är placerad, detta illustreras i figur 5.1. För att undvika detta bör ventilationskanalen värmeisolerats, men trots detta kommer det finnas transmissionsförluster även genom isoleringen, men nu betydligt mindre. (frisco, 2016)



Figur 5.1) Förklaringsbild till transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen bilden är inte skalenlig.

Det är transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen som kommer att skilja i de olika systemen, eftersom tillufttemperaturen och flödet kommer variera. Resterande förluster genom byggnadens konstruktion kommer vara samma för de olika systemen

eftersom alla systemen projekteras i samma byggnad.

5.2.1 Isoleringsmaterial

Ventilationskanaler i systemen som har kombinerad ventilations- och uppvärmning är värmeisolerade, undantaget de ventilationskanaler som är placerade golv i samma rum de betjänar. I dessa system kommer det finnas hög tempererad tilluft i ventilationskanalen vilket gör att isoleringsmaterialet måste klara av hög temperatur. Brandegenskaperna i värmeisoleringen får inte ändras med högre temperaturer även andra isolerings egenskaper som värmemotstånd skall heller inte påverkas av höga temperaturer. (PAROC, 2015)

5.2.2 Placering av ventilationskanaler

För att dra nytta av dessa värmeförluster från ventilationen till rummets luft så bör man tänka på placeringen av ventilationskanalen så att värmeförlusterna på bästa sätt tillförs till rummet. Ventilationskanaler som ligger längst med tak bör placeras innanför klimatskalet/värmeskölden så att den isoleringen kan dras nytta till värmeförlusterna för annars försvinner mycket stora förluster den vägen. Klimatskalet är husets om fångning, det vill säga taket, väggarna och golvet. Men här ingår även fönster och dörrar mot yttervägg. Det är väldigt viktigt att ett passivhus har ett bra klimatskal eftersom passivhus har höga krav vad gäller att hålla en låg energiförbrukning. (Svenskapassivhus, 2016)

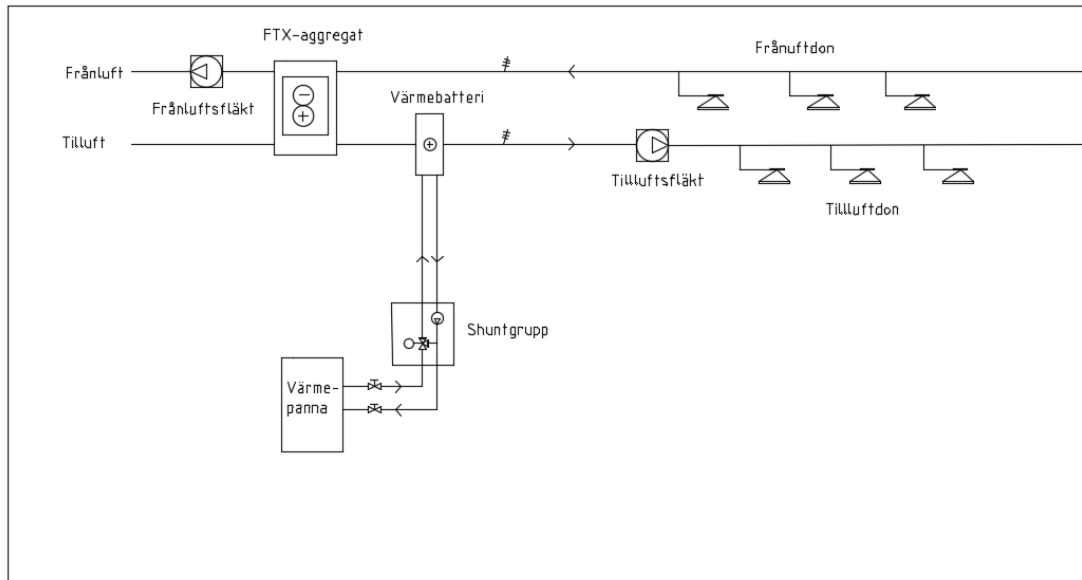
Genom att ha ett bra klimatskal så får man lägre driftkostnader, mindre drag i huset, mindre kallras och lägre effektbehov. Klimatskalet skall vara enligt boverkets byggregler (BBR) så tät så att kraven på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmningen uppfylls och hålls. En annan benämning på samlingsnamnet på de byggnadselement som håller kylan ute och värmen inne är klimatskärm. (Boverket, Maj 2015)

Ventilationskanalerna i alla system där kombinerad ventilation och uppvärmning finns, är valda att isoleras. Placeringen av kanalerna är inom klimatskalet. Eftersom man här har en relativ stor temperaturdifferens mellan tilluftstemperatur och utomhustemperaturen, stora delar av året. Det är även en relativ stor temperaturdifferens mellan tillufttemperaturen och rummets temperatur.

Alla värmeförluster försvinner inte ut ur huset. Placeringen av ventilationskanalerna under klimatskalet gör att väldigt stor del av värmeförlusterna tillförs till huset. Men i något fall tillförs dessa värmeförluster till fel rum, ett rum som inte är i behov av den extra värmen just då. Eftersom det är svårt att beräkna exakt hur stor del av denna värmeeffekt som tillförs till rätt zon under rätt tid så gjordes det ett antagande. Antagandet var att 85 % av alla värmeförluster kommer att tillföras till huset medan 15 % tillförs antingen till fel rum eller försvinner ut ur huset (ytterst lite i ett passivhus med bra klimatskal). Antagandet gjordes på grund av att stora delar av ventilationskanalerna är placerade i det rummet där värmen skall tillföras och även många som är placerade närliggande det rummet.

5.3 Värme- och ventilationsanläggningen

Värme- och ventilationsanläggningen för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen kommer skilja sig åt ifrån referenshuset uppvärmningssystem. Nu finns det inga radiatorer eller golvvärme och där av har de tagits bort, resterande är samma som referenshuset. Alltså finns värmebatteriet, värmeväxlaren, tilluftfläkten och frånluftfläkten kvar, enligt figur 5.2.



Figur 5.2) Ventilationsanläggningens utformning för alla kombinerade ventilations och uppvärmningssystem.

6 Demand Controlled Ventilation

I detta kapitel så förklaras vad man menar med Demand Controlled Ventilation, hur det används och hur man styr detta system.

6.1 Hur fungerar Demand Controlled Ventilation

Ventilationsbehovet i en byggnad kan variera mycket under ett dygn.

Ventilationsbehovet är som störst när det finns mycket aktivitet, exempel på aktivitet som ökar behovet av ventilationen är matlagning, dusch men även luftföroreningar från människor. Men störta delen under ett dygn så är det liten aktivitet och då minskar ventilationsbehovet. Demand controlled ventilation (DCV) är en metod som tar hänsyn till ventilationsbehovets variation och på så vis görs energibesparingar. Ett DCV system matchar ventilationens luftflöde med det verkliga behovet. Ger rätt mängd av den friska luften när väl behovet finns, alltså ges en energibesparing utan att påverka luftkvalitén.

DCV system har använts i många olika projekt i olika typer av byggnader så som; kontor, skolor, konferensrum och bostadshus. Man ser mer och mer att DCV system börjar bli ett alternativ till det traditionella ventilationssystemet i bostadshus. Detta kan bero på kraven på en liten energiförbrukning i nybyggnationer så kallade ”near zero energy houses” som EU har beslutat om. Med ett DCV system kan man som sagt åstadkomma bra energibesparingar då man anpassar ventilationen till den faktiska användningen. (Maripuu, 2010-11)

6.2 Krav på DCV systemet

Kraven på inomhus luftkvalitén från de som vistas i den aktuella byggnaden är först och främst att det inte skall vara en hälsorisk, men även att luften som levereras in i byggnaden skall vara fräsch och behaglig. Kraven utifrån det termiska klimatet är att det inte skall finnas någon risk för drag i byggnaden och temperaturen i enskilt rum skall vara inom komfortzonen. Parametrar som påverkar det termiska klimatet är lufttemperatur, lufthastighet, luftfuktighet och strålnings temperatur. Termiskt klimat är här en benämning för de nämnda faktorerna som påverkar personens värmeutbyte med dess omgivning, man kan säga att det är hur personen upplever inomhusklimatet. (Afshari, 2009-05) Det finns även krav på ljudklimatet för de olika installationerna, detta inkluderar värmning, ventilation och air-conditioning system. Ljudet ifrån dessa installationen bör hållas inom ett intervall som inte orsakar hälsoeffekt på dem som vistas i byggnaden och ljudet får inte förstöra eller påverka jobb. Citerat ur boken regelsamling för byggande BBR:

”Byggnader som innehåller bostäder, deras installationer och hissar ska utformas så att ljud från dessa och från angränsande utrymmen likväl som ljud utifrån dämpas. Detta ska ske i den utformning som den ansedda användningen kräver och så att de som vistas i byggnaden inte besväras av ljudet” (Boverket, Maj 2015)

Dessa krav och rekommendationer skall klimathållningssystem så som DCV system hålla.

6.2.1 Luftkvalitet

Termen luftkvalitet refererar till hur luften uppfattas av människan. Detta beror på både ämnen i den aktuella luften och på den enskilda personen som utsätts för dessa ämnen. Man kan helt enkelt inte mäta luftens kvalitet, utan det man kan mäta är luftens sammansättning av olika partiklar, gaser med mera. Sammansättningen beror bland annat på gasformiga organiska föreningar (VOC), gasformiga oorganiska föreningar, partiklar och fuktighet, vilket det är en stor mängd av. Dessa har lite olika effekt både på människans hälsa och välmående. Styrningen av luftkvalitet sker genom bortförsel av luftföreningar. Medan styrningen av termiskt klimat sker genom värmebortförsel eller värmetillförsel. (Afshari, 2009-05)

6.3 Utformning av DCV systemet

För att kunna anpassa luftflödet till det faktiska behovet behöver man ett ventilationssystem som kan variera tilluftflödet. Ventilationssystemet skall känna av behovet och utefter det styra luftflödet, alltså inte efter ett förbestämt mönster. Ett ventilationssystem med variabelt flöde kallas VAV system (Variable Air Volume). För att kunna styra luftflödet utefter det faktiska behovet behövs en indikator som kontrollerar ett givet tillstånd i luften. Det finns några olika kontrollparametrar för ett DCV system. När man väljer en indikator för att kontrollera inomhus luftkvalitén beror detta på vilken aktivitet man har på den givna platsen, men även vad för plats man har om det är ett kontor, bostad, restaurang med mera. (Afshari, 2009-05)

6.4 Kontrollparametrar i ett DCV system

En kontrollparameter som är vanlig att använda sig av är kontroll av luftens fuktighet, detta är en viktig parameter för luftens kvalitet men kan även ge en förebyggande åtgärd mot fuktskador på den aktuella byggnaden. Det är vanligast att man inte bara har luftensfuktighet som kontroll på ett DCV system utan att man har en annan parameter också. När man har fler än en faktor som kontrollparameter i ett DCV system kallas detta kombinerad givare. Här är det vanligt att man styr på luftens fuktighet plus en annan närvarande förorenings källa i rummet. Koldioxidgivare är en vanligt använd givare för föroreningsbelastningar orsakade av människan. Det är vanligt att detta är den enda givaren till styrningen av luftflödet i ett DCV system när det inte finns någon annan stark faktor närvarande i rummet annat än människor. (Afshari, 2009-05) När man styr ventilationssystemet på föroreningar i luften måste man tänka på vad gränsen är för maximal koncentration av just den föroreningen. Citat taget ur regelsamling för byggande BBR:

”Kraven på inneluftens kvalitet ska bestämmas utifrån rummets avsedda användning. Luften får inte innehålla föroreningar i en koncentration som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt.” (Boverket, 2015)

Koldioxid påverkar inte personers välmående med koncentrationer under 5000 ppm (parts per million). Men man rekommenderar att man ska ha en koncentration runt 1000 ppm för att garantera sig om gott välmående i rummet/byggnaden. Andra vanliga indikatorer i ett DCV system är att man styr med hänseende på temperaturen, vilket är en indikator för det termiska klimatet i en byggnad eller ett rum. Det finns även mixade gasergivare och beläggningsgivare, med mera. (Afshari, 2009-05)

7 VAV – Utomhuskompenserad temperatur version 1

I detta kapitel kommer det första kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemet att förklaras, vilket är ett Variabel Air Volume (VAV) system som har en utomhuskompenserad tillufttemperatur. Detta är ett ventilationssystem med demand controlled ventilation (DCV) och kontrollparametern kommer att vara rumsluftens temperatur. Simuleringsresultat från simulering i IDA IDE 4.7 för detta utförande av ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem kommer även presenteras. För inställningar och inlagda värden i IDA ICE 4.7 se appendix C. Parametrar som är lika för alla simuleringar finns i Appendix A.

7.1 Begreppet konstant tillufttemperatur

Variabel air volym (VAV) med utomhuskompenserad tillufttemperatur menas att tillufttemperaturen i respektive rum är konstant samtidigt som luftflödet varierar. Men tillufttemperaturen varierar under året, det är vanligt att använda sig av utomhuskompenserad tillufttemperatur. Detta menas att tillufttemperaturen är i funktion av utomhustemperaturen. Den varmaste tillufttemperaturen fås då det är som kallast utomhus, oftast vid DVUT = -16°C (dimensionerande vinter utetemperatur). Här kommer det kollas på fyra olika fall med utomhuskompenserad tillufttemperatur.

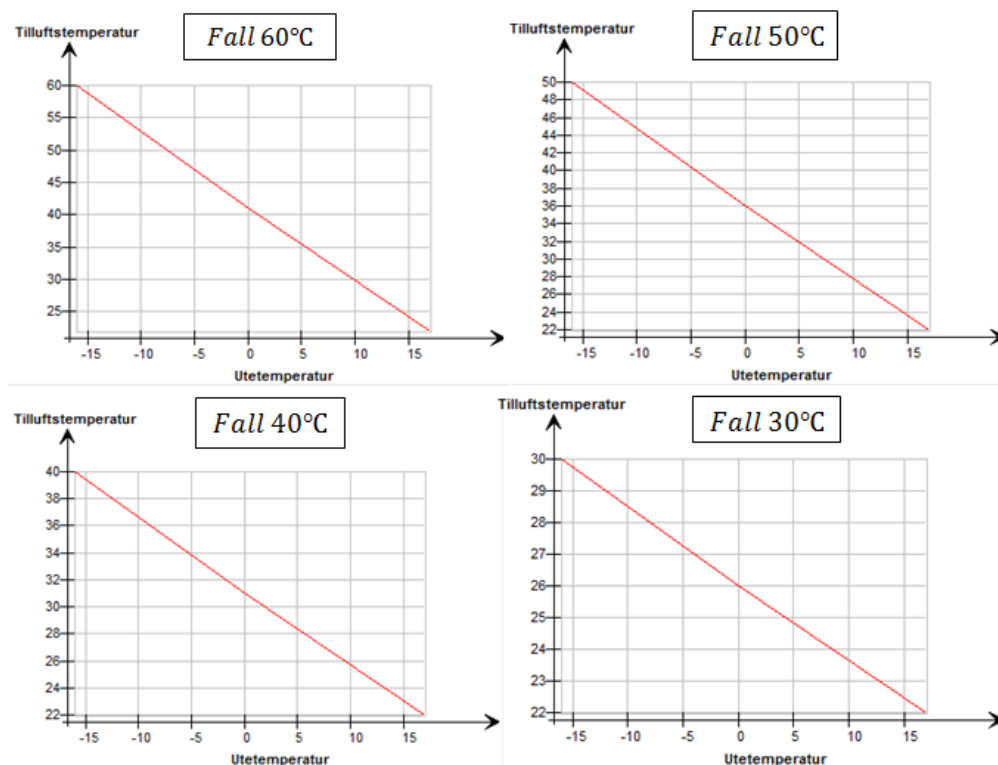
Fall 60°C : Det vill säga vid -16°C utomhus är tillufttemperaturen 60°C .

Fall 50°C : Det vill säga vid -16°C utomhus är tillufttemperaturen 50°C .

Fall 40°C : Det vill säga vid -16°C utomhus är tillufttemperaturen 40°C .

Fall 30°C : Det vill säga vid -16°C utomhus är tillufttemperaturen 30°C .

Se figur 7.1 för diagram för respektive fall.



Figur 7.1) Utomhuskompenserad tillufttemperatur för de fyra olika fallen. Bilden tagen från Simulering i IDA ICE 4.7.

7.1.1 Nya tilluftflöden

Eftersom man nu skall kunna värma hela huset med tilluften man tillför så kommer det behövas ett annat flöde på ventilationsluften än referenshusets CAV system. Referenshusets konstanta tilluftflöde utgår ifrån BBR:s rekommendationer och är den minsta luftmängd som får tillföras huset för att klara ventilationskraven. En simulering av de olika fallen på tillufttemperaturen gjordes under den kallaste dagen på året för att kunna få fram vilka tilluftflöden som behövdes för att värma huset till 22 °C. Tilluftflödena presenteras i tabell 7.1.

Tabell 7.1) Nya tilluftflöden till VAV systemet konstant temperatur version 1, siffror är ifrån simulering i IDA ICE 4.7.

	Luftflöde [l/s]			
Zon	Fall 30°C:	Fall 40°C:	Fall 50°C:	Fall 60°C:
Våning 1 söder	61,5	26,9	17,2	12,7
Våning 1 norr	63,5	27,8	17,8	13,1
Våning 2 söder	49,4	21,6	13,8	10,2
Våning 2 norr	53,0	23,2	14,8	10,9

Det minsta flödet är dock 14 l/s i våning 1 söder och 13,6 l/s i resterande zoner. Detta gör så att flödet i fall 60 °C ligger under det minimala flödet som måste finnas för ventilationskravet, höjningen av flödet i fall 60°C medför en höjning av temperaturen i de zonerna, som i sig medför en ökad energiförbrukning. Resterande av fallen ser man att de klarar av ventilationskravet för att värma rummen till 22 °C den kallaste dagen på året.

Simuleringen i IDA ICE 4.7 sker med minsta tilluftflöde enligt ventilationskravet på 14 l/s i våning 1 söder och 13,6 l/s i resterande zoner. Detta minsta flöde gör så att inomhus temperaturen i fall 60°C den kallaste dagen blir alldeles för hög, se tabell 7.2.

Tabell 7.2) Simulering från IDA med tabell över inomhustemperaturen vid minsta tilluftflöde i zonerna den kallaste dagen under året när simuleringen gjordes för fall 60°C.

Zon	A_{Temp} [m ²]	Tid	Rums- värmare [W]	Temp. [°C]	Tilluftflöde [l/s]	Värme- växlare η
Våning 1 söder	35,6	22 Jan 09:08	0	23,3	14,0	0,8
Våning 1 norr	34,6	22 Jan 09:08	0	22,5	13,6	0,8
Våning 2 söder	34,6	22 Jan 09:08	0	25,0	13,6	0,8
Våning 2 norr	34,6	22 Jan 09:08	0	23,9	13,6	0,8

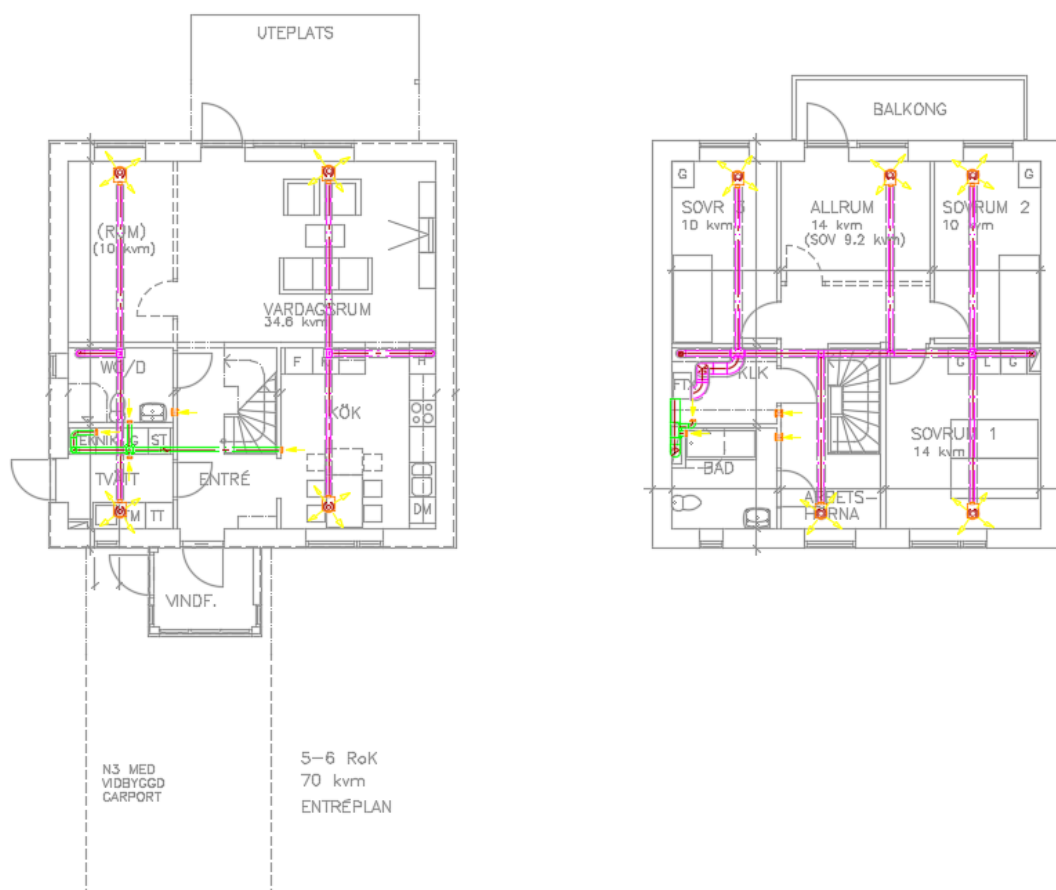
Det är enbart i fall 60 °C som inomhus temperaturen blir för hög.

7.2 Funktion och utformning

Detta VAV system med konstant temperatur är utformat så att det finns en regulator i respektive rum med en temperaturgivare. Kontrollparameten eller den så kallade styrparametern för detta DCV system är vald att vara temperaturen i rummet. Man ställer in önskad temperatur i regulatorn som finns i respektive rummet. Regulatorn signalerar upp till en tryckfördelningslåda med hjälp av en elkabel.

Tryckfördelningslådan innehåller en motor och ett spjäll. På tryckfördelningslådan är det kopplat ett tilluftdon som är placerad i det rum där regulatorn finns. Signalerna från regulatorn avgör om spjället ska stängas, öppnas eller vara oförändrat och i vilken omfattning. Då rummet är helt tomt på personer, ingen belysning, eller annan påverkan så är oftast spjället maximalt öppnade. När spjället är maximalt öppnade så är även luftflödet till rummet maximalt, detta gör så att rummet kan hålla sina värmekrav och ventilationskrav. Så fort det kommer in personer i rummet, lamporna tänd eller annan belastning så tillförs automatiskt värme från andra håll än ventilationssystemet. Detta gör att spjället stängs ju mer belastning det blir i rummet och desto mindre tilluftflöde tillförs till rummet. Det minsta tilluftflödet som kommer tillförs till rummet är dock alltid ett tilluftflöde så att ventilationskravet hålls, som i detta faller är tilluftflödet enligt figur 3.3 som visar ventilationsritningen för referenshuset.

Här kommer ventilationssystemet utformas så att ingen annan värmekälla behövs. Nu kommer både golvvärmen på entréplan att tas bort och även alla radiatorer på ovanplan. Huset kommer endast värmas med hjälp av ventilationsluften. Detta gäller även VAV systemet med konstant temperatur version 2, CAV systemet med variabel temperatur och VAV systemet med variabel temperatur. Ett tilluftdon har valts att placeras över respektive fönster för att undvika kallras så gott som möjligt. I rummet WC är ingen tilluft placerad alls, där placeras istället frånluft med stort flöde så värme förs in även där. I klädkammaren på ovanplan har inte heller tilluft men även här placeras en frånluft med relativt stort flöde. Där frånluft är placeras men ingen tilluft, placeras även ett överluftdon i vägg mot närliggande rum så att luften och värmen enkelt kan ta sig till frånluftdonet. Frånluft finns även i tvätttrummet, teknikrummet och i köket. I figur 7.2 kan man se hur ventilationskanalerna är placerade. I ritningen är tilluften rosa och frånluften grön. För en mer detaljerad och textad ritning, se appendix I. Luftmängden i ett VAV system varierar, men i ritningen i appendix I är luftmängden den kallaste dagen på året inlagd när man använder sig av 50 °C i tillufttemperatur, alltså maximal tilluftflöde för fall 50 °C.



Figur 7.2) Ventilationsritning för VAV utomhuskompenserad temperatur version 1; entréplan till vänster och ovanplan till höger. För mer detaljerad ventilationsritning se appendix I.

7.2.1 Transmissionsförluster genom ventilationskanalen

Här kommer transmissionsförluster genom ventilationskanalen att presenteras för de fyra olika fallen. Eftersom tillufttemperaturen varierar i de olika fallen kommer transmissionsförlusterna att vara olika. Med hjälp av ventilationsritningarna i figur 7.2 har antal meter ventilationskanal mätts fram.

Sektion 1 (Ø250): Totalt 4,5 meter

sektion 2 (Ø125): Totalt 16 meter

sektion 3 (Ø100): Totalt 32 meter

I tabell 7.3 presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för de olika fallen. Hur man har kommit fram till förlusterna kan man se i Appendix E.

Förlusterna som presenteras i tabell 7.3 är den totala transmissionsförlusten genom ventilationskanalen det vill säga det är endast 15 % av den presenterade förlusten som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon.

Tabell 7.3) Transmissionsförluster genom ventilationskanalen för de olika fallen, värden från appendix E.

	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen [W/m ² _{Golvarea}]
Fall 30°C:	0,28
Fall 40°C:	0,62
Fall 50°C:	1,00
Fall 60°C:	1,37

7.3 Årlig energianvändning och verkningsgrad

Simuleringen av respektive fall gjordes i IDA ICE 4.7. I tabell 7.4 ser man den årliga energianvändningen för respektive fall, men en verkningsgrad på 80 % i värmeväxlaren.

Tabell 7.4) Använd energi under det simulerade året, värden från simulering i IDA ICE 4.7 med varierande verkningsgrad i värmeväxlaren, enligt fall 60 °C.

	Energi användning under 1 år [kWh]			
	Fall: 30°C	Fall: 40°C	Fall: 50°C	Fall: 60°C
Användare av el:				
Belysning	105	105	105	105
Hushållsel	1320	1320	1320	1320
Cirkulationspump till radiatorerna	0	0	0	0
Fläkt till AHU	932,4	604,1	430,6	301,3
Användare av värme:				
Radiatorerna	0	0	0	0
Värmebatteri i AHU:	7754	6 406	6479	7890
Varmvattenberedare	3756	3756	3756	3756
Totalt:	13867	12191	12091	13373

Energianvändningen i fall 60°C är märkbart sämre än referensfallets. Som tidigare förklarats så är det tilluftflödet för att klara ventilationskraven som gör så att inomhustemperaturen blir för hög, upp mot 25 grader i våning 2 söder den kallaste dagen under året. Detta gör att många dagar om året kommer det vara för varm i huset eller för varmt i någon zon, vilket i sin tur leder till onödigt stor energianvändning. Kunde man sänka minsta tilluftflödet ytterligare hade detta visat på bättre energianvändning under det simulerade året, men då hålls inte ventilationskraven som är dimensionerade efter BBR rekommendationer. Man ser även att fall 30 °C har en energianvändning som är märkbart sämre än referenssystemet. Man ser att fläktenergin är väldigt stor, på grund av att det behövs ett stort tilluftflöde för att värma huset med endast 30°C tillufttemperatur. Både fall 50 °C och 40 °C har en relativ låg energianvändning. Men den optimala tillufttemperaturen är enligt fall 50 °C då energianvändningen där var lägst, 12 091 kWh.

För att undersöka om det går att komma ner i samma årliga energianvändning som referenssystemen har simuleringar i IDA ICE 4.7 gjorts med varierande verkningsgrad i värmeväxlaren för fall 50 °C.

Tabell 7.5) Använd energi under det simulerade året, värden från simulering i IDA ICE 4.7 med varierande verkningsgrad i värmeväxlaren, enligt fall 50 °C.

Fall: 50°C	Total energi under 1 år med: [kWh]									
Användare av el:	$\eta = 0,8$	$\eta = 0,81$	$\eta = 0,82$	$\eta = 0,83$	$\eta = 0,831$	$\eta = 0,84$	$\eta = 0,85$	$\eta = 0,9$	$\eta = 0,95$	$\eta = 0,99$
Belysning	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Hushållsel	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320
Cirkulations-pump till radiatorerna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fläkt till AHU	430,6	430,4	430,3	430,2	430,2	430,0	429,9	429,2	428,5	428,1
Användare av värme:										
Radiatorerna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Värmebatteri i AHU:	6479	6391	6303	6219	6209	6152	6047	5638	5263	5015
Varmvatten-beredare	3756	3756	3756	3756	3756	3756	3756	3756	3756	3756
Totalt:	12091	12002	11914	11830	11820	11743	11658	11248	10873	10624

Men ser i tabell 7.5 att i fall 50°C behöver man en verkningsgrad i värmeväxlaren på 83,1 % för att få en närliggande energianvändning som referenssystemet, vilket är närliggande referenshusets värmeväxlarverkningsgrad på 80 % och anses då vara en realistisk verkningsgrad.

7.4 Inneklimat

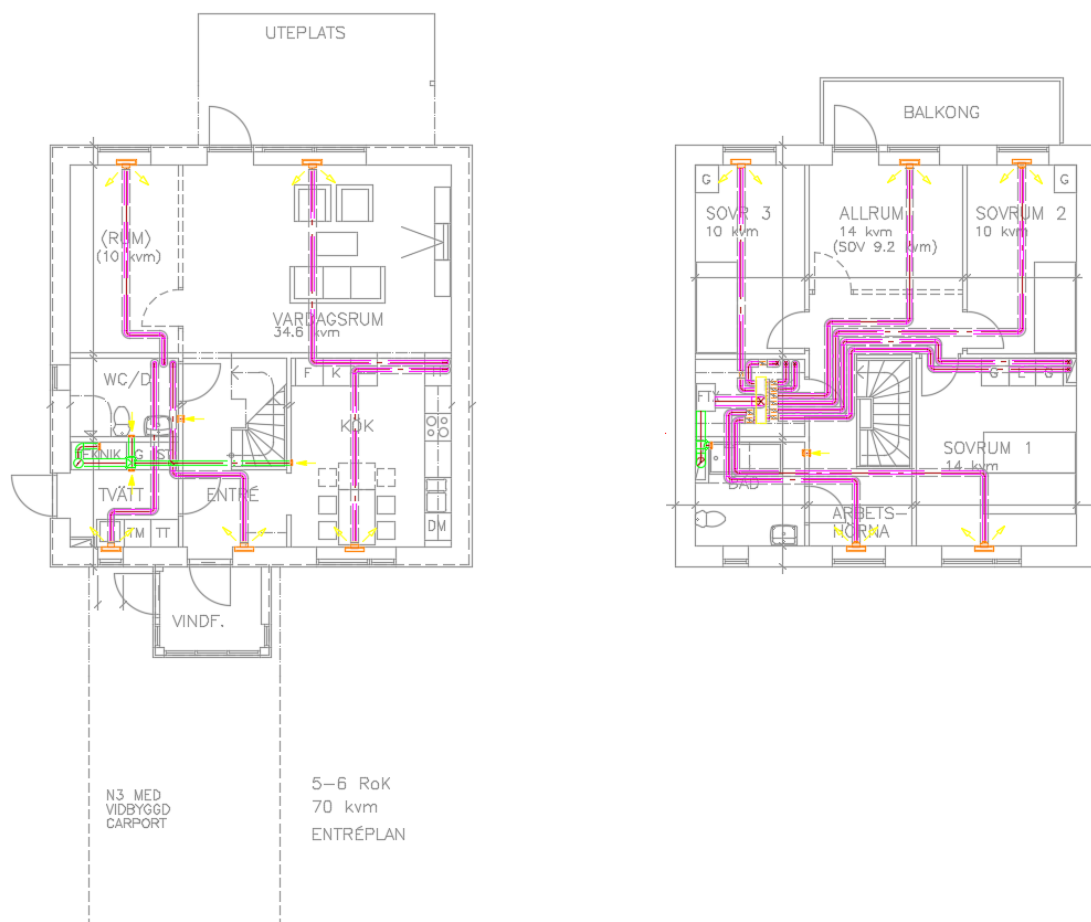
Komfortproblem kan uppstå om man har en för varm tillufttemperatur och tillför tilluften så att värmen inte sprids jämt i rummet eller motverkar kallas och kallstrålning från till exempel fönster. Eftersom detta ventilationssystem är placerat i tak och tillufttemperaturen är relativt hög (50 °C då det är som kallast ute) så kan det innebära en hög temperaturgradient och sämre inneklimat. Detta system kommer antagligen få ett sämre inneklimat än om man hade haft ett uppvärmningssystem med radiatorer och golvvärme, men en djupare studie kring hur inneklimatet påverkas ingår inte i detta arbete.

8 VAV – Utomhuskompenserad temperatur version 2

I detta kapitel kommer en annan utformning/version av VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur att förklaras. Eftersom det finns många likheter så kommer skillnaderna mellan version 1 och 2 tas upp.

8.1 Funktion och utformning

Detta VAV system med utomhuskompenserad temperatur utgår från en fördelningslåda som sitter efter värmeväxlaren. Innan fördelningslådan sitter värmebatteriet placerad precis som i version 1. Ifrån denna fördelningslåda går det en ventilationskanal till respektive rum. Ventilationskanalerna är nu placerade i golv. I varje rum placeras ett tilluftdon i väggen under fönstret för att minska risken för kallras. Toaletten saknas dock tilluft, istället har den ett stort frånluftflöde och ett överluftdon. Strax efter fördelningslådan placeras på respektive tilluftkanal ett flödesspjäll som kan reglera hur stort flödet ska vara till respektive rum. I respektive rum som har ett tilluftdon placeras en regulator. Detta DCV system styr på temperaturen i rummet, alltså ställer man in vald temperaturintervall på regulatören. Regulatören signalerar med hjälp av en elkabel sedan till flödesspjället om det skall strypa ner flödet, öppna upp mer flöde eller vara oförändrat och i vilken omfattning.

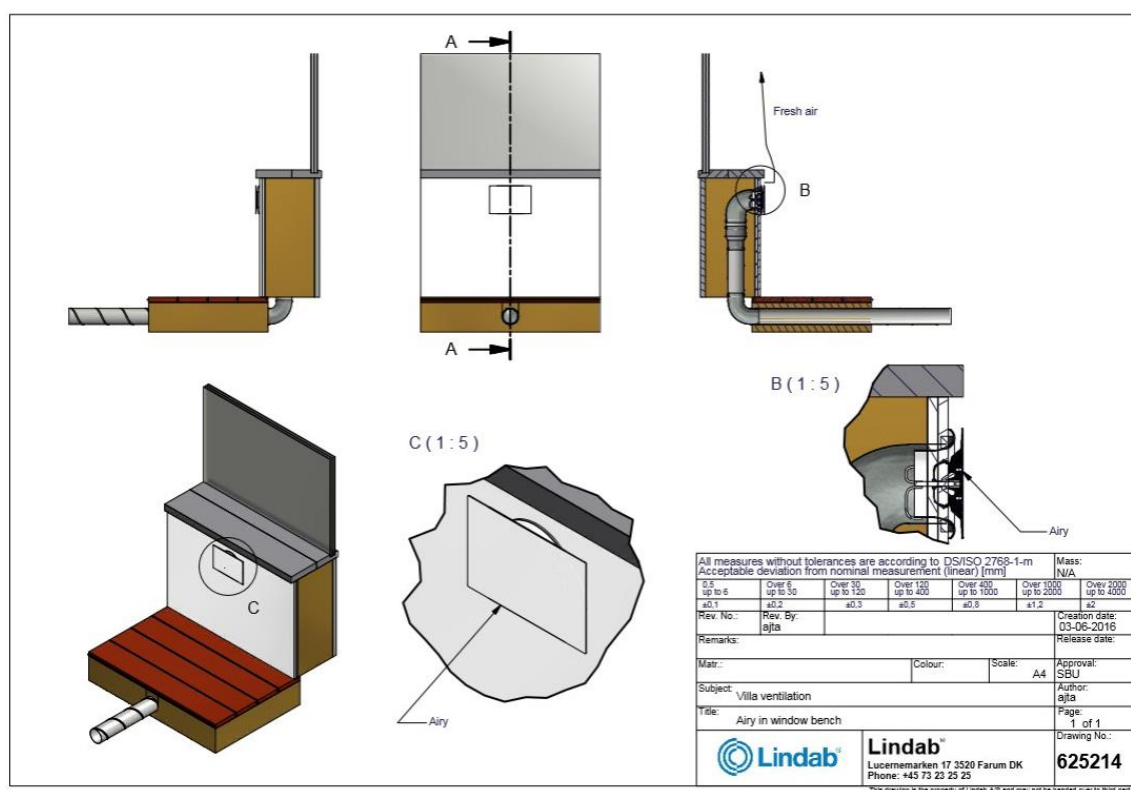


Figur 8.1) Ventilationsritning för VAV systemet utomhuskompenserad temperatur version 2, entréplan till vänster och ovanplan. För en mer detaljerad ventilationsritning se appendix I.

Tilluftstemperaturen är uppdelad i 4 olika fall även här och är samma som i version 1. I figur 8.2 kan man se hur ventilationskanalerna är placerade. I ritningen är tilluften rosa och frånluften grön. För en mer detaljerad och textad ritning, se appendix I.

8.2 Inneklimat

Som tidigare nämnts kan komfortproblem uppstå om man har en för varm tillufttemperatur och tillför tilluften så att värmen inte sprids jämt i rummet eller motverkar kallras från tillexempel fönster. I detta system är ventilationskanalerna placerade i golv och ett tilluftdon är placerat under respektive fönster i byggnaden. Tilluften är riktat uppåt för att motverka kallras från fönstret. Hur kanaldragningarna ser ut vid väggen, hur tilluftdonet är placerat under fönstret och hur tilluftflödet är riktat ser man i figur 8.2. Eftersom tilluftdonet riktar tilluftflödet uppåt så kommer man att minska kallras och få ett aktivt kallras skydd. På detta sätt kan man erhålla ett bra inomhusklimat trots relativt höga tillufttemperaturer.



Figur 8.2) Ritning över hur tilluftdonet är placerat under fönstret och hur tilluftflödet är riktat för att motverka kallras och komfortproblem. Ritning av Lindab och används med tillåtelse.

Samtliga kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem utan VAV konstant temperatur version 1 är utformade med fördelningslåda, ventilationskanaler placerade i golv och tilluftdonet enligt figur 8.2. Detta system kan antagligen erhålla ett fortsatt bra inneklimat, men en djupare studie kring om inneklimatet påverkas ingår inte i detta arbete.

8.2.1 Transmissionsförluster genom ventilationskanalen

I denna version har man inte samma ventilationsdimensioner eller ventilationsdragningar som VAV systemet med konstant temperatur version 1. Därför kommer transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen att skilja sig ifrån de tidigare fram beräknade förlusterna. Kanallängden av tilluftventilationskanalen är mätt ifrån ritningen i figur 8.1.

Ø80: Totalt 59,6 meter.

Ø200: Totalt 2 meter.

Hur man har kommit fram till transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen kan man se i Appendix E.

Tabell 8.1) Transmissionsförluster genom ventilationskanalen för de olika fallen, värden från appendix E.

	Transmissionsförluster genom ventilationskanalen [W/m ² _{Golvarea}]
Fall 30°C:	0,30
Fall 40°C:	0,66
Fall 50°C:	1,07
Fall 60°C:	1,47

8.3 Årlig energianvändning och verkningsgrad

Det enda som skiljer version 2 ifrån version 1 simulerings inställningar är transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen, men lika stor andel av dem försvinner ut ur huset eller tillförs fel rum. Eftersom denna förlust endast är lite större i detta fall så kommer inte simuleringsresultaten att skiljas så mycket åt mer än att energiförbrukningen i denna version kommer vara lite större. Därför valdes det att endast simulera version 1, men med åtanke att resultatet för version 2 ligger relativt lika. Det krävs dock lite bättre verkningsgrad i värmeväxlaren för att täcka upp de ökade värmeförlusterna.

9 CAV – Variabel temperatur version 1

I detta kapitel förklaras ett kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemet som är ett Constant Air Volume (CAV) system som har en variabel tillufttemperatur. Detta är ett ventilationssystem med demand control ventilation (DCV). Simuleringsresultat från simulering i IDA IDE 4.7 för detta utförande av ett kombinerat ventilations och uppvärmningssystem presenteras i detta kapitel. För inställningar och inlagda värden i IDE ICE 4.7 se appendix B. Parametrar som är lika för alla simuleringar finns i Appendix A.

9.1 Begreppet variabel tillufttemperatur

Constant air volym (CAV) med variabel tillufttemperatur menas att tillufttemperaturen i respektive rum varierar samtidigt som luftflödet alltid är konstant. Tilluftflödet i detta fall kommer vara dimensionerat enligt BBR rekommendationer på 0,35 l/s och m² golvarea. Alltså kommer tilluftflödet i detta system vara samma som i referensfallet. Tillufttemperaturen kommer att beräknas så att huset kan värmas enligt bestämda krav på 22 °C. (Olsson, 2011)

Tillufttemperaturen kommer då variera med omgivande omständigheter så som utomhustemperatur men även interna faktorer så som belastning för att alltid kunna hålla minst 22 grader. I ett helt tomt rum utan belysning eller annan påverkande faktor så kommer maximal tillufttemperatur behövas. När personer kommer in i rummet, belysning tänds, spisen sätts på eller andra belastnings faktorer så kommer värme från andra ställen en ventilationssystemet tillföras där av sänks tillufttemperaturen.

9.1.1 Tillufttemperatur

Effektbehovet den kallaste dagen för byggnaden framgår i tabell 4.1 som tidigare presenterats i kapitel 4. Luftflödena är samma som i referensfallet och är det minsta flödet som man kan ha enligt ventilationskraven. Här kommer tillufttemperaturen att variera i respektive zon men även under året. Beräkningen av tillufttemperaturen finns i Appendix G och är den temperatur på luften som behövs för att kunna värma huset den kallaste dagen.

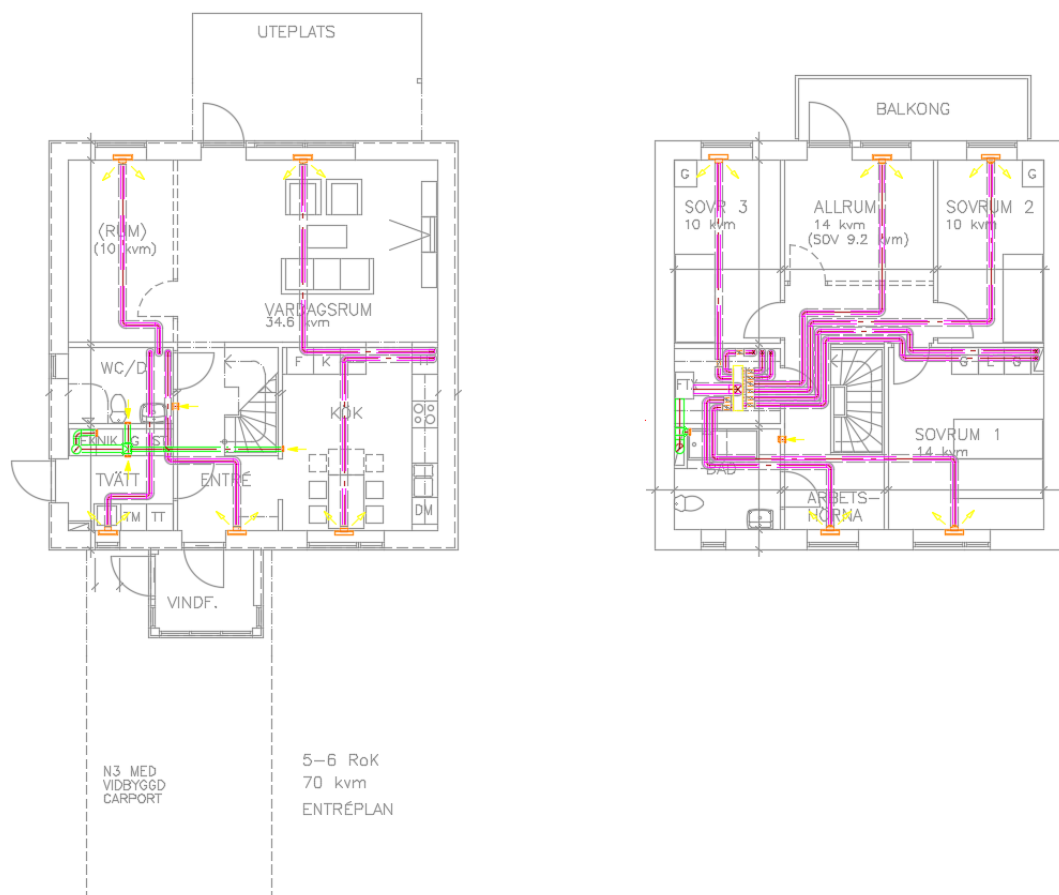
Tabell 9.1) Visar de olika zonernas värmebehov, tilluftflöde och tillufttemperatur, beräkning till tillufttemperaturen finns i Appendix G.

Zon	Totalt värmebehov [W]	Tilluftflöde [l/s]	Tillufttemp [°C]
Våning 1 söder	522,6	14	59,0
Våning 1 norr	539,9	13,6	61,4
Våning 2 söder	419,6	13,6	52,6
Våning 2 norr	450,3	13,6	54,9

9.2 Funktion och utformning

Även i detta fall så går alla ventilationskanalen ifrån en fördelningslåda. Därifrån går det en ventilationskanal till respektive rum som har ett tilluftdon. Även här är ventilationskanalen placerad i golv och tilluftdonet placerad på väggen under respektive fönster i rummen. Nu sitter värmebatteriet i fördelningslådan istället för i

ventilationsaggregatet och istället för vanliga flödespjäll så har man temperaturspjäll placerade på respektive ventilationskanal. En reglercentral är placerad i respektive rum som signalerar till ett temperaturspjäll via en elkabel.



Figur 9.1) Ventilationsritning för CAV systemet variabel temperatur version 1 och 2, entréplan till vänster. För en mer detaljerad ventilationsritning se appendix I.

På ritningen i figur 9.1 så ser man att WC entréplan, BAD och KKK ovanplan inte har någon tilluft. KKK är en förkortning av klädkammare. Istället är det placerat ett frånluftdon med relativt stort flöde och ett överluftdon så att luften enkelt kan ta sig in i dessa utrymmen och värma. I ritningen är tilluften rosa och frånluften grön. För en mer detaljerad och textad ritning, se appendix I.

Värmebatteriet är placerat i fördelningslådan. Denna utformning fungerar så att regulatoren i respektive rum är inställd till ett visst temperaturintervall och signalerar till temperaturspjällen. Om rummet behöver maximal värmning ställer temperaturspjällen in sig så att all luft värms via värmebatteriet. Behöver rummet värmas litegrann så ställs temperaturspjällen in sig så att lite av luften går via värmebatteriet och resterande luft går inte via värmebatteriet. Medan behöver rummet inte värmas mer så placeras temperatur spjället så att ingen luft går via värmebatteriet. Där emellan finns många olika lägen av temperaturspjället beroende på hur varm tilluften till respektive rum skall vara, där av går olika mycket luft via värmebatteriet. Eftersom det går en ventilationskanal till respektive rum och på vardera ventilationskanalen är det placerad ett temperaturspjäll så får respektive rum olika temperatur på tilluften. Flödet till alla rum är alltid konstant.

9.2.1 Transmissionsförluster genom ventilationskanalen

Man kommer även i detta utformande av de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen ha så pass hög tillufttemperatur så att transmissionsförluster genom ventilationskanalen uppkommer. Vid beräkning av transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen se appendix G. Där kan man läsa att den totala förlusten för den isolerade ventilationskanal sträckan blev 189 W. Men som tidigare konstaterats så är det bara 15 % av förlusterna som försvinner ut ur huset eller tillförs i fel zon. Alltså är det $0,15 \times 189 = 28,35$ W som försvinner. Omvandling av effekt till energi då man räknar med 356 dagar om året och 24 timmar på dygnet blev det 248,8 kWh. Alla beräkningarna till de nämnda siffrorna kan läsas i appendix F.

9.3 Simuleringen i IDE ICE 4.7

När man simulerade CAV systemet med variabel temperatur gjordes en förenkling. Man valde att ersätta värmebehovet med radiatorer under simuleringen. På så vis får detta systemet samma inställningar i simuleringens programmet IDE ICE 4.7 som referensfallet, inställningarna finns i Appendix B. Men eftersom man simulerar med radiatorer så kommer simuleringen inte ta hänsyn till de 15 % av transmissionsförlusterna som försvinner genom ventilationskanalen som nu värmebatteriet måste täcka upp. Därför lades denna energi förlust till efter gjord simulering.

9.4 Årlig energianvändning och verkningsgrad

I tabell 9.2 kan man se den årliga energianvändningen för detta systemen. Man har nu lagt till den energi som värmebatteriet måste täcka upp årligen på grund av de transmissionsförluster genom ventilationskanalen som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon, som tidigare beräknats fram till 412,6 kWh. Man kan se att den årliga energianvändningen hamnade på 12 065 kWh med en värmeväxlare verkningsgrad på 80 %.

För att undersöka om det går att komma ner i samma årliga energianvändning som referenssystemen har simuleringar i IDA ICE 4.7 gjorts med varierande verkningsgrad i värmeväxlaren.

Tabell 9.2) Använd energi under det simulerade året, värden från simulering i IDA ICE 4.7 och gäller CAV systemet med varierande temperatur.

Användare av el:	Total energi under 1 år med: [kWh]					
	$\eta = 0.8$	$\eta = 0.81$	$\eta = 0.82$	$\eta = 0.83$	$\eta = 0.84$	$\eta = 0.85$
Belysning	105	105	105	105	105	105
Hushållsel	1320	1320	1320	1320	1320	1320
Cirkulationspump till radiatorerna	0	0	0	0	0	0
Fläkt till AHU	630	629,5	629,2	629,1	628,9	628,7
Användare av värme:						
Radiatorerna	0	0	0	0	0	0
Värmebatteri i AHU:	6007+ 248,8	5917+ 248,8	5831+ 248,8	5746+ 248,8	5678+ 248,8	5574+ 248,8
Varmvattenberedare	3756	3756	3756	3756	3756	3756
Totalt:	12 065	11974	11888	11802	11735	11630

Man ser i tabell 9.2 det kräver en verkningsgrad i värmewäxlaren på 83 % för att uppnå en energianvändning under 1 år som är lika stor som referensfallet. Ökningen i värmewäxlarens verkningsgrad anses vara realistiskt då den fortfarande är närliggande 80 %.

10 CAV – Variabel temperatur version 2

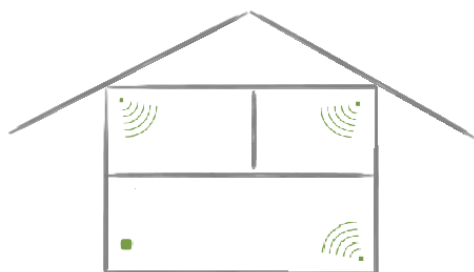
I detta kapitel kommer ett CAV system med variabel temperatur med en annan teknologi på styrning att presenteras. Eftersom det bara är teknologin till styrningen som kommer att ändras så kommer allt annat vara lika här som i CAV systemet variabel temperatur version 1.

10.1 Trådlösa fjärrsensorer och en centralenhet

Nu styrs temperaturspjällen som är placerade på varje ventilationskanal efter fördelningslådan av en och samma centralenhet. Denna centralenhet signalerar via en elkabel till respektive temperaturspjällen om de ska släppa på mer flöde, strypa flödet eller låta det vara oförändrat och i vilken omfattning det ska ske. Det placeras en trådlös fjärrsensor i varje rum där det finns ett tilluftdon. De trådlösa fjärrsensorerna kan mäta temperaturen, ser om det finns rörelse i rummet och i vilka rum som är upptagna respektive tomma men kan även mäta fuktigheten i luften. Med de data som fjärrsensorerna tar in från de olika rummen signalerar alla trådlöst till centralenhet. Där beslut kan tas angående kyla och värme utifrån signalerna från rummen. På detta sätt ger de mer komfort när du är hemma och besparingar när du är borta.

Varje centralenhet kan hantera upp till 32 trådlösa fjärrsensorer och para ihop de trådlösa fjärrsensorerna är lätt. När de trådlösa fjärrsensorerna kommunicerar med den centrala enheten används radioteknik med 915 MHz. I med att räckvidden är ca 14 meter och kuben huset är cirka 8 meter brett och våningsplanen ligger med en höjd på 2,5 m så skulle en räckvidd på 14 meter räcka. (Ecobee, 2016)

Den trådlösa fjärrsensorn kan använda alla sina sensorer i nätverket och avgöra om det är någon som vistas i huset eller om huset är tomt. Om du har systemet inställt på att det är någon hemma men sensorerna känner att det inte är någon hemma så kommer den centrala enheten och de trådlösa fjärrsensorerna göra justeringar så man inte i onödan värmer eller kyler ett tomt hem. Och lika så om du har systemet inställt på att du är borta och du plötsligt kommer hem så känner sensorerna av det och systemet värmer eller kyler till önskad temperatur. Sensorerna känner även av vilket av rummet du är i och på så vis är det bekvämt vart du än befinner dig i huset. (Ecobee, 2016)



Figur 10.1) Fjärrsensorerna signalerar trådlöst till en och samma centralenhet. Centralenheten signalerar sedan via en elkabel till respektive flödesspjäll.

11 VAV – Variabel temperatur

I detta kapitel förklaras ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem som är ett Variabel Air Volume (VAV) system som har en variabel tillufttemperatur. Detta är ett ventilationssystem med demand controlled ventilation (DCV) och styrparametern är temperaturen i rummet. Ett viktigt antagande presenteras för att kunna ta fram energiförbrukningen under 1 år och vilken verkningsgrad man behöver i värmeväxlaren för att få samma energiförbrukning som referensfallet.

11.1 Funktion och utformning

Detta DCV system har en variabel tillufttemperatur i respektive rum precis som i CAV fallet med variabel temperatur. Men här varierar även luftflödet i huset. Alltså luftflödet är inte alltid konstant utan varierar lika mycket i varje rum och anpassas till det mest krävande rummet. Utformningen av detta system är precis samma som i CAV systemet med variabel temperatur, men för att luftflödet nu skall kunna variera i huset så använder man sig av tilluftfläkten som är placerad i ventilationsaggregatet. Ventilations ritning som presenterades i figur 9.1 gäller även i VAV variabel temperatur, men de presenterade luftflöden i ritningen är här det minsta flödet som kommer tillföras rummet eftersom tilluftflödet nu varierar.

11.2 Tillufttemperatur och luftflöden

CAV systemet med variabel temperatur hade en tillufttemperatur på 61,4°C den kallaste dagen på året i den mest krävande zonen. Sänker man denna temperatur så kommer transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen att minska. Men sänker man tillufttemperaturen kommer mer luftflöde behövas för att klara av värmningen i byggnaden. Som tidigare visat så ökar fläktenergin i tilluft- och frånluftfläkten om man minskar tillufttemperaturen och ökar luftflödet (visades i kapitel 7.3 där man tydligt ser en ökning av fläktenergin i fall 30 °C jämfört med fall 60 °C). Eftersom man nu har ett VAV system med variabel temperatur kommer man gå in och optimera fläktens varvtal så att fläkten precis förser huset med den luftmängd som krävs och anpassas till det mest krävande rummet. Med detta nämnt gör man ett **antagande** att man kan sänka tillufttemperaturen med 20 °C (till 41,4°C) den kallaste dagen på året i den mest krävande zonen i VAV systemet med variabel temperatur utan att fläktenergin ökar mer än CAV systemet med variabel temperatur då man hade en tillufttemperatur på 61,4°C den kallaste dagen på året i den mest krävande zonen. Detta antagande gjordes just för att man har ett DCV system i huset och att man reducerar fläktens varvtal utefter det mest krävande rummet.

Luftflödet som krävs för att värma med 40 °C luft den kallaste dagen på året beräknades för hela byggnaden att bli ca 100 l/s och presenterades i tabell 7.1. Det betyder att om man värmer med luft som är 41,4 °C krävs ett luftflöde på strax under 100 l/s. Medan det minsta flödet som kommer tillföras byggnaden är minsta flödet ur ventilationssynpunkt beräknat från boverkets byggreglers rekommendationer, alltså 68 l/s för hela byggnaden.

11.2.1 Transmissionsförluster genom ventilationskanalen

I CAV systemet med variabel temperatur hade man en tillufttemperatur den kallaste dagen enligt tabell 11.1.

Tabell 11.1) Tillufts temperatur den kallaste dagen för CAV systemet med variabel temperatur.

ZON	Tillufttemp [°C]
Våning 1 söder	59,0
Våning 1 norr	61,4
Våning 2 söder	52,6
Våning 2 norr	54,9

Eftersom man i detta system sänker temperaturen i våning 1 norr med 20 °C så ser tillufttemperaturen i VAV systemet med variabel temperatur ut enligt tabell 11.2 den kallaste dagen under året.

Tabell 11.2) Tillufts temperatur den kallaste dagen för CAV systemet med variabel temperatur.

ZON	Tillufttemp [°C]
Våning 1 söder	39,0
Våning 1 norr	41,4
Våning 2 söder	32,6
Våning 2 norr	34,9

Eftersom man har en mindre medeltemperatur den kallaste dagen ger det även en mindre mediantemperatur under året än CAV systemet med variabel temperatur. Transmissionsförlusterna beräknades på samma sätt som CAV systemet med variabel temperatur med nu med annorlunda mediantemperatur, vilket ger en mindre transmissionsförlust genom ventilationskanalen. Totalt för hela den isolerade sträckan blir transmissionsförluster 79 W. Men det är bara 15 % av dessa som försvinner ut ur huset eller tillförs fel zon vid fel tillfälle, alltså är det 11,85 W. Omvandling av effekt till energi ger en transmissionsförlust genom ventilationskanalen på totalt 103,8 kWh. Se appendix F för beräkningarna.

11.3 Årlig energianvändning och verkningsgrad

Eftersom antagandet om oförändrad fläktenergi gjorde så kommer simuleringen göras på samma sätt och med samma inställningar som CAV systemet med variabel temperatur. Men den tillagda andelen av transmissionsförlusten genom ventilationskanalen som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon i fel tillfälle är i detta fall är mindre och ligger på 133 kWh. Denna förlust är tillagt på värmebatteriet i AHU energianvändning då det är värmebatteriet som måste täcka upp förlusten. Den årliga energianvändning för VAV systemet med variabel temperatur och vilket verkningsgrad som behövs i värmeväxlaren för att nå likande årlig energianvändning som referenssystemet presenteras i tabell 11.3.

Tabell 11.3) Använd energi under det simulerade året, värden från simulering i IDA ICE 4.7 och gäller VAV systemet med varierande temperatur.

	Total energi under 1 år med: [kWh]	
Användare av el:	$\eta =$ 0,8	$\eta =$ 0,81
Belysning	105	105
Hushållsel	1320	1320
Cirkulationspump till radiatorerna	0	0
Fläkt till AHU	630	629,5
Användare av värme:		
Radiatorerna	0	0
Värmebatteri i AHU:	6007+ 103,8	5917+ 103,8
Varmvattenberedare	3756	3756
Totalt:	11920	11829

Man ser i tabell 11.3 att den årliga energianvändningen för detta system hamnade på 11 920 kWh med en verkningsgrad på 80 % och det kräver en verkningsgrad i värmeväxlaren på 81 % för att uppnå en energianvändning under 1 år som är närliggande referenssystemets.

12 Jämförelse

I detta kapitel jämförs alla de presenterade systemen; referenssystemet, VAV systemet variabel temperatur version 1 och 2, CAV systemet variabel temperatur version 1 och 2 och VAV systemet med variabel temperatur. Jämförelsen kommer ske ur kostnads och energisynpunkt. I jämförelsen är fall 50 °C vald i VAV systemet med konstant temperatur eftersom det fallet var bäst ur energisynpunkt. Kostnaderna är beräknade med schabloner ur boken Wikells sektionsfakta-VVS 2015/2016 och medräknat är både arbetskostnad, materialkostnad. För detaljerade kostandkalkyler för respektive system och hur man resonerat kring arbetskostnader se appendix H. (Wikells, 2015)

I tabell 12.1 presenteras alla de olika systemens årliga energianvändning, verkningsgraden i värmeväxlaren, fläktens årliga energianvändning, de totala kostanden för systemet och vilket tilluftflöde som tillförs byggnaden.

Tabell 12.1) Sammanställning av årlig energianvändning, värmeväxlarens verkningsgrad, fläktens energi och kostanden att utföra de olika systemen.

System	Årlig energianvändning (värmeväxlarens verkningsgrad är 80 %) [kWh]	Värmeväxlarens verkningsgrad för lika årliga energianvändning som referenssystemet [%]	Fläkt energi under 1 år [kWh]	Total kostnad [kr]	Tilluftflöde byggnaden [l/s]
Referens-systemet	11 819	80 %	630	122 124	68
VAV utomhuskompenserad temperatur version 1	12 091	83,1 %	430	111 883	68-81
VAV utomhuskompenserad temperatur version 2	Lite större än 12091	Lite större än 83,1 %	430	107 236	68-81
CAV variabel temperatur version 1	12 065	83 %	630	107 236	68
CAV variabel temperatur version 2	12 065	83 %	630	100 864	68
VAV variabel temperatur	11 920	81 %	630	109 236	68 till strax mindre än 100

Alla de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen har en större årlig energianvändning än referenssystem. Men det är inte en orealistisk verkningsgrad som krävs i värmeväxlaren för att alla system skall ligga på relativt lika årlig energianvändning. Ett kombinerat uppvärmnings- och ventilationssystem behöver ha lite bättre verkningsgrad i värmeväxlaren än referenshuset för att komma ner i samma årliga energianvändning. Man ser i tabell 12.1 att fläktenergin i VAV systemen med utomhuskompenserad temperatur är mindre än fläktenergin i CAV systemen, trots att

luftflödet är större. Detta är på grund av att VAV systemen med utomhuskompenserad temperatur har större kanalstorlekar vilket ger ett lägre tryckfall i fläkten, då den ej går med fullt flöde under stora delar av året.

Alla de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen hade en högre tillufttemperatur än referenssystemet. En för hög tillufttemperatur kan ge komfortproblem i inomhusmiljön. Då de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen vars ventilationskanaler placerades i golv och hade tilluftdonet placerat under fönster med tilluftflödet riktat uppåt, så kommer man minska kallraset och delvis kompensera kalltrålningen. På så vis kan man erhålla en god inomhus miljö trots att man har högt tilluftflöde. VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur version 1 som hade ventilationskanalerna placerade i tak kan ge en hög temperaturgradient som kan medföra sämre inneklimat.

Kostnaden att uppföra de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen i Kuben huset varierar allt mellan 100 864 kr till 111 883 kronor. Referenshusets kostnad att uppföra hamnade på 122 124 kronor och är dyrare än alla de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem. Det billigaste kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemet är 17,4 % billigare än referenssystemet. De pengar man sparar på de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen kan läggas på bättre isolering i väggarna så byggnadens transmissionsförluster minskar.

Jämför man CAV variabel temperatur version 1 och version 2 med varandra så ser man att CAV variabel temperatur version 2 är 6372 kronor billigare än version 1 trots att versionerna har exakt samma årliga energianvändning. Systemen har exakt samma utförande på ventilationskanalerna och samma funktioner i rummet. Bevisligen så är den trådlösa teknologin på styrningen av temperaturen i rummet billigast att uppföra i ett kombinerad ventilations- och uppvärmningssystem. Man kan säga att med USAs teknologi med trådlösa fjärrsensorer som antagligen kommer finnas i flera utföranden i framtidens ventilationsmarknad i Sverige kommer göra de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem billigare än vad de är idag.

Lägst verkningsgrad i värmeväxlaren som ger samma årliga energianvändning som referenssystemet krävde VAV systemet med variabel temperatur.

13 Slutsats

Alla kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem var billigare att uppföra i Kuben huset än ett referenssystem med radiatorer och golvvärme som uppvärmningssystem. Energianvändningen för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen är lite högre än referenssystemet men de extra kostnader man tjänar in på ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem kan tillexempel läggas på bättre isolering i väggarna. För att få ner de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen till samma årliga energianvändning som referenssystemet behövde verkningsgraden i värmeväxlaren endast höjas någon enstaka procent. Tilluftflödet i de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen var antingen lika stort eller större än referenssystemet. Ett större tilluftflöde är bättre ut ventilationssynpunkt.

En detaljerad studie hur de olika systemen påverkar inneklimatet har inte utförts i denna rapport. Man kan dock konstatera att VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur utan fördelningslåda kan påverka inneklimatet negativt och skapa komfortproblem på grund av den höga tillufttemperaturen som tillförs rummet i takhöjd. De andra kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen har ett bättre inneklimat då tilluftdonet är placerat under fönstren och riktas som ett aktivt skydd mot kallras.

Ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem ska vara utformat med fördelningslåda, ventilationskanaler i golv och tilluftdon under fönsterna. Dessa system var både billigare än de system som hade ventilationskanaler placerade i tak och chansen att påverka inneklimatet negativt ansågs minst. Lägst energianvändning av de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem hade VAV systemet med variabel temperatur, vars årliga energianvändning var nästan lika som referenssystemet.

14 Diskussion

I detta kapitel diskuteras vad man mer kan göra med ett demand controlled ventilation system för att minimera de årliga energikostnaderna. Det diskuteras även kring en förbättrad luftkvalitet i byggnaden samt enklare system utan radiatorkrets. Det diskuteras också hur resultaten påverkas av antagandet att det är 15 % av transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon vid fel tillfälle.

14.1 Demand controlled ventilation system

Vad kan man göra med ett demand controlled ventilation system för att göra årliga energibesparingar? I denna rapport har man räknat med att den minsta tilluften som får tillföras rummet är luftflödet enligt boverkets byggregler på 0,35 l/s och m² golvarea. Eftersom vi styr på temperaturen i rummet så har man inte tagit hänsyn till sänkt ventilationskrav om rummet är tomt på personer jämfört med om belastningen i rummet är hög, utan endast att rummet håller rätt temperatur eller inte. Ett annat sätt att använda ett demand controlled ventilation system är att tillåta att sänka luftflödet till rummet när ingen vistas där. Man får lov ur ventilationssynpunkt att sänka tilluftflödet med hela 71 % när rummet är oanvänt. För enligt boverket byggregler får tilluftflödet då sänkas till 0,10 l/s per m² golvarea men inte lägre än det. (Boverket, 2015) Konsekvenserna till att man sänker luftflödet när ingen visas i rummet är en lägre årlig energianvändning då energibesparingar sker vid varje sänkning av tilluften. Värmer man dessutom rummet med ventilationsluften som de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen gör i denna rapport så kommer temperaturen att sänkas när ingen vistas i rummen. Men så fort någon vistas i rummet kommer temperaturen att gå upp till vald nivå igen.

14.2 Luftkvalité och framtida kostnader

Som tidigare har nämnts i rapporten så kommer man med de kombinerade ventilation- och uppvärmningssystem få en bättre luftkvalité än referenssystemet som går på boverkets byggreglers minsta tilluftflöde när någon vistas i byggnaden. Luftkvalitén kommer just bli bättre eftersom man tillför ett större flöde av uteluft.

Eftersom de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystemen inte har någon radiatorkrets utan både värmer och ventilerar med ventilationssystemen slipper man eventuella problem och service kostnader för radiator systemet i framtiden, man slipper även att ha synliga radiatorer i byggnaden vilket är bra om man har fönsterpartier till golv.

14.3 Transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen

Antagandet att det är 15 % av transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon är grundläggande för att hålla den framtagna årliga energianvändningen för de kombinerade ventilations- och uppvärmningssystem. Om huset har dåligt klimatskal, vilket ett lågenergi inte bör ha, eller om ventilationskanalernas placering inte är strategiskt rätt så kan denna procentsats öka. Om procentsatsen ökar betydligt är det inte säkert att man klarar av

att värma huset med ett kombinerat ventilations- och uppvärmningssystem, utan då bör klimatskalet och placeringen av ventilationskanalerna ses över. Om antagandet är i överkant, det vill säga det är mindre än 15 % som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon minskar den årliga energianvändningen.

15 Fortsatt arbete

Antagandet som togs upp i kapitel 11 var att om man sänker tillufttemperaturen i ett VAV system med variabel temperatur så kommer luftflödet att öka för att kunna värma byggnaden. Men eftersom man nu optimerar fläktens varvtal genom att anpassa luftflödet till det mest krävande rummet så kommer fläktenergin inte öka mer än i det system då man hade ett konstant luftflöde med variabel temperatur. Eftersom detta endast är ett antagande och inte bevisat, bör man analysera detta vidare. För att få en bättre uppfattning om den årliga energianvändningen i VAV fallet med variabel temperatur bör systemet undersökas noggrannare där en utförlig energisimulering utan förenklingar genomförs, med bibehållna frågeställningar från denna rapport. Energisimuleringarna kan då ta upp; lägre minimum flöden, utnyttja väderdata och byggnadens tröghet, sänkning av temperaturen i rum där ingen befinner sig med mera.

För att få fram en mer exakt årlig energianvändning för Kuben huset bör det undersökas närmare exakt hur stor andel av transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen som försvinner ut ur huset eller tillförs till fel zon vid fel tillfälle. Eftersom andelen av dessa förluster påverkar den årliga energianvändningen i en stor utsträckning, som tidigare diskuterats i kapitel 14.

Ett annan intressant fråga som nämnt i rapporten är om de olika systemen påverkar inneklimatet negativt och skapar komfortproblem. Eftersom detta var en av avgränsningarna i rapporten så har inte en djupare studie kring eventuella komfortproblem utförts. Men för att få en helhetsbild kring hur de olika systemen fungerar i verkligheten bör man studera vidare kring hur pass de påverkar inomhusklimatet.

16 Litteraturförteckning

- Afshari, A. Maripuu, M-L. (2009-05). Deman controlled ventilation systems. State-of-the-art review Report R2009:04 Building Services engineering. Gothenburg: Chalmers University of technology sid. 1-32, 36-37, 43-48.
- Arbetsmiljöverket. (2015). *Arbetsmiljöverket inomhusklimat*. Hämtat från <<https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/>> [13-05-2016]
- Bostad västerås. (2016). *Bostad västerås*. Hämtat från <<http://www.bostadvasteras.se/CM/Templates/Article/general.aspx?cmguid=f538a288-8704-4b7c-bb81-1151e43cb246>> [29-04-2016]
- Boverket. (2015). Regelsamling för byggande, BBR. i Boverket, *Regelsamling för byggande, BBR* (s. 154). Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (Maj 2015). Regelsamling för byggande, BBR. i Boverket, *Regelsamling för byggande, BBR* (s. 156). Karlskrona: Boverket maj 2015.
- Boverket. (Maj 2015). Regelsamling för byggande, BBR. i Boverket, *Regelsamling för byggande, BBR* (s. 198). Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (Maj 2015). Regelsamling för byggande, BBR. i Boverket, *Regelsamling för byggande, BBR* (s. 241). Karlskrona: Boverket.
- controlengineering. (2016). *controlengineering-Energibalansberäkning*. Hämtat från <<http://www.controlengineering.se/se/energi/energiberakning/energibalansberakning>> [29-04-2016]
- dinvvsbutik. (2016). *dinvvsbutik*. Hämtat från <http://www.dinvvsbutik.se/> [10-05-2016]
- Ecobee. (2016). *Ecobee*. Hämtat från <https://www.ecobee.com/> [11-05-2016]
- Eksta Bostads AB . (2016). *Eksta kungsbacka*. Hämtat från <<http://www.eksta.se/om-eksta/>> [05-04-2016]
- European commission. (2016). *European commission-buildings*. Hämtat från European commission-buildings: <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>> [06-05-2016]
- formel-materialdata. (2001). *materialdata*. Hämtat från <<http://www.formel.dk/materialdata/luft.htm>> [03-05-2016]
- frisco. (2016). *frisco-effektberäkningar*. Hämtat från <http://www.frico.se/var-kunskap/effektberakning/> [29-04-2016]
- IG passivhus. (2016). *IG passivhus*. Hämtat från <<http://igpassivhus.se/passivhuset/vad-ar-ett-passivhus/>> [06-05-2016]

- IGPH. (2015). *Intressegrupp passivhus*. Hämtat från
<<http://igpassivhus.se/passivhuset/fordelar/>> den 13-05-2016
- Jensen, L. (2001-02-08). *Värmebehovberäkning*. Göteborg: Kursmaterial installationsteknik FK.
- Lindab. (2014). *Lindab-regula Combi Pascal*. Hämtat från
<<http://www.lindab.com/se/pro/products/pages/regula-combi-pascal.aspx>> [13-04-2016]
- Lindab. (2014). *Lindab-MBB*. Hämtat från
<<http://www.lindab.com/se/pro/products/pages/mbb.aspx>> [13-04-2016]
- LÅGAN rapport (2015) *Nya klimatfiler för energiberäkningar* LÅGAN för energieffektiva byggnader s. 3 Danderyd, februari 2015
- Maripuu, M.-L. (2010-11). *Behovstyrdventilation (DCV) och dess tillämnning i skolbyggnader*. Gothenburg: Swegon air Acedamy.
- Matteboken. (2016). *Matteboken-median och medelvärde*. Hämtat från
<<http://www.matteboken.se/lektioner/skolar-7/statistik/medelvarde-och-median>> den [03-05-2016]
- NCC. (2016). *NCC - våra projekt*. Hämtat från <<http://www.ncc.se/vara-projekt/vallda-heberg-kungsbacka/>> [06 04 2016]
- Olsson, C. (2011). *Boverketsförfattningssamling BFS 2011:6 BBR18*. Boverket. s.153-172
- PAROC. (2015). *PAROC-PAROC Hvac Section AluCoat T*. Hämtat från
<http://paroc.se/losningar-och-produkter/produkter/pages/rorskalor/paroc-hvac-section-alucoat-t?sc_lang=sv-SE> [29-04-2016]
- PAROC. (2016). *PAROC-Beräkningsprogram*. Hämtat från
<<http://www.paroc.se/hjalpmedel/berakningsprogram>> [13-04-2016]
- Passivhuscentrum Västra Götaland . (2016). Hämtat från
<<http://www.passivhuscentrum.se/om-passivhus>> [06-05-2016]
- Rinkaby rör. (2016). *Radiatorkoppling*. Hämtat från
<<http://www.rinkabyror.se/artiklar/radiatorer-och-tillbehor/radiatorkopplingsdetaljer/>> [17-05-2016]
- shuntab. (den 24 09 2003). *shuntab*. Hämtat från shuntab:
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ua1rOb2vnjwJ:www.shuntab.se/Dokumentation/Ovrig_dok/Hur_fungerar_en_shuntgrupp.doc+&cd=1&hl=sv&ct=clnk&gl=se> [13-05-2016]

- Swegon . (2016). *Swegon bostadsventilation*. Hämtat från
<<http://www.swegon.com/sv/Produkter/Bostadsventilation/Ventilationsaggregat/>> [16-05-2016]
- Swegon. (05 2016). *Procasa Swegon*. Hämtat från
<<http://procasa.swegon.com/sv/procasa-e>> [7-05-2016]
- Swegon Procasa. (2016). *Swegon Procasa*. Hämtat från Swegon Procasa:
<<http://procasa.swegon.com/sv/procasa-e>> [1-05-2016]
- Svenskapassivhus. (2016). *svenskapassivhus-klimatskal*. Hämtat från
<<http://www.svenskapassivhus.com/klimatskal/>> [29-04-2016]
- Sveriges Centrum för Nollenergihus. (2013). *Nollhus*. Hämtat från Nollhus:
<<http://www.nollhus.se/feby-12>> [05-04-2016]
- Tjälldén, L. (2016). *Tjälldén*. Hämtat från Tjälldén beräkningsprogram:
<http://www.tjallden.se/snabbkalkyl/> [10-05-2016]
- Valuta. (2016). *Valuta*. Hämtat från Valuta: <<http://www.valuta.se/>> [11-05-2016]
- Wikells. (2015). *Wikells sektionsfakta-VVS 2015/2016*. Växjö: wikells.
- VVS företagens. (2015). *VVS företagens teknik handboken 2015*. i V. företagens, *Teknik handboken 2015* (s. 439). Stockholm: VVS företagens.

Figurer

Om inget refererades, så är alla figurerna gjorda av författaren till rapporten. Allt material som är listat nedan är taget med tillstånd.

- Elin Bennewitz/Tidningen Byggindustri hämtad ifrån
<<http://byggindustrin.se/artikel/fordjupning/partnering-gav-passivhus-som-saljer-sig-sjalva-20352>> [19-05-2016]
- Fläkt Woods AB. (2009). *Teknisk handbok luftbehandlingssystem*. i F. W. AB, *Teknisk handbok luftbehandlingssystem* (s. 28). Sollentuna: Fläkt Woods AB.
- Temperatur. (2016). *Temperatur kungsbacka*. Hämtat från
<<http://www.temperatur.nu/kungsbacka-1ar.html>> [20-05-2016]

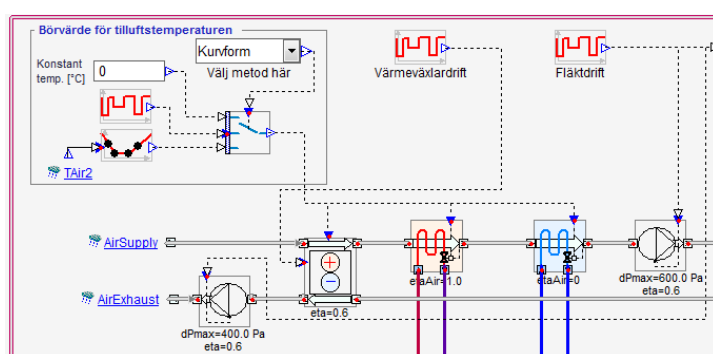
APPENDIX A - IDA ICE 4.7 parametrar

Eftersom alla system skall jämföras med varandra ur energisynpunkt och konstadssynpunkt är de projekterade i samma byggnad, NCC:s typhus Kuben. Detta gör att under simuleringarna kommer många parametrar i programmet att vara lika, eftersom väggar, fönster, golv, storlek på huset med mera inte ändras. Det enda som kommer att förändras är ventilationssystemen, uppvärmningssystemet och även ventilationsförluster. Här nedan listas de parametrar som är samma i alla simulationer i programmet IDA ICE 4.7. Personerna är alltid närvarande, belysningens tidschema är kl. 06-18 och utrustningens tidsschema är alltid på. Det som inte presenterats är antingen satt till noll, default inställning eller tidigare presenterats i rapporten.

Simuleringarna kommer använda sig av samma klimatfil, Göteborg/Landvetter_025260(ASHRAE 3013) och placeringen kommer vara Göteborg, Landvetter. Klimatfilerna har SMHI tagit fram tillsammans med Sveby (Standardisera och verifiera energiprestanda i byggnader). Personbelastningen, belysningen och varmvattenanvändningen kommer vara lika i alla simuleringarna.

I alla simuleringarna kommer minimal temperatur vara inställd på 22°C och maximal temperatur vara inställd på 25°C i respektive zon. Vid minsta temperatur kommer det valda uppvärmningssystemet som antingen är ventilationssystemet eller radiatorer och golvvärme att värma. Vid maximal temperatur kommer även fönster att öppnas för att få ner temperaturen igen.

I alla simuleringarna så kommer man använda sig av IDA ICE 4.7 standard luftbehandlingsaggregat. Det enda som skiljer sig åt i de olika simuleringarna är inställningen "Börvärde för tillufttemperaturen" där både konstant och kurvform kommer att användas. Detta påverkar tillufttemperaturen. Standard luftbehandlingsaggregatet i IDA ICE 4.7 ser ut enligt figur A.1. Där det är en frånluftfläkt, tilluftfläkt, värmebatteri och värmeväxlare. Kylbatteriet är satt till noll i alla simuleringar.



Figur A.1) Standard luftbehandlingsaggregatet i IDA ICE 4.7.

Tabell A.1) Information om de fyra zonerna, värden ifrån IDA ICE 4.7.

Namn	Golv-nivå [m]	Rums-höjd [m]	Personer [st/m ²]	Utrustning [w/m ²]	Utrustning [kWh/m ²]	Utv. fönsterare, [m ²]	Vägg ovan mark, [m ²]	Ytterdörr-area [m ²]
Våning 1 sönder	0	2,5	0,3929	1,8	15,77	6,038	33,953	2,2094
Våning 1 norr	0	2,5	0,3929	1,8	15,77	8,7016	32,898	0
Våning 2 söder	2,8	2,4	0,3929	1,8	15,77	4,5376	35,398	0
Våning 2 norr	2,8	2,4	0,3929	1,8	15,77	6,9496	32,986	0
Yttertak-area[m ²]	Mark-area [m ²]	Köld-bryggör [W/K]	Total omsl. area [m ²]	UAtot, [W/K]	UAvägg ovan mark, [W/K]	Utvändig fönster area, [W/K]	UA ytterdörr [W/K]	M*U A ytter-tak [W/K]
0	35,615	2,8547	77,815	15,182	3,582	4,5015	1,3822	0
0	34,609	2,5692	76,209	15,458	3,4708	6,6373	0	0
34,609	0	1,6742	74,545	10,709	3,7345	3,4032	0	1,8966
34,609	0	2,1105	74,545	12,804	3,4801	5,3172	0	1,8966

Tabell A.2) Informations om Kuben husets olika ytor, värden ifrån IDA ICE 4.7

Namn	Typ	Area mot rumsluft, [m ²]	U-värde, [W/(m ² × K)]	Tjocklek, [m]
Våning 1 söder.Golv	Ext. golv	35,62	0,09058	0,5
Våning 1 söder.Tak	Int. tak	35,62	0,1926	0,22
Våning 1 söder.Vägg 1	Int. vägg	20,95	0,6187	0,146
Våning 1 söder.Vägg 2	Ext. vägg	10,63	0,1055	0,3988
Våning 1 söder.Vägg 3	Ext. vägg	15,36	0,1055	0,3988
Våning 1 söder.Vägg 4	Ext. vägg	7,972	0,1055	0,3988
Våning 1 norr.Golv	Ext. golv	34,61	0,09058	0,5
Våning 1 norr.Tak	Int. tak	34,61	0,1926	0,22
Våning 1 norr.Vägg 1	Ext. vägg	12,25	0,1055	0,3988
Våning 1 norr.Vägg 2	Ext. vägg	10,33	0,1055	0,3988
Våning 1 norr.Vägg 3	Int. vägg	20,95	0,6187	0,146
Våning 1 norr.Vägg 4	Ext. vägg	10,33	0,1055	0,3988
Våning 2 söder.Golv	Int. golv	34,61	0,1926	0,22
Våning 2 söder.Tak	Yttertak	34,61	0,0548	0,724
Våning 2 söder.Vägg 1	Int. vägg	20,11	0,6187	0,146
Våning 2 söder.Vägg 2	Ext. vägg	9,912	0,1055	0,3988
Våning 2 söder.Vägg 3	Ext. vägg	15,57	0,1055	0,3988
Våning 2 söder.Vägg 4	Ext. vägg	9,912	0,1055	0,3988
Våning 2 norr.Golv	Int. golv	34,61	0,1926	0,22
Våning 2 norr.Tak	Yttertak	34,61	0,0548	0,724
Våning 2 norr.Vägg 1	Ext. vägg	13,16	0,1055	0,3988
Våning 2 norr.Vägg 2	Ext. vägg	9,912	0,1055	0,3988
Våning 2 norr.Vägg 3	Int. vägg	20,11	0,6187	0,146
Våning 2 norr.Vägg 4	Ext. vägg	9,912	0,1055	0,3988

Tabell A.3) Värden för fönster, ifrån IDA ICE 4.7.

Zon	Höjd från mark, [m]	Höjd från golv, [m]	Azimut, [°C]	Area, [m ²]	Sol-faktor (g)	Glas U, [W/(m ² K)]	Karm U, [W/(m ² K)]	Fönster totalt U, [W/(m ² K)]
Våning 1 söder	0,7	0,7	180	2,45	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 1 söder	1,3	1,3	180	0,444	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 1 söder	0	0	180	2,7	0,185	0,74	0,74	0,74
Våning 1 söder	1,38	1,38	270	0,444	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 1 norr	0,39	0,39	0	4,864	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 1 norr	0,64	0,64	0	1,615 6	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 1 norr	0	0	0	2,222	0,245	0,8	0,8	0,8
Våning 2 söder	3,5	0,7	180	2,478	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 2 söder	3,5	0,7	180	1,615 6	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 2 söder	4,05	1,25	180	0,444	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 2 norr	3,5	0,7	0	1,617	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 2 norr	3,5	0,7	0	1,615 6	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 2 norr	3,49	0,69	0	1,617	0,185	0,75	0,75	0,75
Våning 2 norr	2,8	0	0	2,1	0,245	0,8	0,8	0,8

Tabell A.4) Kuben husets konstruktion, värden ifrån IDA ICE 4.7.

Namn	U-värde, [W/(m ² × K)]	Tjocklek, [m]	Skiktmaterial	Skiktets tjocklek, [m]	Skiktmaterial	Skiktets tjocklek, [m]
Standard mark med isolering	0,29	1,1	Standard markisolering	0,1	Standard jord	1
Concrete floor 150	2,385	0,175	Floor coating	0,005	L/W concrete	0,02
Rendered l/w concrete wall 250	0,5372	0,27	Render	0,01	L/W concrete	0,25
Interior wall with insulation	0,6187	0,146	Gypsum	0,026	Air in 30 mm vert. air gap	0,032
Concrete floor 250mm	2,9	0,255	Floor coating	0,005	Concrete	0,25
Concrete joist roof	0,172	0,35	Light insulation	0,2	Concrete	0,15
NCC330:601	0,1055	0,3988	Gypsum	0,013	Min.ull med 45 läkt c450	0,1008
lätt mellanbjälklag	0,1926	0,22	min.ull med reglar c600	0,22		
Vindsbjälklag	0,0548	0,724	Vindsbjälklag kuban 0,0432	0,195	Lösull 0.039	0,529
Bottenplatta	0,09058	0,5	Concrete	0,1	cellplast 0,037	0,4
dörr	0,74	0,1654	Wood	0,1654		
Dräneringsskikt	1,613	0,7	Dräneringsskikt1	0,2	Standard jord	0,5
Passivhusvägg	0,1087	0,393	Gypsum	0,013	Min.ull med 45 läkt c450	0,095
dörr U-värde=0,7	0,6256	0,2	Wood	0,2		

Det siktmateriel som ingår i konstruktionen och övriga material som inte presenterades i tabellen ovan men finns i byggnaden förklaras i tabellen nedan.

Tabell A.5) Information om materialet som presenterades i konstruktionen visas här, värden ifrån IDA ICE 4.7.

Namn	Värme kondukt. [W/(m K)]	Densitet, [kg/m ³]	Värmekapacitet, [J/(kg K)]
Standard jord	2	2000	1000
Standard markisolering	0,036	32	750
Floor coating	0,18	1100	920
L/W concrete	0,15	500	1050
Concrete	1,7	2300	880
Render	0,8	1800	790
Gypsum	0,22	970	1090
Air in 30 mm vert. air gap	0,17	1,2	1006
Light insulation	0,036	20	750
50 isover fasadskiva 31	0,031	58	1
Wood	0,14	500	2300
min.ull med reglar c600	0,0438	56	866,25
Min.ull med 45 läkt c450	0,0464	68	905
Dräneringsskikt1	1	770	1
Extruded polystyrene	0,036	20	1200
Lösull 0.042	0,042	20	750
Cellplast med grafit	0,038	20	1200
isover fasadskiva 0,033	0,033	58	1
Lösull 0.04455	0,04455	20	750
Vindsbjälklag kuban 0,04455	0,0432	20	750
Vindsbjälklag kuban 0,0432	0,0432	20	750
Lösull 0.039	0,039	20	750
cellplast 0,037	0,037	20	750

Tabell A.6) Information om det luftbehandlingsaggregat som används i simuleringarna, värden ifrån IDA ICE 4.7.

Namn	Försörjda zoner	Försörjdyta, [m ²]	Max tilluftsflöde för LB, [L/s]	Min_Sa	Max_Sa	Max frånluftsflöde LB, [L/s]	Min_Ra	Max_Ra
Luftbehandlings-system	4	139,45	<obegränsad>	54,79	54,79	<obegränsad>	54,79	54,79

APENDIX B – Inställningar för simulering

Här presenteras de inställningar i simuleringsprogrammet IDE ICE 4.7 som är just för referenssystemet. Referenshuset är den enda simuleringen som har ett uppvärmningssystem baserat på radiatorer och golvvärme. Detta gör att inställningarna på rumsenheter (radiatorer inställt utan strålning, bara värme) eller så kallade ideala värmare i IDA ICE 4.7 kommer skilja sig åt. I detta fall kommer värdena på rumsenheter att se ut enligt tabell B.1.

Tabell B.1) Värden för referenshusets rumsvärmare i IDA ICE 4.7.

Zon	Typ	Maximal kyleffekt [W]	Maximal värmeeffekt [W]	Min temperatur	Max temperatur
Våning 1 söder	Ideal värmare	0	779,5	22	25
Våning 1 norr	Ideal värmare	0	2 340,0	22	25
Våning 2 söder	Ideal värmare	0	779,5	22	25
Våning 2 norr	Ideal värmare	0	2 340,0	22	25

Medan i simuleringen VAV systemet med konstant temperatur, CAV systemet med variabel temperatur och VAV systemet med variabel temperatur så kommer det inte finnas några rumsenheter alls, vilket betyder att värdena då är satt till noll. Eftersom i dessa tre fallen värmer huset enbart med hjälp av ventilationsluften.

I referenshuset kommer luftbehandlingssystemet att vara ett CAV system som tidigare förklarats. I inställningar till standard luftbehandlingsaggregatet kommer metoden vara konstant börvärde för tillufttemperaturen. Den konstanta temperaturen kommer att vara 22 °C. Tillufttemperaturen kommer då att vara 22 °C och luftflödet kommer vara enligt tabellen nedan. LB i tabell B.2 står för luftbehandlingssystem.

Vid beräkning ifrån $\frac{l}{s \times m^2}$ till $[\frac{l}{s}]$:

$$m^2 \times (\frac{l}{s \times m^2}) = \frac{l}{s} \quad (B.1)$$

Tabell B.2) Värden för referenshusets luftbehandlingssystem i IDA ICE 4.7.

Zon	L B	System	Tilluft $[\frac{l}{s \times m^2}]$	Frånluft $[\frac{l}{s \times m^2}]$	Tilluft * $[\frac{l}{s}]$	Frånluft * $[\frac{l}{s}]$	Tilluft-temperatur [°C]	Värmeväxlarens η
Våning 1 söder	ja	CAV	0,3929	0,3929	14,0	14,0	22	0,8
Våning 1 norr	ja	CAV	0,3929	0,3929	13,6	13,6	22	0,8
Våning 2 söder	ja	CAV	0,3929	0,3929	13,6	13,6	22	0,8
Våning 2 norr	ja	CAV	0,3929	0,3929	13,6	14,6	22	0,8

* Här användes ekvation B.1 för omvandlingen av enheten se uträkning nedan.

Våning 1 söder: $0,3929 \times 35,62 \text{ m}^2 = 13,995 \approx 14 \frac{l}{s}$

Våning 1 norr, våning 2 söder, våning 2 norr: $0,3929 \times 34,61 \text{ m}^2 = 13,598 \approx 13,6 \frac{l}{s}$.

APENDIX C – Inställningar för simulering

Här presenteras de inställningar i simuleringsprogrammet IDA ICE 4.7 som är för VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur version 1.

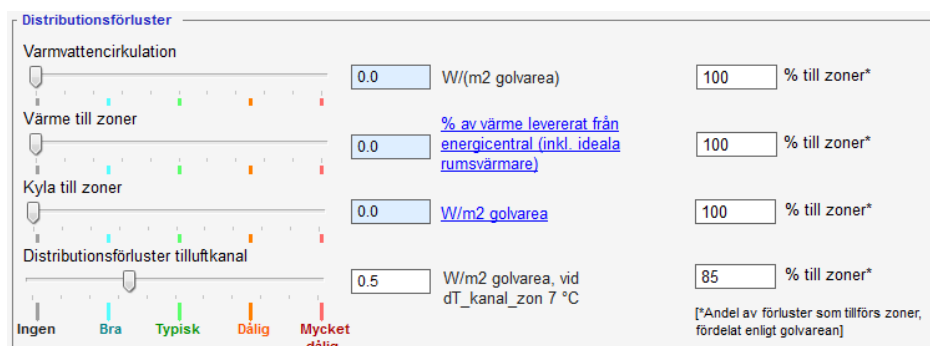
I detta fall har man ett VAV system med en utomhuskompenserad temperatur, hur detta system fungerar är tidigare förklarat. I IDA ICE 4.7 är nu alla rumsvärmare bortplockade. I detta fall så kommer VAV systemets luftflöde att variera och i programmet är systemtypen inställd till VAV temperaturstyrd. Eta (η) är symbolen för verkningsgrad och den är dimensionslös.

Tabell C.1) *Värden för referenshusets luftbehandlingssystem i IDA ICE 4.7.*

Zon	LB	System	Tilluft $[\frac{l}{s \times m^2}]$	Frånluft $[\frac{l}{s \times m^2}]$	Tillufttemperatur	Värmeväxlarens η
Våning 1 söder	ja	VAV - temperaturstyrd	Varierar	Varierar	Utomhuskompenserad enl. figur 7.1	Varierar mellan 0.8-0.99
Våning 1 norr	ja	VAV - temperaturstyrd	Varierar	Varierar	Utomhuskompenserad enl. figur 7.1	Varierar mellan 0.8-0.99
Våning 2 söder	ja	VAV - temperaturstyrd	Varierar	Varierar	Utomhuskompenserad enl. figur 7.1	Varierar mellan 0.8-0.99
Våning 2 norr	ja	VAV - temperaturstyrd	Varierar	Varierar	Utomhuskompenserad enl. figur 7.1	Varierar mellan 0.8-0.99

Regulator värdena (styrvärdena) är inställt för ”lokalt för zonen” i alla fyra zoner. Här kommer zonens luftflöde styras på temperaturen. Kontrollparametrarna på detta DCV system är satt till 22-25°C i alla zoner. Detta ställs in som rumsbörvärden i IDA ICE 4.7 där även det minsta luftflödet på 14 l/s respektive 13,6 l/s i zonerna ställs in. Eftersom man styr på temperaturen så är värden på koldioxid halten, luftens fuktighet och dagsljus satta till värden som BBR rekommenderar.

Här sker simuleringen i fyra olika fall, fall 30°C, fall 40°C, fall 50°C och fall 60°C som tidigare har presenterats. När man har en så pass hög tillufttemperatur så måste man ta hänsyn till de värmeförluster som uppkommer i ventilationsrören under simuleringen. Förlusterna ställdes in i IDA ICE 4.7 enligt figur C.1 där man skriver in förlusterna i enheten $W/m^2_{golvarean}$ och även hur stor del som tillförs huset och rätt zon.



Figur C.1) *Inställningar av ventilationsförlusterna fall 40°C i IDA ICE 4.7.*

APENDIX D - Kontroll av simuleringsresultat

För att kontrollera att simuleringsresultatet som man fått fram stämmer så gjordes en simulering av referenshuset och en simulering av VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur utan att det 15 % av transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen försvinner ut ur huset (transmissionsförlusterna i ventilationskanalen tas bort i VAV fallet, referenshuset simulerades redan utan) och man satte värmeväxlarens verkningsgrad till så nära 100 % som möjligt. Om resultaten stämmer skall energianvändning nu ligga väldigt lika.

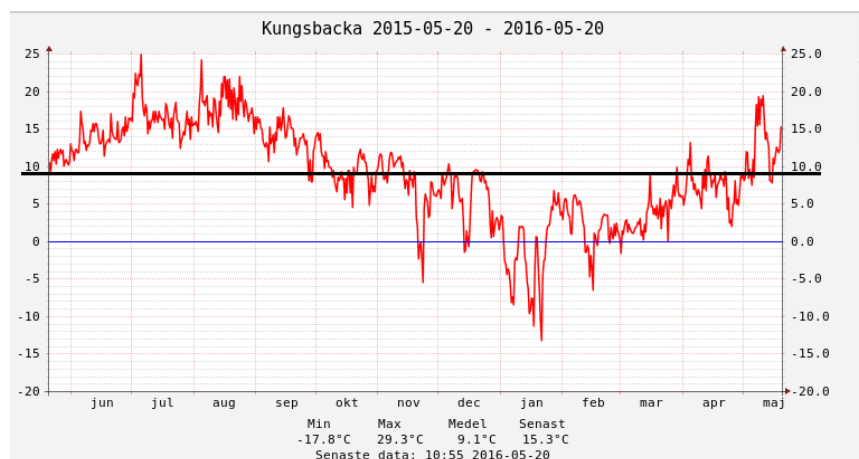
Tabell D.1) Visar simuleringsresultat från IDA ICE 4.7, där värmeväxlarens-verkningsgrad satt till 99,99% och inga transmissionsförluster genom ventilations-kanalen.

	Total energi under 1 år med: [kWh]	
	VAV konstant temp (40)	Referenshuset
Användare av el:		
Belysning	105	105
Hushållsel	1320	1320
Cirkulationspump till radiatorerna	0	1
Fläkt till AHU	591,4	626,4
Användare av värme:		
Radiatorerna	0	4368
Värmebatteri i AHU:	4573	0,5
Varmvattenberedare	3756	3 756
Totalt:	10345	10181

Man ser i tabell D.1 att energianvändningen mellan systemen nu ligger lika, men inte exakt lika. VAV systemet med konstant temperatur har lite högre energianvändningen. Kollar man på referenshusets energianvändning så ser man att fläkten till AHU i detta fall tar lite mer energi än fläkten till AHU i VAV utomhuskompenserad temperatur fallet. Denna fläktenergi kan värma luften litegrann och tillkomma huset och gör så att mindre energi behövs, vilket kan vara det som skiljer energianvändningen åt.

APENDIX E - Transmissionsförluster

Här beräknas och presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för VAV systemet med utomhuskompenerad temperatur version 1 och 2. Beräkningen av förlusterna har gjorts i beräkning programmet PAROC Calculus. Eftersom tillufttemperaturen varierar i alla fallen under året så kommer man använda sig av ett medianvärde på tillufttemperaturen under året. Ett medianvärde är det värde som hamnat precis i mitten av en uppsättning av värden, som är sorterade i storleksordning. (Matteboken, 2016) För att ta fram medianvärdet för de olika fallen har man använt sig av ett diagram över temperaturen under 1 år.



Figur E.1) Diagram över temperaturen under 1 år i Kungsbacka. (Temperatur, 2016)

Medeltemperaturen under året ligger på 9 °C. Se figur E.1 där det svarta sträcket är draget på 9 °C. Man kan se att det är lika stor yta mellan det svarta sträcket och den röda kurvan ovanför som det är mellan den svarta kurvan och den röda kurvan nedanför. Man hade 22 °C i rummet och den kallaste dagen utomhus var -16 °C. Detta ger en temperaturdifferens mellan rummets temperatur och medeltemperaturen på året $22-9=13^{\circ}\text{C}$ och en temperaturdifferens mellan den kallaste dagen på året och rummets temperatur på $(-16)-22=28^{\circ}\text{C}$. Temperaturskillnaden mellan rummet och mediantemperaturen på tilluften under 1 år är därav satt till $13/38=0,3421=34\%$ av temperaturskillnaden mellan rums och ventilationsluftens temperatur den kallaste dagen. Detta resulterar i att:

Fall 30°C: $30-22=8^{\circ}\text{C}$, $8 \times 0,34=2,7^{\circ}\text{C}$, $22+2,75=24,8^{\circ}\text{C}$. Medianvärde: 24,8°C

Fall 40°C: $40-22=18^{\circ}\text{C}$, $18 \times 0,34=6^{\circ}\text{C}$, $22+6=28$. Medianvärde: 28°C

Fall 50°C: $50-22=28^{\circ}\text{C}$, $28 \times 0,34=9,5^{\circ}\text{C}$, $22+9,5=31,5^{\circ}\text{C}$. Medianvärde: 31,5°C

Fall 60°C: $60-22=38^{\circ}\text{C}$, $38 \times 0,34=12,9^{\circ}\text{C}$, $22+12,9=34,9^{\circ}\text{C}$. Medianvärde: 34,9°C

Vid beräkning av transmissionsförlusten genom ventilationskanalen per m^2 golv area:

$$\frac{P}{A_{\text{Temp}}} = P_{\text{area}} \quad (\text{E.1})$$

P =Effekt [W] och presenteras för respektive fall i tabell E.1 till E.8.

A_{Temp} =Uppvärmad area [m^2]= 140 m^2 .

P_{area} =Effekt per area enhet [$\text{W}/\text{m}^2_{\text{Golvarea}}$]

Materialet i ventilationskanalen är stål och är 1 mm i tjocklek. Isoleringsmaterialet är 40 mm tjockt.

VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur version 1 för de 4 olika fallen.

Här har man kanaldimensionerna och längderna: 4,5 meter cirkulärt rör med diametern 250 mm, 32 meter cirkulärt rör med diameter 100 mm och 16 meter cirkulärt rör med diametern 125 mm. I tabellerna E.1 till E.4 presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för de olika fallen. Siffrorna är ifrån beräkningsprogrammet PAROC Calculus.

Tabell E.1)Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 1, fall 30 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 1, fall 30 °C	
Typ	Luft
Mediantemperatur	24,8 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	40 W
Värmeförlust oisolerad	182 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $40/140 = 0,286 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Tabell E.2)Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 1, fall 40 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 1, fall 40 °C	
Typ	Luft
Mediantemperatur	28 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	87 W
Värmeförlust oisolerad	418 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $87/140 = 0,62 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Tabell E.3)Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 1, fall 50 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 1, fall 50 °C	
Typ	Luft
Mediantemperatur	31,5 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	140 W
Värmeförlust oisolerad	692 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $140/140 = 1,0 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Tabell E.4)Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV konstant temperatur version 1, fall 60 °C.

VAV konstant temperatur version 1, fall 60 °C	
Typ	Luft
Mediantemperatur	34,9 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	192 W
Värmeförlust oisolerad	969 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $192/140 = 1,37 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur version 2 för de 4 olika fallen.

Här har man kanaldimensionerna och längderna: 59,9 meter cirkulärt rör med diametern 80 mm och 2 meter cirkulärt rör med diameter 200 mm. I tabellerna E.5 till E.8 presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för de olika fallen. Siffrorna är ifrån beräkningsprogrammet PAROC Calculus. Ventilationskanalen är i stål och är 1 mm i tjocklek. Isoleringsmaterialet är 40 mm tjockt.

Tabell E.5) Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 30 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 30°C:	
Typ	Luft
Mediantemperatur	24,8 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	42 W
Värmeförlust oisolerad	282W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $42/140 = 0,3 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Tabell E.6) Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 40 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 40°C:	
Typ	Luft
Mediantemperatur	28 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	93W
Värmeförlust oisolerad	671 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $93/140 = 0,66 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Tabell E.7) Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 50 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 50°C:	
Typ	Luft
Mediantemperatur	31,5 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	150 W
Värmeförlust oisolerad	1139W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $150/140 = 1,07 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Tabell E.8) Värden från beräkningsprogrammet PAROC Calculus, för VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 60 °C.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 2, fall 60°C:	
Typ	Luft
Mediantemperatur	34,9 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	206 W
Värmeförlust oisolerad	1627 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $206/140 = 1,47 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

APPENDIX F - Transmissionsförluster

Här presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för CAV variabel temperatur version 1 och version 2 och VAV systemet med variabel temperatur.

Beräkningsprogrammet som användes är PAROC Calculus. Materialet i ventilationskanalen är stål och är 1 mm i tjocklek. Isoleringsmaterialet är 40 mm tjockt. Vid beräkning av transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen behöver man en mediantemperatur i tillufttemperaturen under 1 år eftersom tillufttemperaturen under året varierar. Man behöver också ett medelvärde på tillufttemperaturen den kallaste dagen under året eftersom den varierar i zonerna. Det aritmetiska medelvärdet är summan av samtliga observationer delad med antalet observationer.

$$M = \Sigma x / n \text{ (Matteboken, 2016)} \quad (F.1)$$

M= Aritmetiska medelvärdet

$\Sigma x = \Sigma$ (den grekiska bokstaven "stora sigma") används som summatecken och x är observationerna.

n=observationerna i antal.

Medeltemperatur kallaste dagen CAV systemet med variabel temperatur:

Medeltemperaturen den kallaste dagen för CAV systemet med konstant temperatur med användning av ekvation (F.1) och värdena från tabell 11.1 ger:

$$M = \frac{59 + 61,4 + 52,6 + 54,9}{4} \approx 57 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Medeltemperatur kallaste dagen VAV systemet med variabel temperatur:

Medeltemperaturen den kallaste dagen för VAV systemet med konstant temperatur med användning av ekvation (F.1) och värdena från tabell 11.2 ger:

$$M = \frac{30 + 41,4 + 32,6 + 34,9}{4} \approx 36,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Här uppskattades mediantemperaturen på tilluften under året på samma sätt som i appendix E:

CAV variabeltemperatur: $57 - 22 = 35^{\circ}\text{C}$. $35 * 0,34 = 11,9^{\circ}\text{C}$. $22 + 11,9 = 33,9^{\circ}\text{C}$.

Medianvärde: $33,9^{\circ}\text{C}$

VAV variabeltemperatur: $36,9 - 22 = 14,9^{\circ}\text{C}$. $14,9 * 0,34 = 5,1$. $22 + 5,1 = 27,1^{\circ}\text{C}$.

Medianvärde: $27,1^{\circ}\text{C}$

Omvandling formel när man omvandlar effekt till energi då man räknar med 356 dagar om året och 24 timmar på dygnet:

$$\frac{W \times 365 \times 24}{100} = \text{kWh} \quad (F.2)$$

CAV variabel temperatur version 1 och 2

Här har man kanaldimensionerna och längderna: 59,9 meter cirkulärt rör med diametern 80 mm och 2 meter cirkulärt rör med diameter 200 mm. I tabellerna F.1 presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för CAV systemet med variabel temperatur. Siffrorna är ifrån beräkningsprogrammet PAROC Calculus.

Tabell F.1) Värden på transmissionsförluster genom ventilationskanalen från beräkningsprogrammet PAROC Calculus.

CAV variabel temperatur version 1 och 2	
Typ	Luft
Mediantemperatur	33,9 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	189W
Värmeförlust oisolerad	1480 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $189/140 = 1,35 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Men som tidigare konstaterats så är det bara 15 % av förlusterna som försvinner ut ur huset eller tillförs i fel zon. Alltså är det $0,15 \times 189 = 28,4 \text{ W}$ som försvinner. Omvandling av effekt till energi då man räknar med 356 dagar om året och 24 timmar på dygnet:

Användning av omberäkningsformeln (F.2):

$$\frac{28,4 \times 365 \times 24}{1000} = 248,8 \text{ kWh}$$

VAV variabel temperatur

Här har man kanaldimensionerna och längderna: 59,9 meter cirkulärt rör med diametern 80 mm och 2 meter cirkulärt rör med diameter 200 mm. I tabellerna F.2 presenteras transmissionsförlusterna genom ventilationskanalen för VAV systemet med variabel temperatur. Siffrorna är ifrån beräkningsprogrammet PAROC Calculus.

Tabell F.2) Värden på transmissionsförluster genom ventilationskanalen från beräkningsprogrammet PAROC Calculus.

VAV variabel temperatur	
Typ	Luft
Mediantemperatur	27,1 °C
Resultat för hela sträckan	
Värmeförlust isolerad	79 W
Värmeförlust oisolerad	557 W
Värmeförlust per m ² golvarea	Användning av ekvation (E.1) ger: $79/140 = 0,56 \text{ W/m}^2_{\text{Golvarea}}$

Men som tidigare konstaterats så är det bara 15 % av förlusterna som försvinner ut ur huset eller tillförs i fel zon. Alltså är det $0,15 \times 79 = 11,85 \text{ W}$ som försvinner. Användning av omberäkningsformeln (F.2):

$$\frac{11,85 \times 365 \times 24}{1000} = 103,8 \text{ kWh.}$$

APENDIX G – Tillufttemperatur

Här presenteras beräkningar av tillufttemperaturen i CAV systemet med variabel temperatur. Den framräknade tillufttemperaturen gäller den kallaste dagen alltså då det är -16 °C utomhus. Tillufttemperaturen varierar i zonerna, där av är det en tillufttemperatur per zon som är fram räknad.

$$P = \dot{m} \times C_p \times \Delta t \text{ [W]} \quad (\text{G.1})$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 \quad (\text{G.2})$$

$$t_1 = \text{Tillufttemperatur [}^\circ\text{C]}$$

$$t_2 = \text{Rumstemperatur} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_p = \text{specifik värmekapacitet vid konstant tryck} = 1,008 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} = 1008 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$$

(formel-materialdata, 2001)

$P = \text{Effekt [W]}$ och presenteras i tabell 4.1 i kapitel 4
Effekt är energi per tidsenhet (VVS företagens, 2015)

$$\dot{m} = \text{Massflöde} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\rho_{\text{Luft}} = 1,2041 \text{ kg/m}^3$$

Omräkning från l/s till m³/s: (VVS företagens, 2015)

$$\frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1000 \times \frac{1}{\text{s}} \quad (\text{G.3})$$

Omräkning från kg/s till m³/s:

$$\frac{\frac{\text{kg}}{\text{s}}}{\rho_{\text{Luft}}} = \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (\text{G.4})$$

Användning av ekvation (G.2)– temperaturdifferensen:

$$\Delta t = t_1 - t_2$$

$$t_1 = \text{tillufttemperaturen} = x \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_2 = \text{rumstemperaturen} = 22^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = x - t_2 \quad (\text{G.5})$$

Omskrivning av ekvation (G.1):

$$P = \dot{m} \times C_p \times \Delta t \text{ [W]}$$

Användning av ekvation (G.5):

$$P = \dot{m} \times C_p \times (x - t_2)$$

Dividera med $(x - t_2)$ ger:

$$\frac{P}{(x - t_2)} = \dot{m} \times C_p$$

Omskrivning:

$$\frac{(x - t_2)}{P} = \frac{1}{\dot{m} \times C_p}$$

Multipluera med effekten P:

$$(x - t_2) = \frac{P}{\dot{m} \times C_p}$$

Addera med t_2 ger:

$$x = \frac{P}{\dot{m} \times C_p} + t_2 \quad (G.6)$$

Där x är den sökta tillufttemperaturen.

Värden som gäller alla zonerna:

$$C_p = \text{specifik värmekapacitet vid konstant tryck} = 1,008 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}} = 1008 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$$

P = Effekt [W]

$\dot{m}$ = Massflöde $[\frac{\text{kg}}{\text{s}}]$

$t_2 = 22^\circ\text{C}$

Omräkning från l/s till m³/s: (VVS företagens, 2015)

$$\frac{\frac{1}{\text{s}}}{1000} = \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (G.7)$$

P är i detta fall den maximala effekten som behöver tillföras, alltså effekten när det är som kallast ute. Denna effekt är redovisad i tabell 4.1 i rapporten och det är de värdena som finns i tabellen som används i beräkningen.

<u>Våning 1 söder:</u> P=522,6 W Användning av ekvation (G.7): $\dot{m} = 14 \text{ l/s} = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$ Användning av ekvation (G.6) ger: $x = \frac{522,6}{0,014 \times 1008} + 22 = 59,03^\circ\text{C}$	<u>Våning 1 norr:</u> P=539,9 W Användning av ekvation (G.7): $\dot{m} = 13,6 \text{ l/s} = 0,0136 \text{ m}^3/\text{s}$ Användning av ekvation (G.6) ger: $x = \frac{539,9}{0,0136 \times 1008} + 22 = 61,38^\circ\text{C}$
<u>Våning 2 söder:</u> P=419,6 W Användning av ekvation (G.7): $\dot{m} = 13,6 \text{ l/s} = 0,0136 \text{ m}^3/\text{s}$ Användning av ekvation (G.6) ger: $x = \frac{419,6}{0,0136 \times 1008} + 22 = 52,61^\circ\text{C}$	<u>Våning 2 norr:</u> P=450,3 W Användning av ekvation (G.7): $\dot{m} = 13,6 \text{ l/s} = 0,0136 \text{ m}^3/\text{s}$ Användning av ekvation (G.6) ger: $x = \frac{450,3}{0,0136 \times 1008} + 22 = 54,85^\circ\text{C}$

APENDIX H - Kostnadskalkyler

Alla priser där källa inte angetts är ifrån boken Wikells sektionsfakta-VVS 2015/2016 eller direkt ifrån respektive företags försäljare från perioden 2016-04-01 till 2016-05-20. De produkter där pris är ifrån företaget så är monterings tiden antingen en uppskattning av försäljare från företaget eller ett medelvärde av de tider som liknande produkter ur boken Wikells sektionsfakta-VVS har. Tiden för arbetet är angiven i normtid VVS och är kompletterat med erfarenhetsvärlden. Å-pris är summan av material och arbetslön. Priset är även entreprenörspris och inte pris för privatkund (Wikells, 2015)

Materialkostnaderna är exklusive moms. Arbetslönen har satts till 174 kr/h. Indirekta kostnader är 218 % för både ventilation, värme och sanitet. För ventilation är de direkta kostnaderna 77 % respektive 74 % för värme och sanitet. Detta ger ett tillägg på arbetslönen på 295 % för ventilation respektive 292 % för värme och sanitet. Så den totala arbetskostnaden blir:

Värme och sanitet: $174 \times 3,92 = 682,1$ kr

Ventilation: $174 \times 3,95 = 687,3$ kr

Hur de direkta och indirekta kostnaderna har presenterats ser man i Wikells sektionsfakta-VVS 2015/2016 s.89 och s.3 (Wikells, 2015)

Antalet produkter för systemen kan ses på ventilationsritningarna i figur 3.3, figur 7.2 och figur 9.1. Antalet produkter för uppvärmningssystemet i referensfallet kan man se i figur 3.4. För detaljerade ventilationsritningar se appendix I. Produkterna som presenterats är endast alternativa produkter.

I kostnadskalkylen har man räknat med ett ventilationsaggregat som heter Swegon CASA R7 Comfort för alla systemen. Det värmebatteri på 1400 W som ingår i kostanden för Swegon CASA R7 Comfort kommer endast räcka i referensfallet. För alla systemen med kombinerad ventilation och uppvärmning kommer det behövas ett extra värmebatteri. Den valda isoleringen heter PAROC Hvac Section AluCoat T och tål höga temperaturer. Temperaturer upp till ca 200 °C, för då börjar bindemedlet brytas ner. Detta isoleringsmaterial kommer användas till alla ventilationssystemen med kombinerad ventilations- och uppvärmning, referenshusets ventilationssystem kommer inte isoleras alls då tillufttemperaturen i det fallet inte överstiger rumstemperatur. (PAROC, 2015)

Referensfallet: Här är ventilationssystemet utformat utan någon styrning på temperaturen det vill säga här behöver man ingen reglerenhet. Tilluftdonet som är vald är Bevent-Rasch LINO-100. Radiatorerna är från Purmo compact och är ett vattenburet element av typen panelradiator.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 1: Här var ventilationskanalerna dragna i tak till en tryckfördelningslåda med ett tilluftdon. Tryckfördelningslådan är Lindabs MBBV-100-125, som har en kanalstorlek på 100 mm för ventilationskanalen och tilluftdonet har en storlek på 125 mm, tilluftdonet är valts till Lindabs Airy. Tryckfördelningslådan innehåller både spjäll och motor. Reglercentralen som är placerad i rummen, samlar in data och signalerar upp till tryckfördelningslådan - MBBV är Lindabs Regula Combi.

VAV utomhuskompenserad temperatur version 2: I detta system utgick ventilationskanalerna från en fördelningslåda och drogs i golv till rummen och avslutades med ett tilluftdon placerat nedre vägg under fönster är Lindabs Airy-100. Fördelningslådan som är vald är Lindabs MCU 200 80 GALV 10-0 som har 10 utgångar i storlek 80 mm och en ingång i storlek 200mm, vilket är enligt ritning det som behövs. Tilluftdonet placerat i nedre vägg är Airy, priserna här är för kanalanslutning storlek 100 mm. Spjällen placerade efter fördelningslådan är Lindabs reglering och avstängning spjäll DTBLU-80, som är ett avstängningsspjäll med elektrisk motor. Reglerenheten som är placerad i respektive rum och signalerar upp till flödesspjället är Lindabs Regula combi.

CAV variabel temperatur version 1: Det enda som skiljer här ifrån VAV konstant temperatur version 2 är att det är satt ett temperaturspjäll istället för ett flödesspjäll. Men eftersom båda spjällen innehåller en elektrisk motor och att det är motorn som är dyr, så är priserna mellan ett flödesspjäll och temperaturspjäll relativt lika.

CAV variabel temperatur version 2: Här placeras det 10 stycken trådlösa fjärrsensorerna i de rum där det i version 1 placerades en Regula combi. Den centrala enheten heter ecobee3. Detta Ecobee system går att köpa i USA men inte i Sverige. Priserna i kostnadskalkylen är ifrån företaget Ecobee. (Ecobee, 2016) I valutan dollar så kostar centralenheten ecobee3 150 dollar och en trådlös fjärrsensor 20 dollar. För omvandling till svensk valuta användes 2016-05-11 klockan 09.15 att 1 dollar=8,14 kronor. (Valuta, 2016)

Här är kostnaderna för monteringen av de trådlösa fjärrsensorerna satt till 0 kr efter dem är trådlösa och man enkelt kan sätta upp dem på vald plats som privatperson. Kostanden för monteringen av ecobee3 utgår ifrån svenska arbetskostnader då Kuben huset är placerat i Sverige, arbetskostnaderna har tidigare presenterats.

VAV variabel temperatur: I denna kostnadskalkyl är det bara en extra kostnad för att kunna styra tilluftfläkten som tillkommer jämfört med CAV systemet variabel temperatur version 1.

Tabell H.1) Enkel kostnadskalkyl för referenshuset där de listade priserna är entreprenörspriser. Där källa inte angetts är priserna ifrån Wikells sektionsfakta-VVS eller direkt ifrån respektive företag. (Wikells, 2015)

Kostnadskalkyl: Referenshuset					
Produkt	Antal [st]	Material [kr/st]	Tid [h/st]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Ventilationsaggregat Swegon CASA R7 Comfort	1	Ca 26000	5,0	Ca 29437	Ca 29437
Tilluftdon Bevent-Rasch LINO-100	6	684	0,14	780	4680
Överluftdon Swegon CGV 100	2	775	0,46	1091	2182
Frånluftdon Sestemair EFF-100	5	90	0,14	186	930
Uppvärmningssystemets totala kostnad	1				42000 ²
Shuntgrupp 15 TA-PICL shuntgrupp värme	2	13120	1,7	14279	28558
Kanaldragningar	Antal [m]	Material [kr/m]	Tid [h/m]	Å-pris [kr/m]	Kostnad [kr]
Ø200 mm Ventilationskanal V0501106	5,5	312	0,32	532	2926
Ø125 mm Ventilationskanal V0501104	16,5	230	0,27	415	6848
Ø100 mm Ventilationskanal V0501103	12,5	200	0,24	365	4 562,5
Total kostnad [kr]:					122 124 kr

¹ Priset varierar mellan 25000–27000 kr exklusive moms och inklusive frakt och i priset ingår handpanel och eftervärmningsbatteri på 1400 W.

² Uppvärmningssystemet är beräknat utifrån en kostnad på 300 kr/m².

Tabell H.2) Enkel kostnadskalkyl för VAV utomhuskompenserad temperatur version 1 där de listade priserna är entreprenörspriser. Där källa inte angetts är priserna ifrån Wikells sektionsfakta-VVS eller direkt ifrån respektive företag. (Wikells, 2015)

Kostnadskalkyl: VAV utomhuskompenserad temperatur version 1					
Produkt	Antal [st]	Material [kr/st]	Tid [h/st]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Tryckfördelningslåda Lindab MBBV-100-125	9	1700	0,14	1796	16164
Tilluftdon Lindab Airy-125	9	160	0,14	256	2304
Överluftdon Swegon CGV 100	3	775	0,46	1091:16	3273
Regleringsenhet Lindab Regula combi	9	800	0,14	896	8064
Ventilationsaggregat Swegon CASA R7 Comfort	1	Ca 26000	5,0	Ca 29437	Ca 29437
Frånluftdon Sestemair EFF-100	6	90	0,14	186	1116
Shuntgrupp 15 TA-PICL shuntgrupp värme	1	13120	1,7	14279	14279
Värmebatteri	1	2500	0,81	3057	3057
Elkabel från alla reglerenheter till alla spjäll	1	50	1	500	550
Kanaldragningar Tilluft och frånluft	Antal [m]	Material [kr/m]	Tid [h/m]	Å-pris [kr/m]	Kostnad [kr]
Ø250 mm Ventilationskanal V0501106	8	312	0,32	532	4256
Ø125 mm Ventilationskanal V0501104	19,5	230	0,27	415	8092
Ø100 mm Ventilationskanal V0501103	37,5	200	0,24	365	13 688
Värmeisolering Ø200 mm	4,5	-	-	197	887
Värmeisolering Ø125 mm	16	-	-	151	2416
Värmeisolering Ø100 mm	32	-	-	135	4320
Total kostnad [kr]:					111 883

Tabell H.3) Kostnadskalkyl för VAV utomhuskompenserad temperatur version 2 där de listade priserna är entreprenörspriser. Där källa inte angetts är priserna ifrån Wikells sektionsfakta-VVS eller direkt ifrån respektive företag. (Wikells, 2015)

Kostnadskalkyl: VAV utomhuskompenserad temperatur version 2					
Produkt	Antal [st]	Material [kr/st]	Tid [h/s]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Tilluftdon placerad nedre vägg Lindab Airy-100	10	120	0,14	216	2160
T-stycke till Airy	10	150	0,05	184	1840
Reglering & avstängning spjäll Lindab DTBLU-80	10	1000	0,5	1350	13500
Överluftdon Swegon CGV 100	2	775	0,46	1091	2182
Regleringsenhet Lindab Regula combi	10	800	0,14	896	8960
Fördelningslåda Lindab MCU 200 80 GALV 10-0	1	1100	1,08	1842	1842
Ventilationsaggregat Swegon CASA R7 Comfort	1	Ca 26000	5,0	Ca 29437	Ca 29437
Frånluftdon Sestemair EFF-100	5	90	0,14	186	930
Shuntgrupp 15 TA-PICL shuntgrupp värme	1	13120	1,7	14279	14279
värmebatteri	1	2500	0,81	3057	3057
Elkabel från alla reglerenheter till alla spjäll	1	500	2	1500	1500
Kanaldragningar	Antal [m]	Material [kr/m]	Tid [h/m]	Å-pris [m]	Kostnad [kr]
Ø200 mm Ventilationskanal V0501106	5,5	280	0,27	466	2563
Ø125 mm Ventilationskanal V0501104	3,5	230	0,27	415	1452
Ø100 mm Ventilationskanal V0501103	5	200	0,24	365	1825
Ø80 mm Ventilationskanal V0501102	60	164	0,24	329	19740
Värmeisolering Ø80 mm	15	-	-	105	1575
Värmeisolering Ø200 mm	2	-	-	197	394
Total kostnad:					107236

Tabell H.4) Kostnadskalkyl för CAV variabel temperatur version 1 där de listade priserna är entreprenörspriser. Där källa inte angetts är priserna ifrån Wikells sektionsfakta-VVS eller direkt ifrån respektive företag. (Wikells, 2015)

Kostnadskalkyl: CAV variabel temperatur version 1					
Produkt	Antal [st]	Material [kr/st]	Tid [h/st]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Tilluftdon placerad nedre vägg Lindab Airy-100	10	120	0,14	216	2160
T-stycke till Airy	10	150	0,05	184	1840
Reglering & avstängning spjäll Lindab DTBLU-80	10	1000	0,5	1350	13500
Överluftdon Swegon CGV 100	2	775	0,46	1091	2182
Regleringsenhet Lindab Regula combi	10	800	0,14	896	8960
Fördelningslåda Lindab MCU 200 80 GALV 10-0	1	1100	1,08	1842	1842
Ventilationsaggregat Swegon CASA R7 Comfort	1	Ca 26000	5,0	Ca 29437	Ca 29437
Frånluftdon Sestemair EFF-100	5	90	0,14	186	930
Shuntgrupp 15 TA-PICL shuntgrupp värme	1	13120	1,7	14279	14279
värmebatteri	1	2500	0,81	3057	3057
Elkabel från alla reglerenheter till alla spjäll	1	500	2	1500	1500
Kanaldragningar	Antal [m]	Material [kr/m]	Tid [h/m]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Ø200 mm Ventilationskanal V0501106	5,5	280	0,27	466	2563
Ø125 mm Ventilationskanal V0501104	3,5	230	0,27	415	1452
Ø100 mm Ventilationskanal V0501103	5	200	0,24	365	1825
Ø80 mm Ventilationskanal V0501102	60	164	0,24	329	19740
Värmeisolering Ø80 mm	15	-	-	105	1575
Värmeisolering Ø200 mm	2	-	-	197	394
Total kostnad [kr]:					107236

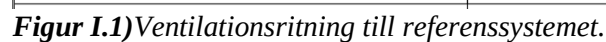
Tabell H.5) Kostnadskalkyl för CAV variabel temperatur version 2 där de listade priserna är entreprenörspriser. Där källa inte angetts är priserna ifrån Wikells sektionsfakta-VVS eller direkt ifrån respektive företag. (Wikells, 2015)

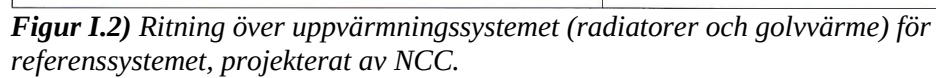
Kostnadskalkyl: CAV variabel temperatur version 2					
Produkt	Antal [st]	Material [kr/st]	Tid [h/st]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Tilluftdon placerad nedre vägg Lindab Airy-100	10	120	0,14	216	2160
T-stycke till Airy	10	150	0,05	184	1840
Reglering & avstängning spjäll Lindab DTBLU-80	10	1000	0,5	1350	13500
Överluftdon Swegon CGV 100	2	775	0,46	1091	2182
Trådlösa fjärrcensorer	10	163	-	163	1630
Centralenhet Ecobee3	1	1221	1	1908	1908
Fördelningslåda Lindab MCU 200 80 GALV 10-0	1	1100	1,08	1842	1842
Ventilationsaggregat Swegon CASA R7 Comfort	1	Ca 26000	5,0	Ca 29437	Ca 29437
Frånluftdon Sestemair EFF-100	5	90	0,14	186	930
Shuntgrupp 15 TA-PICL shuntgrupp värme	1	13120	1,7	14279	14279
Värmebatteri	1	2500	0,81	3057	3057
Elkabel från alla reglerenheter till alla spjäll	1	50	1	550	550
Kanaldragningar	Antal [m]	Material [kr/m]	Tid [h/m]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Ø200 mm Ventilationskanal V0501106	5,5	280	0,27	466	2563
Ø125 mm Ventilationskanal V0501104	3,5	230	0,27	415	1452
Ø100 mm Ventilationskanal V0501103	5	200	0,24	365	1825
Ø80 mm Ventilationskanal V0501102	60	164	0,24	329	19740
Värmeisolering Ø80 mm	15	-	-	105	1575
Värmeisolering Ø200 mm	2	-	-	197	394
Total kostnad [kr]:					100 864

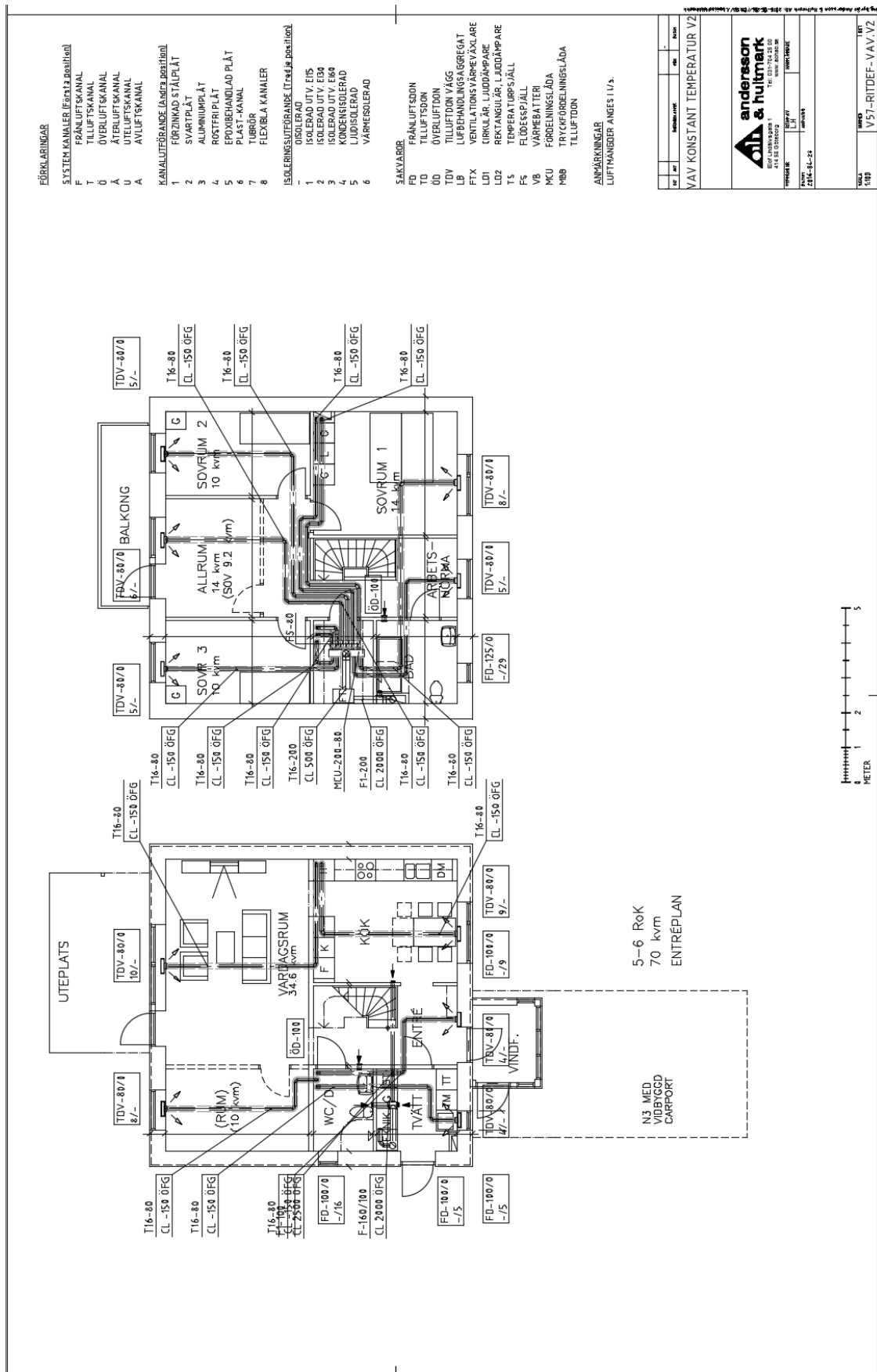
Tabell H.6) Kostnadskalkyl för VAV variabel temperatur där de listade priserna är entreprenörspriser. Där källa inte angetts är priserna ifrån Wikells sektionsfakta-VVS eller direkt ifrån respektive företag. (Wikells, 2015)

Kostnadskalkyl: VAV variabel temperatur					
Produkt	Antal [st]	Material [kr/st]	Tid [h/st]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Tilluftdon placerad nedre vägg Lindab Airy-100	10	120	0,14	216	2160
T-stycke till Airy	10	150	0,05	184	1840
Reglering & avstängning spjäll Lindab DTBLU-80	10	1000	0,5	1350	13500
Överluftdon Swegon CGV 100	2	775	0,46	1091	2182
Regleringsenhet Lindab Regula combi	10	800	0,14	896	8960
Fördelningslåda Lindab MCU 200 80 GALV 10-0	1	1100	1,08	1842	1842
Ventilationsaggregat Swegon CASA R7 Comfort	1	Ca 26000	5,0	Ca 29437	Ca 29437
Frånluftdon Sestemair EFF-100	5	90	0,14	186	930
Shuntgrupp 15 TA-PICL shuntgrupp värme	1	13120	1,7	14279	14279
Extra kostnader för tilluftfläkten	1	2000	-	2000	2000
värmebatteri	1	2500	0,81	3057	3057
Elkabel från alla reglerenheter till alla spjäll	1	500	2	1500	1500
Kanaldragningar	Antal [m]	Material [kr/m]	Tid [h/m]	Å-pris [kr/st]	Kostnad [kr]
Ø200 mm Ventilationskanal V0501106	5,5	280	0,27	466	2563
Ø125 mm Ventilationskanal V0501104	3,5	230	0,27	415	1452
Ø100 mm Ventilationskanal V0501103	5	200	0,24	365	1825
Ø80 mm Ventilationskanal V0501102	60	164	0,24	329	19740
Värmeisolering Ø80 mm	15	-	-	105	1575
Värmeisolering Ø200 mm	2	-	-	197	394
Total kostnad [kr]:					109236

Sammanställning av de ritningar som har presenterats i rapporten.







Figur I.4) Ventilationsritning till VAV systemet med utomhuskompenserad temperatur version 2.

