



CHALMERS



Länsresidenset i Vänersborg

Renovering av ventilationssystemet i en kulturmärkt byggnad

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Albin Arvidsson

Robert Käck

EXAMENSARBETE ACEX20

Länsresidenset i Vänersborg
Renovering av ventilationssystemet i en kulturmärkt
byggnad

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Albin Arvidsson

Robert Käck

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2020

Länsresidenset i Vänersborg

Renovering av ventilationssystemet i en kulturmärkt byggnad

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Albin Arvidsson

Robert Käck

© ALBIN ARVIDSSON, ROBERT KÄCK, 2020

Examensarbete ACEx20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2020

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Bild på länsresidenset i Vänersborg, tagen av författarna.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2020

Länsresidenset i Vänersborg

Renovering av ventilationssystemet i en kulturmärkt byggnad.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Albin Arvidsson

Robert Käck

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Denna rapport undersöker vad den komplexitet som projekteringen av ventilationssystemet i en byggnad under skydd av förordning (2013:558) om statliga byggnadsminnen kan innebära. Tack vare företaget WSP används ett tillämpningsobjekt vilken är Länsresidenset i Vänersborg, och arbetet har genomförts i samverkan med företaget WSP. I äldre byggnader är risken hög att tillvägagångssätten som använts för att bygga inte finns dokumenterade, Vänersborgs Länsresidens är inget undantag. Utöver bristen på byggnadsinformation, besitter även byggnaden skyddsföreskrifter som innebär att den enda möjligheten för kylning är luftburen kylning. För att kunna dra någon slutsats har därför ett platsbesök genomförts för att identifiera vilken typ av byggnad som hanterades, hur ventilationskanalerna gick, samt vad dess stomme bestod av. Med denna indata kunde sedan det primära simuleringsverktyget användas, IDA Indoor Climate and Energy. För att beräkna den erforderliga kapaciteten för aggregatet genomfördes klimatsimulationer för kylning med luft. Stommen bestod av tegel, vilket innebär att byggnaden är av typen ”tung byggnad” och har därför goda värmelagringsegenskaper, därför har även aggregatet ställts in för att använda sig utav kylning med uteluft under natten. För att undersöka huruvida vissa åtgärder innebär förlorat kulturellt värde eller inte i en byggnad med skyddsföreskrifter, har den slutliga lösningen i detta projekt granskats av en antikvarie som ansåg att åtgärderna var rimliga.

I resultatkapitlet jämförs PPD, luftvolymflöden, samt energianvändningen för både VAV och CAV.

Sammanfattningsvis krävde projekteringen av länsresidenset inte någon komplex lösning. Detta beror på de goda förutsättningarna som byggnaden hade, vilka medförde att större förändringar av byggnaden inte krävdes. Byggnader med liknande skydd men sämre förutsättningar hade troligtvis krävt en mer komplex ventilationslösning, då lösningen som använts i detta arbete skulle kunna orsaka problem i ett annat objekt.

Nyckelord: Ventilation, PPD, Luftvolymflöden, Energianvändning, VAV, CAV, Kulturmiljölagen, Skyddsföreskrifter, Byggnadsminnen, Luftburen kyla, Platsbesök, Länsresidenset i Vänersborg, Tung byggnad, Värmelagringsskapacitet, Inomhusmiljö

The county residence in Vänersborg

Renovation of the ventilation system in a grade II listed building

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

Albin Arvidsson

Robert Käck

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Installations

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This report aims to discover what complexity the projection of a ventilation system protected by the regulation of (2013:558) on state building monuments. An application object has been given to the authors by the company WSP, who have also helped the authors to complete the project. In older buildings there is a risk that the documentation of how the building was implemented is nowhere to be found, the application object of this project, Länsredenset I Vänersborg, was no exception. Besides the lack of general information, the building is also protected by the Swedish laws regarding protection of listed properties, which gives the projectors no choice but using airborne cooling to cool the building. To be able to draw a conclusion a visit to the object was necessary, to determine what kind of building was being dealt with, how the ventilation canals were drawn, and what the body consisted of. This in-data was necessary for the primary simulation tool that almost all results are based off, IDA Indoor Climate and Energy. To calculate the necessary capacity for the ventilation unit, climate simulations were performed for cooling. The body consisted of brick which classifies as a “Heavy building”, which means that it has good heat storage capacity, the ventilations unit therefore also uses a function to use night cooling, to help reduce the cooling demand during the day. To discover whether an action might lead to loss of cultural value or not, the final solution for the building was shown for an antiquary who considered the solution reasonable.

In the chapter where results are presented the values of PPD, air volume flow, and energy use for both VAV and CAV.

To conclude the report, the projecting of the application object did not require a complex solution. This is because the conditions that the building held were good, which meant that big changes of the building were not required. However, buildings with similar protection but worse condition could possibly require a more complex solution for the ventilation system. The solution used in this object could possibly cause problems in another object.

Key words: Ventilation, PPD, Air volume flow, Energy usage, VAV, CAV, Historic environment act, Protective regulations, Listed buildings, Airborne cooling, Site visit, County residence of Vänersborg, Heavy building, Heat storage capacity, Indoor climate

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	2
1.1 Syfte	2
1.2 Frågeställning	2
1.3 Avgränsningar	2
2 TEORI	3
2.1 Byggnadsminne	3
2.1.1 Statliga byggnadsminnen	3
2.1.2 Byggnadsminnen enligt kulturmiljölagen	4
2.1.3 Plan- och bygglagen	4
2.2 Ventilation	5
2.2.1 Inomhusmiljö	5
2.2.2 Kyligt på arbetsplatsen	5
2.2.3 För varmt på arbetsplatsen	5
2.2.4 Buller	6
2.2.5 Hög koldioxidhalt	6
2.2.6 Hygienluftflöde	6
2.2.7 PMV och PPD-Index	6
2.3 Ventilationssystem	6
2.3.1 Självdragssystem (S)	7
2.3.2 Frånluftssystem (F)	7
2.3.3 Från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX)	7
2.4 Styrningsprinciper	8
2.4.1 Constant Air Volume (CAV)	8
2.4.2 Variable Air Volume och Demand Controlled Ventilation (VAV och DCV)	8
2.5 Nattkylning	8
2.6 Byggnadsparametrar	9
2.6.1 Fönsters g-värde	9
2.6.2 Solavskärmning	9
2.6.3 U-värden	9
2.6.4 Köldbryggor	9
2.6.5 Tidskonstant	10
3 METOD	11

3.1	Kvalitativ innehållsanalys	11
3.2	Deltagande observation	11
3.3	Litteraturstudie	11
3.4	Illustrationsverktyg	11
3.4.1	Handritning	12
3.4.2	Revit	12
3.4.3	Paint 3D	12
3.5	Beräkningar	12
3.5.1	Simuleringsprogram	12
3.5.2	Beräkningsprogram	13
3.6	Dimensioneringsprincip	13
3.6.1	Dimensioneringsprincip kanaler	13
3.6.2	Dimensioneringsprincip för ventilationsaggregat	14
4	OBJEKTBESKRIVNING	15
4.1	Residenset i Vänersborg	15
4.1.1	Residensets kulturmärkning	16
4.1.2	Befintliga ventilationen i länsresidenset	17
4.2	Byggnadsförutsättningar	18
4.2.1	Byggnadsdelar	18
4.3	Renoveringsförutsättningar	19
4.3.1	Krav från samarbetspartner	19
4.3.2	Övriga förutsättningar	19
4.3.3	Nattkylning	20
5	RESULTAT	21
5.1	Ventilationslösning för residenset	21
5.2	Rumsresultat för VAV och CAV	22
	VAV (Variable Air Volume)	23
5.2.2	CAV (Constant Air Volume)	26
5.3	Placering av luftbehandlingsaggregat och kanaldragning	26
5.4	Extern tryckfall i ventilationssystemet	27
5.5	Val av luftbehandlingsaggregat	28
5.6	Energiberäkningar och rumskomfort	29
5.6.1	VAV (Variable Air Volume)	29
5.6.2	CAV (Constant Air Volume)	30
6	DISKUSSION OCH ANALYS	31
6.1	Var det svårare att utveckla ett ventilationssystem för en byggnad med skyddsföreskrifter kontra en byggnad utan?	31
6.2	Vad kan förbättras?	31
6.3	Jämförelser mellan olika ventilationsstyrningar	32

7	SLUTSATS	33
8	LITTERATURFÖRTECKNING	34
9	BILAGOR	38

Förord

Detta examensarbete har genomförts under våren 2020 som en avslutande del av högskoleingenjörsutbildningen inom Samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har genomförts på avdelningen för installationsteknik och i samarbete med företaget WSP.

Vi vill rikta ett tack till vår handledare på Chalmers, Anders Trüschel för idén om att rikta in oss på kulturmärkta byggnader samt vägledning och stöd genom arbetet. Vi vill även tacka WSP, främst vår handledare Tomas Utterhall som gett oss vägledning och resurser för att genomföra detta arbete, men även de konstruktörer och antikvarier som hjälpt oss med deras expertis. Sist vill vi även tacka EQUA för att de gav oss möjligheten att få nyttja deras studentlicens av IDA ICE.

Göteborg juni 2020
Albin Arvidsson
Robert Käck

Beteckningar

AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
BBR	Boverkets byggregler
CAV	Constant air volume
DCV	Demand controlled ventilation
DX	Direct expansion
FT	Från- och tilluftssystem
FTX	Från- och tilluftssystem med värmeväxlare
IDA ICE	IDA Indoor Climate and Energy
KML	Kulturmiljölagen
PBL	Plan- och bygglagen
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage dissatisfied
PPM	Parts per million
S	Självdraagsystem
SFP_v	Specific fan power under validation conditions
TST	Total solar transmission
VAV	Variable air volume
U-värde	
R_{si}	Variabel beteckning för invändigt värmeövergångsmotstånd.
R_{se}	Variabel beteckning för utvändigt värmeövergångsmotstånd.
g_{sys}	Variabel beteckning för faktorn som beskriver ett fönstersystems ljusgenomsläpp.
Wh	Variabel beteckning för antal watt förbrukade under loppet av en timme.

1 Inledning

Kulturmiljöer visar hur människan har format nu- och dåtidens miljöer och ger oss en inblick i hur människans liv har ändrats över tiden. Det är viktigt att se till att de kulturhistoriska miljöerna nyttjas och blir en del av dagens samhälle (Riksantikvarieämbetet, 2020).

Att bevara kulturhistoriska miljöer har länge varit aktuellt, redan 1666 stiftades den första lagen om bevarande av fornminnen och lämningar och kallades ”Placat och Påbudh om Gamble Monumenter och Antiquiteter”. Det har efter det stiftats ett antal lagar som ska skydda det kulturhistoriska arvet (Nationalencyklopedin, u.å.).

I Sverige ökar antalet byggnadsminnen varje år och det finns idag över 2400 skyddade miljöer och anläggningar varav 280 av dessa är statliga byggnadsminnen (Riksantikvarieämbetet, 2020).

Samtidigt som antalet byggnadsminnen ökar, blir även kraven på inomhusmiljön högre i dagens samhälle. De nya kraven på inomhusmiljö kan stå i direkt konflikt med de skyddsbestämmelser som tillkommer när en byggnad förklaras som byggnadsminne. Att göra förändringar på en byggnad som förklarats som ett byggnadsminne kan därför innebära mer komplexa lösningar på enklare problem (Statens fastighetsverk, u.å.b).

1.1 Syfte

Exjobbet syftar till att undersöka vad det innebär att renovera en så kallad kulturmärkt byggnad, främst avseende lösningar på att uppfylla ventilationskrav. En byggnads ventilationskrav är baserade på vilken typ av verksamhet som bedrivs i byggnaden. Då en ny typ av verksamhet skall etablera sig i byggnaden kan ventilationskraven komma att ändras. Problematiken som uppstår när man ska renovera en kulturmärkt byggnad är att det inte alltid är tillåtet att göra omfattande förändringar i och med att dessa kan påverka det kulturhistoriska värdet som byggnaden besitter. Syftet med arbetet är att försöka finna en ventilationslösning som lever upp till ventilationskraven utan att påverka det kulturhistoriska värdet. Uppsatsen kommer även att behandla vad begränsningarna för en kulturmärkt byggnad faktiskt innebär.

1.2 Frågeställning

- Vad för begränsningar kan en kulturmärkning på en byggnad innebära?
- Hur går man till väga för att projektera ett ventilationssystem i en kulturmärkt byggnad?

1.3 Avgränsningar

Detta examensarbete kommer endast behandla projekteringen av ett ventilationssystem i den norra flygeln som tillhör länsresidenset i Vänersborg.

2 Teori

2.1 Byggnadsminne

All befintlig bebyggelse i Sverige skyddas av ett allmänt varsamhetsskydd i PBL. Byggnader, miljöer och anläggningar kan alla vara byggnadsminnen. Syftet med byggnadsminnen är att bevara det historiska värde som en byggnad eller miljö besitter så att människor i nutiden och framtiden säkerställs en del av kulturarvet. För att en byggnad skall kunna klassificeras som ett kulturminne måste den vara fast förankrad i marken (Riksantikvarieämbetet, 2014).

Det finns två olika typer av byggnadsminnen, statligt byggnadsminne och byggnadsminne enligt kulturmiljölagen (Riksantikvarieämbetet, 2020). Under kulturmiljölagen finns även skydd av fornminnen och kyrkliga kulturminnen (Riksdagen, 2020).

2.1.1 Statliga byggnadsminnen

Statliga byggnadsminnen ägs och förvaltas av staten och det är regeringen som beslutar efter en framställning från Riksantikvarieämbetet om en byggnad ska förklaras till statligt byggnadsminne enligt förordningen (2013:558). Om en byggnad förklaras som statligt byggnadsminne ska Riksantikvarieämbetet ta fram skyddsbestämmelser till fastigheten. Motsätter sig den myndigheten som förvaltar fastigheten skyddsbestämmelserna som tagits fram, överlämnas ärendet för beslut till regeringen. Skyddsbestämmelserna kan ändras eller helt upphävas om det finns särskilda skäl för detta. Särskilda skäl kan innebära att byggnadsminnet medför hinder, olägenheter eller kostnader som inte står i rimligt förhållande till byggnadsminnets betydelse. Riksantikvarieämbetet skall då efter ansökan av den myndighet som förvaltar fastigheten besluta om skyddsbestämmelserna skall ändras eller hävas, detta beslut går inte att överklaga (Riksdagen, 2014).

Alla ändringar av byggnadsminnet är inte tillståndspliktiga, utan endast de som innefattas av skyddsbestämmelserna.

Exempel på tillståndspliktiga åtgärder för byggnader:

- ”Riva, flytta
- Bygga om, bygga till eller på annat sätt ändra exteriör
- Göra ingrepp i, ändra eller komplettera stommen (dvs. bärande delar och konstruktioner) eller andra byggnadsdelar
- Ändra äldre planlösning/rumsindelning
- Göra ingrepp i, ändra eller komplettera fast inredning, till exempel: snickerier, dörrar, fönster, listverk, trappor, räcken, golvbeläggning eller kakelugnar.
- Ändra eller göra nya installationer, som el- och rördragningar, ventilation
- Byta material eller färgtyp till annat
- Ta bort, ändra, täcka över eller måla över särskilt utpekade ytskikt
- Ändra färgsättning
- Tillfoga utvändiga lösa tillskott som påverkar byggnadens karaktär eller arkitektoniska helhetsverkan, som skyltar, vepor, markiser, eller antenner.

- Konservera eller underhålla skyddade delar av objektet eller material och metoder som inte anpassade till objektets egenart.” (Riksantikvarieämbetet, 2010)

Riksantikvarieämbetet är den myndighet som har ansvar för tillsynen av de statliga byggnadsminnena för att säkerställa att förordningen (2013:558) om statliga byggnadsminnen efterlevs (Riksdagen, 2014).

Om ett statligt byggnadsminne ska överlåtas måste den myndigheten som förvaltar fastigheten få godkännande av Riksantikvarieämbetet. Motsätter sig Riksantikvarieämbetet överlåtandet krävs det istället ett godkännande från regeringen. Om ett statligt byggnadsminne överlåts till någon annan än staten ska den fastigheten gälla under lagen om byggnadsminne enligt kulturmiljölagen (Riksdagen, 2014).

2.1.2 Byggnadsminnen enligt kulturmiljölagen

Att väcka en prövan för att förklara en byggnad eller ett bebyggelseområde som byggnadsminne enligt kulturmiljölagen kan gemene man göra, däremot är det länsstyrelsen som avgör om byggnaden ska bli kulturmärkt eller inte.

Att klassificera en byggnad som kulturmärkt innebär att det stiftas skyddsbestämmelser som den befintliga fastighetsägaren måste förhålla sig till vad gäller förändring av byggnadens och ibland även områdets utseende och skick. Dessa bestämmelser utformas av länsstyrelsen och får inte innebära en omfattning mer än att endast byggnadsminnets kulturhistoriska värde bevaras (Riksdagen, 2020).

Vad bestämmelserna innebär är olika för varje byggnad och område och innehåller beskrivningar på hur byggnaden och området skall underhållas, samt i vilka avseenden man får ändra på byggnaden (Riksdagen, 2020).

2.1.3 Plan- och bygglagen

I detaljplanen skiljer man bestämmelserna som byggnaden besitter till varsamhetsbestämmelser och skyddsbestämmelser, där skyddsbestämmelser enligt (Boverket, 2002) beskrivs: ”Skyddsbestämmelser och förbud mot rivning får meddelas beträffande sådan kulturhistoriskt värdefull bebyggelse som avses i 3 kap. 12 § PBL. Skyddsbestämmelser får omfatta bland annat: interiörer, byggnaders konstruktion, underhåll samt tomter och allmänna platser av mycket stort värde från till exempel: historisk, konstnärlig eller ekologisk synpunkt.”

Vid ändring av områden eller byggnader, ska detta alltid göras varsamt så att kulturvärdet tas tillvara på. För att underlätta för fastighetsägare tar kommunen fram varsamhetsbestämmelser för varje skyddat objekt. Varsamhetsbestämmelser tydliggör vad som får göras i ett aktuellt område och beskrivs i detaljplanen eller i områdesbestämmelser av kommunen. Varsamhetsbestämmelser ska göra det lättare för fastighetsägare att förstå vad varsamhetskraven innebär för just deras område (Boverket, 2019). Till skillnad från varsamhetsbestämmelserna är skyddsbestämmelserna mer detaljerade och det kan finnas rätt till ersättning för ägare och innehavare av särskild rätt till fastigheten om skyddsbestämmelser enligt kap 3. 10 § KML.

1. ”Utgör hinder för rivning av en byggnad och skadan därav är betydande i förhållande till värdet av berörd del av fastigheten, eller
2. På annat sätt innebär att pågående markanvändning avsevärt försvåras inom berörd del av fastigheten.” (Boverket, 2019a; Riksdagen, 2020).

Fastighetsägare till byggnadsminnen kan ansöka om bidrag för de antikvariska överkostnader som kan ske vid restaurering av ett byggnadsminne (Riksantikvarieämbetet, 2020).

I detaljplanen illustreras varsamhetsbestämmelser med beteckning (k) och skyddsbestämmelser med beteckning (q) (Hansen, u.å.).

2.2 Ventilation

Att inomhusluften på arbetsplatser och personalutrymmen är ren och fri från hälsovådliga föroreningar är ett krav i Sverige, och det är i arbetsmiljöverkets föreskrifter som dessa krav beskrivs. Om kraven för luftkvalité för en byggnad med en viss verksamhet inte uppfylls har arbetsmiljöverket rätt att förbjuda uthyrning av lokalen till den typen av verksamhet (Arbetsmiljöverket, Ansvar för ventilation, 2020d).

Verksamheter som använder produkter som avger farligare ämnen har högre krav på luftförling än exempelvis ett kontor. Exempel på verksamheter med strängare krav på luftkvalité är byggverksamheter, industrier, frisörsalonger och nagelsalonger (Arbetsmiljöverket, Luft och ventilation, 2020e).

2.2.1 Inomhusmiljö

För alla människor som arbetar inomhus är det viktigt att denna miljö är bra. Det finns flera parametrar som påverkar hur inomhusmiljön upplevs (Arbetsmiljöverket, 2019):

- Temperatur
- Drag & Buller
- Högt koldioxidhalt
- Lukter

2.2.2 Kallt på arbetsplatsen

Vid en arbetsplats är det viktigt att den omgivande innetemperaturen är varken för varm eller för kall. En persons koncentrationsförmåga kan komma att försämrast då innetemperaturen är för kall, vilket kan leda till att fler misstag och olyckor kan ske. När kroppen utsätts för kyla ökar även risken för belastningsskador, nedsatt muskelfunktion samt sämre kraft och precision (Arbetsmiljöverket, 2020b).

2.2.3 För varmt på arbetsplatsen

Ett varmt klimat är väldigt påfrestande för kroppen, inte minst för hjärtat. Människor med underliggande sjukdomar är extra känsliga för ett varmt inneklimat. Beroende på vilken fysisk aktivitet som arbetet innebär kan för hög temperatur vara skadlig. Under sommaren kan den relativa fuktigheten vara väldigt hög och ett av kroppens vanligaste sätt att reglera temperatur, svettningar, är mindre effektivt då. Bortsett från de direkta skador som en för hög temperatur kan leda till bidrar värme, precis som kyla till försämrast arbetsförmåga och ökad risk för olycksfall (Arbetsmiljöverket, 2020b).

2.2.4 Buller

Buller definieras som ”oönskat ljud” och omfattas av både skadligt och störande ljud. När en person utsätts för buller kan det resultera i trötthet, stress, försämrade prestationsförmåga, högre blodtryck och utsöndring av stresshormoner. (Arbetsmiljöverket, En bra ljudmiljö lönar sig, 2017) För att upprätthålla en bra ljudmiljö rekommenderar Arbetsmiljöverket att sätta en gräns på hur hög ljudnivån bör vara på en arbetsplats. Arbetsmiljöverket beskriver denna i AFS 2005:16 och den övre rekommenderade gränsen på buller för kontorsarbete är 40 dB A-vägd (Arbetsmiljöverket, 2005).

2.2.5 Hög koldioxidhalt

När man mäter luftkvalité på icke-industriella arbetsplatser är koldioxidmätning en vanlig metod. Det finns fler indikatorer, såsom kroppsodörer med mera, men dessa är svårare att mäta. Rekommenderat värde för koldioxidhalten i luften är 1000 ppm. 1000 ppm är ett rekommenderat värde och kan därför överskridas under förutsättningen att det överskrids under en kortare period. (Arbetsmiljöverket, Arbetsplatsens utformning, 2018) Risker att koldioxiden försämrar hälsan uppstår då medelvärdet för en arbetsdag uppgår till 5000 ppm (Arbetsmiljöverket, 2020a).

2.2.6 Hygienluftflöde

Det finns många faktorer som påverkar luftkvalitén och eftersom vissa av dessa är svåra att mäta har man i BBR bestämt ett lägsta tillåtna flöde för en byggnad. För att upprätthålla ett godkänt flöde skall alla ytor i en lokal ventileras med ett flöde på $\frac{0,35 \cdot l}{m^2 \cdot s}$ (Boverket, 2015) och vid ytor där människor vistas mer än tillfälligt rekommenderas det av Arbetsmiljöverket ett ytterligare flödetillskott på $\frac{7 \cdot l}{s \cdot person}$ (Arbetsmiljöverket, 2020c).

2.2.7 PMV och PPD-Index

Alla människor är olika och upplever det termiska inneklimatet olika, detta gör det väldigt svårt att skapa det optimala inneklimatet. För att göra en uppskattning på hur många människor som kommer trivas med ett visst inneklimat har en internationell standard tagits fram, ”SS EN ISO 7730”. I denna standard beskrivs bland annat två termer, PMV och PPD. PMV är en förkortning för ”Predicted Mean Vote”. PMV beskrivs på en 7-gradig skala mellan +3 och -3, där ett värde på +3 anses vara hett, -3 anses vara kallt och neutralt vid ∓ 0.5 .

PPD är på engelska en förkortning för ”Predicted percentage of dissatisfied” och är ett index som beskriver andelen som förväntas vara missnöjda med det termiska klimatet (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

2.3 Ventilationssystem

Det finns idag olika alternativ till ventilationssystem för att uppnå både krav på luftkvalité samt termisk komfort i byggnaden. De flesta nya byggnader består idag av mekanisk ventilation och inte sällan är dessa försedda med värmeåtervinning, ett så kallat FTX-system. Många äldre byggnader använder sig av självdragssystem. De tre

vanligaste systemen i Sverige är självdrag-, frånluft- och FTX-system (Warfvinge & Dahlblom, 2010a).

2.3.1 Självdragssystem (S)

Självdragsventilation var mycket vanligt i byggnader före 1970-talet. Vid självdragsventilation utnyttjar man att ventilationen styrs av termiska krafter. Den kallare uteluften tas in genom uteluftsventiler och otätheter i klimatskalet som sedan värms upp i bygganden och förs ut genom byggnaden i frånluftskanaler. Det uppstår då ett undertryck i byggnaden och luften infiltrerar genom otätheterna i byggnaden. Självdrag fungerar bäst under den kalla tiden på året, men ventilationen kan helt utebliva vid den varma tiden av året när temperaturen blir varmare eller densamma inne som ute. En nackdel med självdragssystem är att den luft som tas in inte kan filtreras från föroreningar. Fördelen med självdragssystem är dess billiga installation och låga driftkostnader (Warfvinge & Dahlblom, 2010b).

2.3.2 Frånluftssystem (F)

På samma sätt som i självdragssystem tar man in luft genom otätheter i klimatskalet, men istället för att låta principen av att varm luft stiger föra ut luften ur byggnaden, använder man sig av frånluftsfläktar som suger ut luften. Frånluftsdonen sitter oftast i utrymmen där människor vistas i mindre utsträckning. Alla frånluftsdon injusteras så att de tar ut rätt mängd luft. Nackdelen med äldre frånluftssystem är densamma som för självdragsventilation, där luften inte filtreras innan den tas in. Nuförtiden installeras oftast tilluftsdon i ytterväggarna med filter för att ta bort en del av den förorenade luften (Warfvinge & Dahlblom, FRÅNLUFTSVENTILATION, TYP F, 2010c).

2.3.3 Från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX)

FTX-system är det mest kontrollerade och kostnadseffektiva ventilationssystem som finns tillgängligt idag. Där både till- och frånluften är fläktstyrd och man kan enkelt bestämma hur mycket luft som ska tas in och ut ur byggnaden, vilket ger ett bra inneklimat. Ett FTX-system är uppbyggt av ett kanalsystem där det skickas in frisk och renad luft i delar av byggnaden där människor i stor utsträckning befinner sig, luften tas senare ut antingen centralt eller lokalt, där centralt frånluftssystem kan innebära att den större delen av luften i byggnaden tas ut från få zoner, vilket kan jämföras med lokalt frånluftssystem, där varje zon kan ha både till- och frånluft.

Det som skiljer ett FTX-aggregatet ifrån ett vanligt ventilationsaggregat är att det innehåller en värmeåtervinnare som frånluften passerar genom och avger sin värmeenergi, som sedan används för att värma upp den kalla uteluften som tas in. Fördelen med ett bra injusterat och installerat FTX-system är att det ger stora energibesparingar och bättre inomhusklimat än både från- och självdragssystem både på sommar och vinter (Warfvinge & Dahlblom, TILL- OCH FRÅNLUFTSVENTILATION ÅTERVINNING, TYP FTX, 2010d).

2.4 Styrningsprinciper

Oftast så är det dimensionerande luftflödesbehovet högre än det genomsnittliga behovet för en viss zon, energianvändningen kan därför variera mycket beroende på val av styrningsprincip för ventilation. De tre huvudprinciperna som används inom reglering av ventilation är CAV, VAV och DCV (Warfvinge & Dahlblom, LUFTBUREN KYLA, 2010e).

2.4.1 Constant Air Volume (CAV)

CAV är den enklaste typen av styrning när det kommer till ventilation och ger ett konstant luftflöde oberoende på variationer av värme- och personbelastningar. Fördelen med CAV-system är att det är billigt att installera och har en enkel styrning. Det som går att justera i ett CAV-system är inblåsningstemperatur och när systemet ska vara avstängt. Problematiken som kan uppstå vid användning av ett CAV-system är att samma luftflöde skickas in oberoende av temperaturförändringar eller CO_2 -haltförändringar, vilket medför en högre energiförbrukning än vad som behövs för ett VAV- eller DCV-system (Warfvinge & Dahlblom, CAV-system, 2010f).

2.4.2 Variable Air Volume och Demand Controlled Ventilation (VAV och DCV)

Med ett VAV-system kan man anpassa flödet så att det varierar över drifttiden. Flödet regleras antingen efter temperatur eller CO_2 -halt. Flödet regleras lokalt med hjälp av motordrivna spjäll eller motordrivna tilluftsdon (Warfvinge & Dahlblom, VAV-system, 2010g).

Med ett DCV-system regleras luftflöden och temperatur efter behov och personnärvaro i det aktuella rummet. För att uppskatta behovet placeras en mätare för koldioxid och temperatur i varje zon, ett DCV-system ger därför bättre komfort och lägre energiförbrukning än både VAV- och CAV-system.

I en jämförelse mellan CAV, VAV och DCV-system i en specifik lokal visad det sig att ett enklare on/off VAV-system kunde sänka flödet med 72% medan DCV kunde sänka det med 84% i jämförelse med ett CAV-system (Jacobsson, 2019).

2.5 Nattkylning

Kontor har ofta värmeöverskott under dagen och det finns olika alternativ för att minska kylbehovet under dagen. En av metoderna kan innebära att man använder sig utav nattkylning. Kylbatteriet stängs då av i ventilationsaggregatet och man tar in kall uteluft som kyler ner byggnadens stomme. Kylan som lagras under natten kan senare nyttjas på dagen, då har stommen kylts ned och en del av överskottsvärmen går då åt för att värma upp stommen, vilket i sin tur sänker kylbehovet.

För att få ut mycket effekt från denna princip är det vanligt att byggnadsdelarna som exponeras mot rumsluften har hög värmetröghet. Fläkteffekt som går åt under natten är oftast marginell om man jämför med kyleffekten som man sparar under dagen (Warfvinge & Dahlblom, VÄRMELAGRINGSFÖRMÅGA OCH NATTKYLA, 2010h).

2.6 Byggnadsparametrar

2.6.1 Fönsters g-värde

För att beräkna avgiven effekt av solinstrålning använder man sig utav ett fönsters g-värde, även kallat absorptionsfaktor. G-värdet beskriver den mängd solljus som passerar genom fönstret och kallas ibland total transmittans, TST. (Warfvinge & Dahlblom, Begränsning av solvärmestillskott, 2010)

2.6.2 Solavskärmning

Fönster vid olika väderstreck kan vara mer utsatta än andra, i Sverige innebär detta att ett fönster i syd- eller östläge har en större belastning av solinstrålning än fönster belägna i ett norr- eller västläge. För att reducera mängden solenergi som byggnaden absorberar på grund av den höga solbelastningen använder man sig av solavskärmningar. Att solavskärma ett fönster kan innebära man använder sig av yttre solskydd, mellanliggande solskydd, inre solskydd och solskyddsglas (Warfvinge & Dahlblom, Begränsning av solvärmestillskott, 2010). Varje solavskärmning har, precis som ett fönster, en absorptionsfaktor. Genom att multiplicera de alla komponenternas absorptionsfaktorer(g-värden), som ingår i systemet, erhålls systemets totala absorption, g_{sys} . (Hellström, Kvist, & Rosencrantz, u.å)

2.6.3 U-värden

En byggnads alla element består av olika material med olika dimensioner och varje material har en värmekonduktivitet. Genom att multiplicera värmekonduktiviteten med tjockleken av materialet beräknas lagrets värmemotstånd. När värmemotstånd för element skall beräknas inkluderas även ett invändigt och utvändigt värmeövergångsmotstånd, R_{si} respektive R_{se} . Inverterar man lagrets värmemotstånd har man beräknat lagrets U-värde. U-värden används för att uppskatta ett materials förmåga att isolera, där ett lågt U-värde representerar bra isolerförmåga. (Hagentoft C.-E. , 2001)

2.6.4 Köldbryggor

Köldbryggor uppstår då byggnadselement ansluts i varandra. En köldbrygga ger upphov till att värme läcker ut ur klimatskalet, i värsta fall kan det även uppstå fuktproblem vilket kan ge allvarliga konsekvenser på byggnadens beständighet. (Hagentoft C.-E. , 2001)

2.6.5 Tidskonstant

Vilket material som används när man bygger kan vara en viktig parameter. För att beskriva vilken påverkan materialval i en byggnad kan ha på inomhusklimatet använder man sig utav byggnadens tidskonstant. Tidskonstanten är ett mått på hur en byggnad klarar av att hålla temperaturen inomhus då det sker stora temperaturvariationer utomhus.

Tidskonstanten beror på byggnadens värmekapacitet och klimatskärmens värmeförluster samt ventilationsförluster. En tung byggnad har en hög värmekapacitet vilket medför en högre tidskonstant, medan en lätt byggnad har en låg värmekapacitet vilket ger en lägre tidskonstant (Petersson, Lufttemperatur, 2013).

3 Metod

I detta kapitel beskrivs de metoder som använts för att besvara arbetets frågeställning.

3.1 Kvalitativ innehållsanalys

För att kunna påbörja analysen av byggnaden har granskning av dokument varit nödvändigt, dessa har erhållits av WSP och varit användbara för arbetets gång. Byggnadens alla dimensioner, rumsareor, byggnadsarea, takhöjd, och fönsterstorlekar har baserats på dessa dokument. Vissa ändringar har gjorts jämfört med de tillgängliga ritningarna och då har ett besök på plats varit nödvändigt för att komplettera dokumenten.

3.2 Deltagande observation

Ett besök till residenset i Vänersborg genomfördes för att få en bättre bild om byggnaden och området runt omkring den. På plats undersöktes byggnadens alla våningar, inklusive vindsplan och källarplan. På vindsplanet undersöktes hur de befintliga frånluftskanalerna tog ut luft från bygganden och hur det skulle kunna användas till det nya ventilationssystemet. På vindsvåning kunde det fastställas att stommen bestod av tegel. Det undersöktes även om det fanns möjlighet till att placera ett ventilationsrum på vindsplanet och var det skulle placeras.

Det fastställdes att kontorsverksamhet verkade på plan 1 och 2, medan källarvåning användes till stor del som förråd. Det undersöktes var frånluften togs ut från rummen och storleken på dessa kanaler och galler.

För att ta reda på värmeöverskottet som tillkommer från solljus undersöktes fönster och dess solavskärmning. Även antalet arbetsplatser i varje kontorsrum för att göra en uppskattning på personvärmeavgivningen.

Övriga observationer av byggnaden gjordes för att avgöra komponenterna av de olika byggnadselementen.

3.3 Litteraturstudie

Då kunskap inom området varit bristfällig har relevant litteratur undersökts. Hur byggnadens konstruktion ser ut samt vilket material som använts har ej framgått av dokument.

Byggnadsmodellen som tagits fram är baserad på en bok som beskriver hur man byggde hus mellan år 1880 och 2000.

Tryckfallsberäkningar har genomförts med underlag från teknisk litteratur inom installationsteknik.

Materialdata är hämtade från litteratur med byggnadstekniskt innehåll.

3.4 Illustrationsverktyg

Nedan beskrivs de metoder som använts för att placera aggregatet på en lämplig plats, samt hur slutresultatet illustreras.

3.4.1 Handritning

Handritningar används i en stor utsträckning i arbetet för att finna en optimal placering av ventilationssystemet på vindsplan.

3.4.2 Revit

Den slutliga ritningen som producerats via handritningar har överförs till CAD-programmet Revit, för att enklare illustrera hur vindsplan ser ut efter installation.

3.4.3 Paint 3D

För att illustrera samtliga rums specifika flöden, flödes hastigheter samt ljudalstring orsakade av friktioner i kanalen har bilder tagits på IDA-modellen för att senare redigeras i Paint 3D. Detta bedömdes vara mer tidseffektivt än att rita upp hela byggnaden i Revit.

3.5 Beräkningar

För att undvika att arbetet blir för stort, och för att få mer exakta resultat har ett beslut tagits om att inte handberäkningar skall användas i någon större omfattning. För att göra beräkningarna som arbetet innefattar har två verktyg primärt använts under arbetets gång, IDA ICE 4.8 och Esbo Light. I början av arbetet gjordes alla beräkningar för hand, detta kom att ändras då det blev tydligt hur stort arbetet skulle bli om det räknades för hand.

Ersättaren till handberäkningarna blev det något enkla programmet Esbo Light, detta program hade inte stöd för mer än ett rum och vi gick då vidare från även denna typ av lösning. Till slut erhöles en licens till IDA ICE 4.8 och är verktyget som genererat alla resultat som presenteras i detta arbete.

3.5.1 Simuleringsprogram

3.5.1.1 IDA Ice 4.8

Under arbetets gång har IDA Ice varit det primära simuleringsverktyget. Detta på grund av programmets förmåga att göra simulationer för hela byggnader. Programmet har stöd för att ändra alla material i samtliga byggnadselement, detta för att kunna ta hänsyn till värmelagringskapaciteten i diverse material. För att illustrera för programmet hur rumsplaceringarna på en yta ser ut placerar man ”zoner”, i dessa zoner kan man definiera antalet människor som verkar stadigvarande, då kylning samt värme slås på, antal watt som genereras av belysning med mera. För att beräkna de parametrar som är nödvändiga för att genomföra arbetet genomförs simulationer för kylbehovet och energibehovet i byggnaden.

För att få ut erforderligt flödesbehov har simulationer genomförts för både CAV och VAV, CAV med inställning att endast undersöka effekt samt resulterande temperatur vid ett lägsta tillåtet flöde (hygienflöde). VAV när ovan nämnda krav alla uppfylls. Programmet har gjort beräkningar för den värsta dagen, för diverse rum, resultatet kan användas för att dimensionera storleken på ventilationskanalerna som leder in i rummet. Även för VAV har en energiberäkning genomförts för att jämföra resultatet med CAV.

Alla parametrar som presenteras i IDA Ice's sammanfattning är inte intressanta, de som eftersöks presenteras i punktform nedan

- PPD
- Dimensionerande luftflöde per rum
- Högsta luftflöde genom aggregatet
- CO₂-halt i rummen
- Temperatur i rummen
- Temperatur i aggregatet
- Kyleffekt via luftbehandling
- Årsenergiförbrukning i aggregatet.

3.5.1.2 Esbo Light

Esbo Light är ett gratis simulationsprogram som gör simuleringar för ett fyrkantigt rum. Simuleringar av kylbehov, värmebehov etcetera är några utav de saker som kan utredas. Innan en licens erhöles för IDA ice så användes Esbo light för att ta fram kylbehovet för varje rum i byggnaden. Simulationer gjorda i ESBO light har inte använts för att nå några av de presenterade slutresultaten.

3.5.2 Beräkningsprogram

3.5.2.1 Microsoft Excel

Microsoft Excel är ett kalkylprogram och har i detta projekt varit grunden för handberäkningarna som genomförts. I Microsoft Excel har beräkningar utförts för tryckfall orsakade av friktionsförluster i kanalsystemet.

3.5.2.2 Sweden Group Suite

Sweden Group Suite är ett program som är utvecklat av Swegon AB och innehåller många av deras tillgängliga ventilationsaggregat. I arbetet användes detta program för att välja ett aggregat med lämplig storlek och för att beräkna dess SFPv-värde.

3.6 Dimensioneringsprincip

I denna del nämns vilka parametrar som varit relevanta för att dimensionera kanalerna och aggregatet som används i den slutliga lösningen.

3.6.1 Dimensioneringsprincip kanaler

Samtliga parametrar togs fram i samband med kanalsystemets dimensioneringsförberedelser.

- Maximal tillåten innetemperatur
- Lägsta inblåsningstemperatur
- Väderstreck Fönster
- Area Fönster
- Absorptionsfaktor fönster (g-värde)
- Maximal tillåten ljudalstring
- Endast hygienflöde
- Material i omgivande byggnadselement
- Nattkylning
- Utrymme befintligt kanalsystem

- Byggnadens tidskonstant
- U-värden
- Lufthastighet

Hastigheter i kanaler har anpassats efter beskrivning i boken ”Projektering av VVS-installationer” och beskrivs nedan:

Kanaltyp	Lufthastighet (m/s)
Huvudkanal	6–9
Stamkanal	4–6
Grenkanal	2–4
Anslutningskanal	2

Tabell 2 *En tabell som beskriver eftersträvade hastigheter i ventilationskanaler (Warfvinge & Dahlblom, Dimensionering av kanalsystem, 2010).*

Med hjälp av dessa parametrar har körningar genomförts och kanalstorlekar bestämts.

3.6.2 Dimensioneringsprincip för ventilationsaggregat

De parametrar som används för att bestämma val av ventilationsaggregat fås av att räkna ut det totala tryckfallet till det rum som ger upphov till det högsta tryckfallet.

- Dimensionerande luftflöde
- Aggregatets komponenter
- Kanaldimensioner
- Kanallängder
- Antalet krökar
- Antalet T-rör
- Dimensionsändringar på kanaler
- Av- och utluftshuvar
- Spjäll
- Tryckfall i systemet

Med hjälp av inputen ovan har ett dimensionerande tryckfall kunnat beräknas. Tryckfallet användes för att beräkna ett SFP_v-värde och i projekteringen har det högsta tillåtna värde på SFP_v ansatts till $1,5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3\text{s}}$, detta på grund av boverkets råd om att skärpa det högsta tillåtna SFP_v-värdet (Boverket, 2020).

4 Objektbeskrivning

Vid genomförandet av det här examensarbetet har ett tillämpningsobjekt använts. Objektet som har behandlats är länsresidenset i Vänersborg. Efter att det inkommit klagomål på inneklimatet från de arbetande i byggnaden beslutades det att det befintliga ventilationssystemet skulle ersättas.

4.1 Residenset i Vänersborg

Residenset i Vänersborg har en lång historia och det var landshövdingen Henrik von Vicken som fick tillstånd av Karl XI att bygga residenset år 1688. Det är inte helt klart när residenset stod klart, men troligtvis någon gång i slutet av 1690-talet. Residenset uppfördes i en huvudbyggnad i två våningar och två flyglar i en våning vardera i timmer på en tomt vid den västra delen av torget (Statens fastighetsverk, u.å.a).

Redan 30 år efter att byggnaden stod klar ansågs den förfallen, det skulle dock dröja tills år 1750, när överintendenten Carl Hårleman besökte residenset att besluta att den nuvarande byggnaden skulle ersättas med en mer beständig byggnad. Det nya residenset stod klart 1754 och bestod nu endast av en huvudbyggnad i tre våningar av tegel med suterrängvåning och vind, där fasaden i bottenvåningen var rusticerad och de övriga våningarna bestod av en slät puts. Det är denna huvudbyggnad som står där idag, dock med mindre förändringar i fasaden och en liten tillbyggnad.

År 1777 drabbades Vänersborg av en svår brand som raserade en stor del av staden. Vid återbyggnad av staden uppfördes återigen två flyglar till residenset som knappt 60 år senare skulle skadas av ännu en eldsvåda. Det hade redan innan branden varit aktuellt med en tillbyggnad av residenset, men det var först efter branden det fattades beslut om att det skulle ske. Tillbyggnaden stod klar år 1848 och det var P. Wallström som uppförde planritningarna och Carl Gustaf Blom Carlsson som producerat ritningar av exteriören till byggnaden som betonades av horisontalitet.

I samband med tillbyggnationen revs även de brandskadade flyglarna. Det var efter denna om- och tillbyggnaden som huvudbyggnaden erhöll sitt nuvarande utseende (Nilsson, 2008).

Den 25 januari 1935 fick residenset skydd som byggnadsminnesmärke (Kultur departamentet, 1993).

År 1943–44 uppfördes för tredje gången två flyglar till residenset och det är dessa som står där idag.

Residenset förvaltas och ägs av statens fastighetsverk. Residenset används idag som sammanträdesplats för regionfullmäktige och det är även här regionstyrelsen bedriver sin kontorsverksamhet.



Figur 1 Bild från våren 2020 på den norra flygen av länsresidenset i Vänersborg.

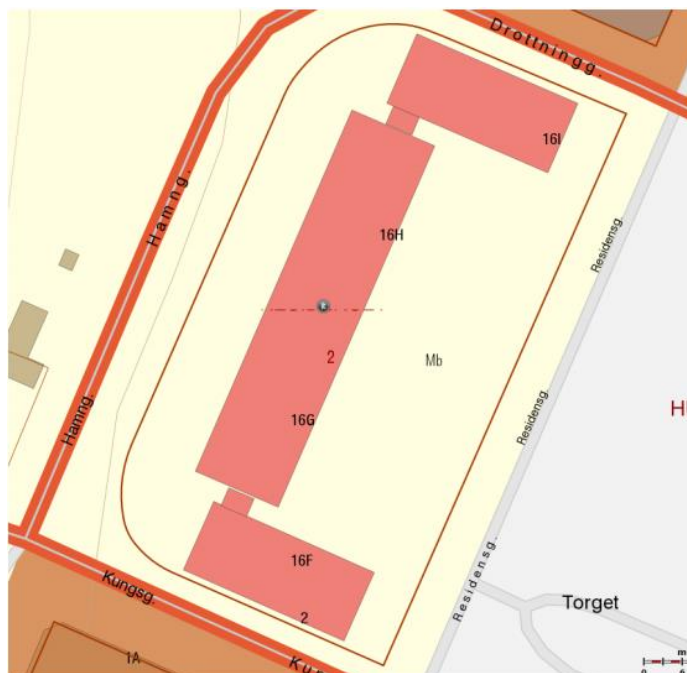
4.1.1 Residensets kulturmärkning

Residenset fick den 25 januari 1935 skydd som byggnadsminnesmärke, och den 11 mars 1993 beslutades det av regeringen att det skulle klassas som statligt byggnadsminne. Det fattades då beslut om vilka avgränsningar och skyddsbestämmelser som skulle gälla ett antal residens i Sverige. De skyddsbestämmelser som beslutades är följande:

1. ”Byggnaden får inte rivas eller till sitt yttre byggas om eller på annat sätt förändras.
2. I byggnadens inre får ingrepp inte göras i stomme, ursprunglig planlösning eller äldre fast inredning.
3. Byggnaden skall underhållas så att den inte förfaller. Vård- och underhållsarbeten skall utföras med traditionella byggnadsmaterial och metoder på ett sådant sätt att byggnadens kulturhistoriska värde inte minskar.
4. Området kring byggnaden får inte ytterligare bebyggas. Sådana åtgärder får inte vidtas med mark och vegetation att närområdets karaktär förvanskas.
5. Om det av särskilda skäl är nödvändigt att ändra byggnadsminnet i strid med skyddsföreskrifterna skall ansökan om tillstånd enligt 6–7 §§ förordningen (1988:1229) om statliga byggnadsminnen m.m. inlämnas till Riksantikvarieämbetet. ”

Riksantikvarieämbetet tog under 2018 fram kartunderlag för bedömning av vissa statliga byggnadsminnens omfattning. Eftersom skyddsbestämmelserna från residenset i Vänersborg är från tidigt 90-tal fanns det behov av att ta fram

kartunderlag för att underlätta bedömningen av skyddsbestämmelsen. Riksantikvarieämbetet har därför gjort en bedömning och tagit fram en karta, se figur 1, för att förtydliga skyddsbestämmelse, punkt 4 (Karlsson, 2018).



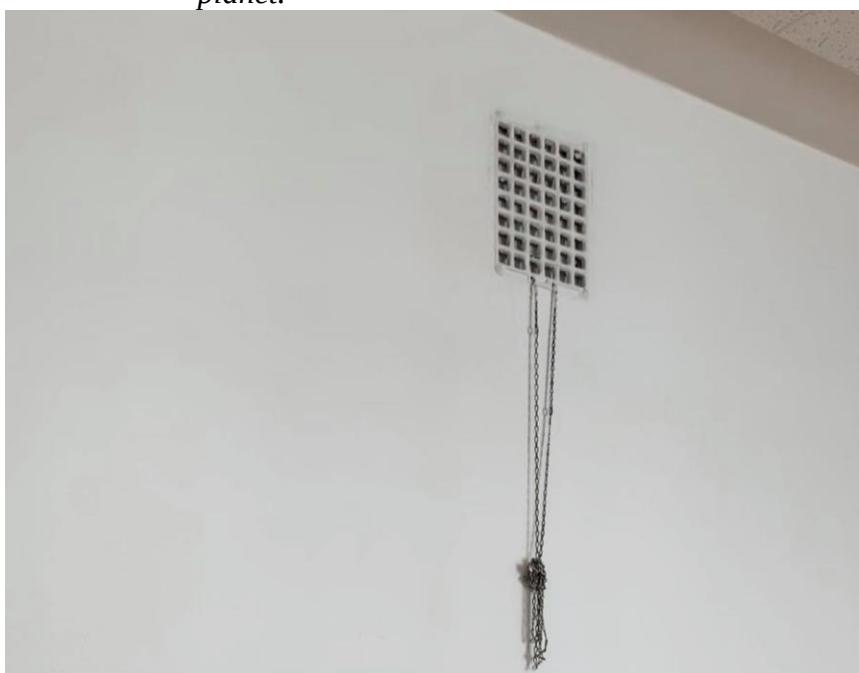
Figur 2 Förtydligande av kartunderlag där den röda linjen runt byggnaden beskriver det avsedda området i skyddsbestämmelserna för punkt 4 (Karlsson, 2018).

4.1.2 Befintliga ventilationen i länsresidenset

Vid besöket av länsresidenset gjordes okulära observationer om hur ventilationen fungerade i byggnaden idag, och hur det befintliga systemet kan användas till så stor grad som möjligt för att inte bryta mot skyddsföreskrifterna som byggnaden besitter. Byggnaden ventileras idag med självdragssystem, där luften tas in i otätheter och ventiler under fönster. Frånluften tas ut genom frånluftskanaler som sitter i takhöjd i varje rum. Frånluftskanaler på södra sidan av flygeln går genom tegelkanaler i bjälklaget som förs över till hjärteväggen där kanalerna går vidare upp till vindsvåningen. Frånluftskanalerna på norra sidan går direkt in i hjärteväggen och upp till vinden. På vindsvåningen samlas kanalerna i en två ventilationsmurar som förs vidare till en av de två skorstenar på vardera sida av huset.



Figur 3 Bilder på vindsplanet med de två kanalmurarna på varsin sida av planet.



Figur 4 Frånluftsgallret som sitter i takhöjd i varje rum.

4.2 Byggnadsförutsättningar

4.2.1 Byggnadsdelar

I ritningarna som finns tillhanda för residensets flyglar framgår det inte hur lageruppsättningarna i diverse byggelement ser ut. Under en okulär besiktning har det dock kunnat fastställas att stommen består av tegel. Byggnaden har genom detta antagits att den byggdes med den metod som var vanligast då byggnaden restes. Modellen som antagits i arbetet är ett så kallat "lamellhus, tegel".

"Hjärtvägg": 25cm tjock betong på källarplan, övriga våningar 1-stens modifierat normaltegel putsat på bägge sidor. Luftkanalerna i kontoren belägna i den norra delen av den norra flygeln går genom hjärtväggen, kontoren i söderläge går via hjärtväggen och förs sedan vidare via ett våningsbjälklag.

Våningsbjälklag: Armerad betongplatta 16cm. kilade reglar 2"x4" och fyllning av koksaska. Brädor ovanpå.

Källarmur: 25cm armerad betong, utvändigt putsat över mark. Invändigt finns en pågjuten 3,5cm träullsplatta som putsats. Källargolvet består av 10cm slipad betong gjuten på uppfyllnad av grus.

Yttermur: Består av 1-stens modifierat normaltegel 25x12x7,5 cm med 5cm träullsplatta på insidan som putsades. Utsidan är putsad med kalkcementputs. Fönsterbröstningarna är inte indragna. ”

Vindsbjälklag: Består av 16cm armerad betong varpå ligger en fyllning av koksaska och ett lager överbetong 5cm – Under platsbesöket pågick en renovering på vindsvåning där vindsbjälklaget renoverade, där noterades att i vindsbjälklaget fanns ett 30cm lager mineralull täckt av golvbrädor och inte ett lager koksaska täckt med ett lager överbetong.

Fönster: 2-glasfönster, antagna värden: 4mm tjockt glas, 20% fönsterkarm. (Björk, Kallstenius, & Reppen, 2003)

Byggnadsdelarnas densitet, värmeledningsförmåga och specifika värmekapacitet som har använts i modelleringen av länsresidenset har hämtats från ett antal olika källor och sammanställts i tabell 1.

Tabell 1 Materialdata för ingående byggnadsdelar (Petersson, 2013; Avén, Lorentson, & Lantz, 1983; EQUA, 2020; Byggnadsvårdsföreningen 2017; Integrated Environmental Solutions Limited, u.å.).

Material	Densitet [kg/m ³]	Värmeledningsförmåga [W/mK]	Specifik Värmekapacitet [Ws/kgK]
Tegel	1500	0,58	840
Träullsplatta	500	0,1	1000
Kalkcementbruk	1800	1	837
Koksaska	700	0,2	850
Betong	2300	1,7	880
Gips	970	0,22	1090
Mineralull	20	0,036	750
Trä	500	0,14	2300
Luft	1,2	0,026	1000

4.3 Renoveringsförutsättningar

4.3.1 Krav från samarbetspartner

WSP har som önskemål att samtliga parametrar tas hänsyn till:

- Frånluftstemperaturen i systemet är bestämd att vara 26 grader.
- Tilluftstemperaturen skall vara 16 grader
- Kylbatteriet skall vara ett DX
- Ljudalstring får ej överstiga 35dB i arbetsrummen
- Nattkyla skall användas förutsatt att den är gynnsam effektmässigt.
- Ventilationsaggregat FTX skall användas
- VAV skall användas i byggnaden
- Ventilation skall gå dygnet runt.

4.3.2 Övriga förutsättningar

- kulturmärkning förhindrar lösningar på andra sätt än att kylning av byggnaden sker genom luft.
- Fönster - placerade i väderstreckets alla riktningar
- Storlekar fönster – 1,34m², 0,75m², 0,5m² och 1,84m²

- U-värden byggnadselement
- Läckage – Standardvärde ($0,8\text{l/sm}^2$)
- Internvärme – Belysning, människor och maskiner.
- Geografisk placering -Vänersborg (Ort och väderdata används för Säve)
- Verksamhet - Kontorsverksamhet
- Tidskonstant för byggnaden – 122,6h
- Luftfuktighet – Lägsta fuktighet 20%, högsta 80%

4.3.3 Nattkylning

Nattkyla skall användas i projektet förutsatt att denna ger upphov ett lägre energibehov än utan. Inställningarna för nattkylan beskrivs nedan:

- Nattkylan går endast igång när utetemperaturen är 12 grader eller högre
- Skillnaden i temperatur mellan från- och tilluft får inte vara lägre än 2 grader
- Nattkylan är aktiv mellan 1 maj och 30 september.
- Måndag-torsdag är nattkylan igång 00–06 och 22–24.
- Fredag är nattkylan igång 00–06.
- Nattkylan är avstängd på lördagen och startar på söndag (och helgdag) 22–24.

5 Resultat

Nedan presenteras två simulationer, eftersom kylning av fastigheten endast kommer ske via tilluft, har även detta tagits hänsyn till. Alla klimatsimulationer har gjorts mellan maj månad och september månad och alla energisimulationer har gjorts över loppet av ett år. Inställningarna som användes för simulationerna ser ut som följande:

Tabell 3 *Inställningarna som användes för simulationerna.*

Nattkyla, (utetemperatur) ($0,35 \frac{l}{s \cdot m^2}$)	Lägsta tillåtna utetemperatur: 12°C	Frånluftstemperatur: 22°C (Tilluftstemperaturen skall även vara 2°C lägre än frånluftstemperaturen)
Innetemperatur, börvärde	Lägsta tillåtna innetemperatur: 18°C	Högsta tillåtna innetemperatur: 26°C
Nattkyla aktiv	Start: 18.00 Vardagar Slut: 06.00 Vardagar	Start: 22.00 Söndag Slut: 06.00 Måndag
Personal tidsschema Utrustning tidsschema Belysning tidsschema	Start: 08.00 Vardagar Slut: 17.00 Vardagar	
Dagskyla lufttemperatur; konstant	16°C	
CO2-gräns	Lägsta värde: 600ppm	Högsta värde 1000ppm

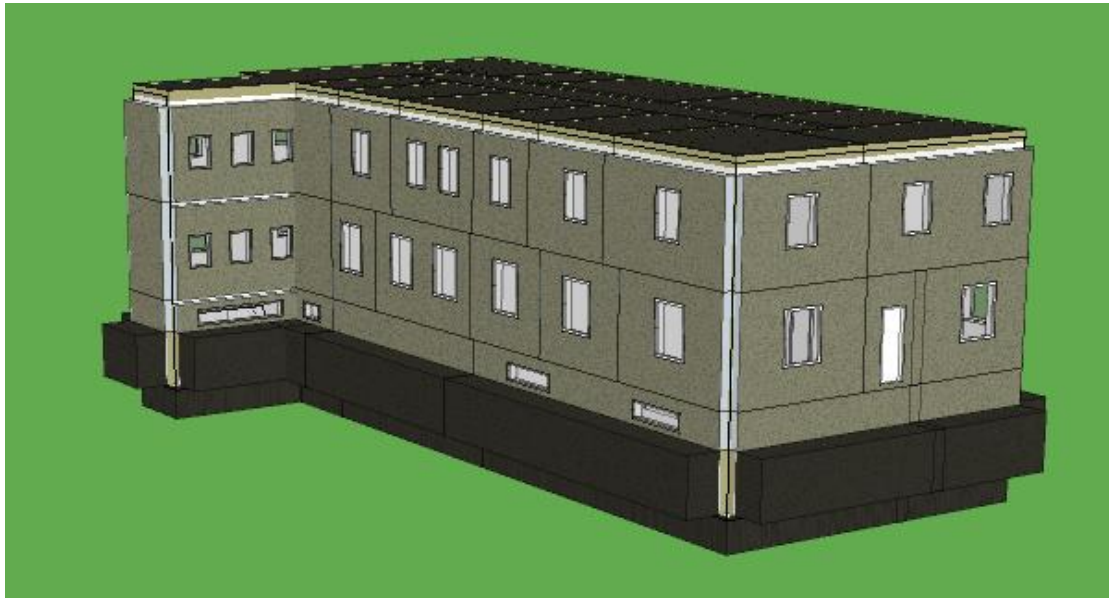
5.1 Ventilationslösning för residenset

Under ett möte har vår idé framförts för en antikvarie på WSP. Idén bedömdes vara rimlig och det är underlag som en antikvarie skulle kunna använda vid framställningen av ett ändringsförslag till en riksantikvarie.

- Temperatur- och koldioxidgivare skall finnas i varje rum.
- Till- och frånluft tas in resp. ut via befintliga skorstenar. För att detta ska gå vill vi riva skorstenen för att göra plats för ventilationskanaler.
- Ett ventilationsrum konstrueras på vindsvåning med gips som skiljevägg, där inne placeras byggnadens ventilationsaggregat.
- Till- och frånluftshuven placeras på taket och skall efterlikna befintliga takhuvar i den mån det går, i vårt exempel använder vi oss utav tilluftshuven ”BRSI” (Bevent Rasch, 2020) som finns att köpa hos ”Bevent Rasch” samt frånluftshuven ”BRSF” (Bevent Rasch, 2020) från samma leverantör.
- Befintliga kanaler återanvänds. Muren på vindsvåningen rivs och i kanaler förs det ned en slang i böjligt kompositmaterial, slangen formas med hjälp av tryckluft och hårdas sedan med hjälp av ånga.
- Frånluften kommer att tas ut ur byggnaden från bestämda områden, frånluftskanalerna placeras i städskrubbar, toaletter, förråd, korridorer och passager.

5.2 Rumsresultat för VAV och CAV

I detta avsnitt presenteras de resulterande luftflödena, flödeshastigheter, ljudalstring samt trivselfaktorn (PPD) för de alla zonerna i fastigheten. Med modellen som producerats i IDA ICE har simuleringar genomförts för att få fram dessa resultat. Denna modell illustreras i figur 5.

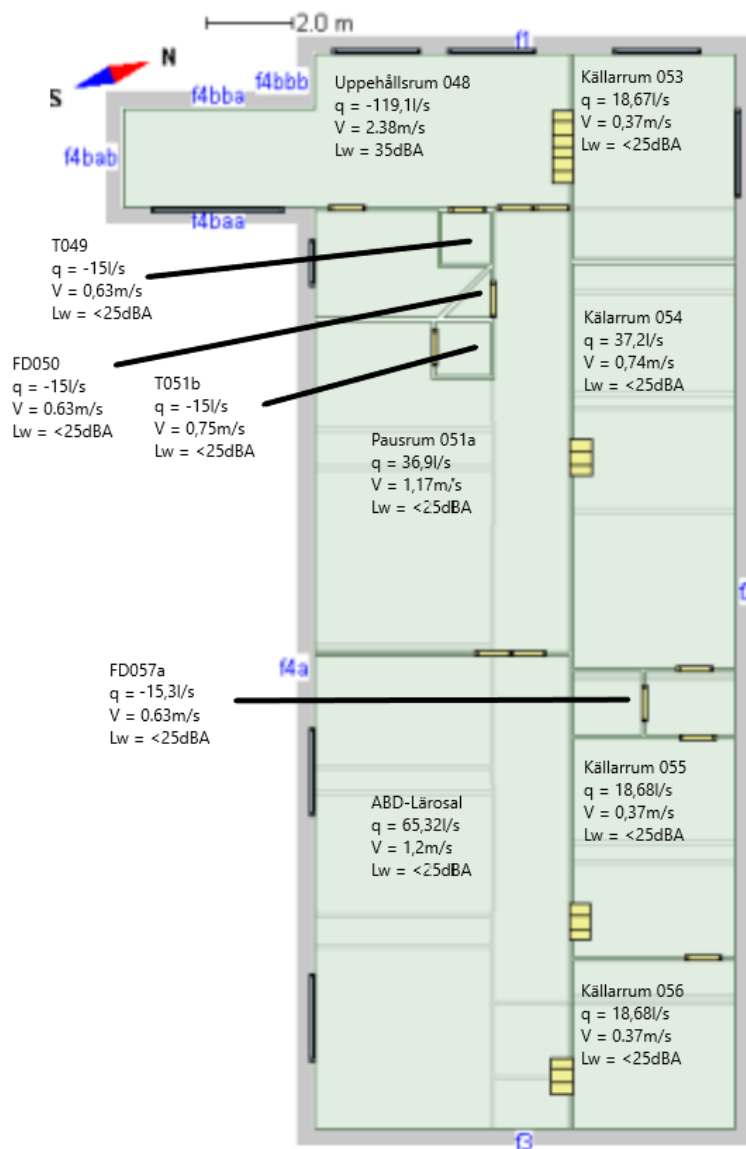


Figur 5 Modellen på den norra flygeln av länsresidenset i Vänersborg som producerats i IDA ICE.

VAV (Variable Air Volume)

5.2.1.1 Källarplan

Källarplanet består av tretton zoner varav fem av dessa är ytor där stadigvarande arbete utförs. På planet tas det ut luft via fem zoner, tillförs luft via sex zoner, samt två zoner saknar lokalt system och ventileras via in- och exfiltration. Alla rum på planet lever upp till de krav som ställs och samtliga arbetsrum har ett PPD mellan 12–13%, medan pausrummet landar på ett årligt genomsnitt PPD på 30%. I figuren nedan presenteras dimensionerande flöde (positiva värden representerar tilluft, negativa värden representerar frånluft), samt vilken ljudalstring och hastighet kanalernas dimensioner medför för diverse ytor.



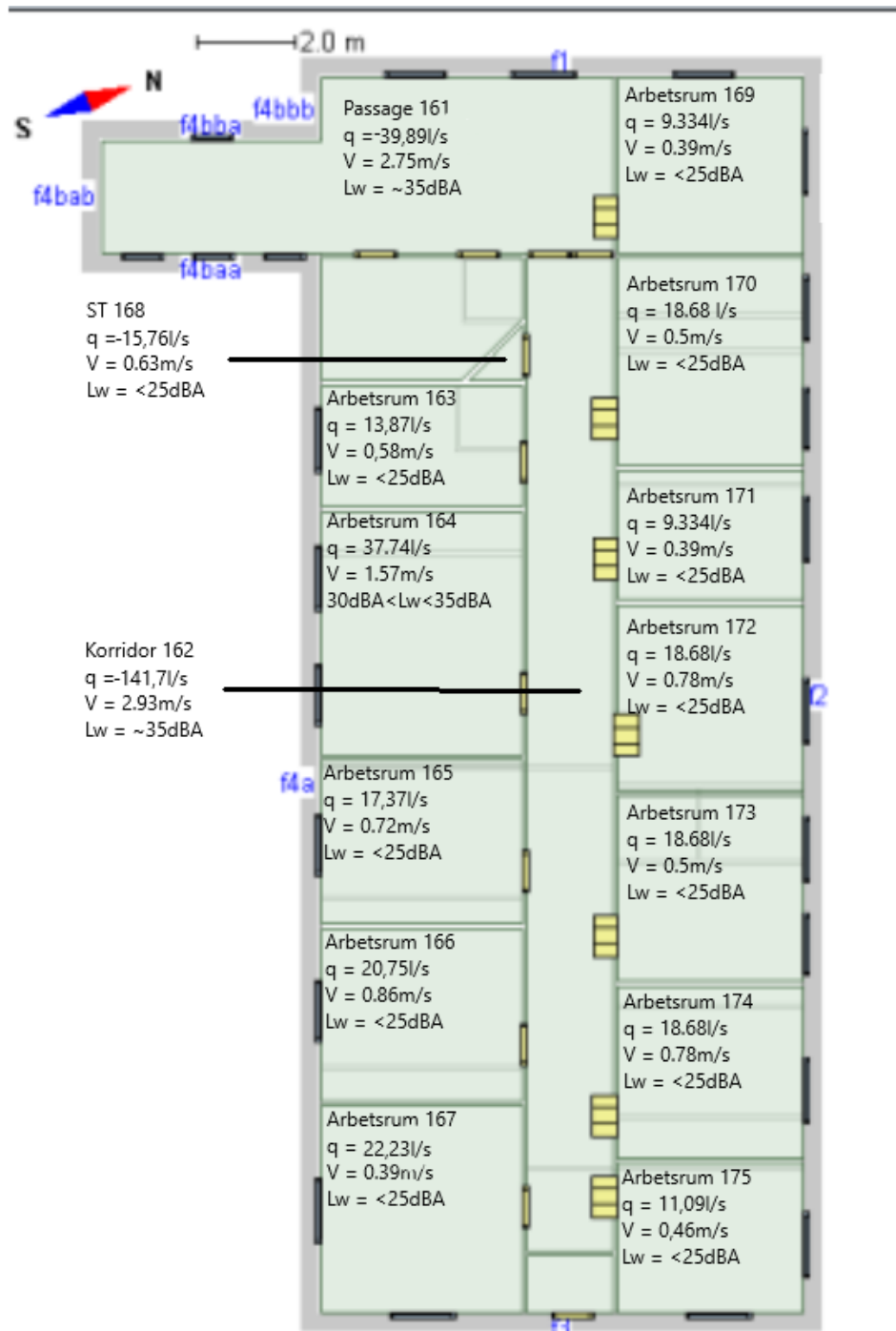
Figur 6 De dimensionerande luftflödena, luftflödes hastigheterna och ljudalstringarna i de olika zonerna på källarplan.

Samtliga ljudnivåer är uppskattade med Swegons galler "GRC". (Swegon, 2020)

5.2.1.2 Plan ett

På plan ett nyttjas idag den större delen av ytan till kontorsrum. Frånluft tas ut från samtliga tre zoner: Korridor 162, ST 168 samt Passage 161. Alla zoner har antingen tilluft eller frånluft utom trapphuset, som ventileras via in- och exfiltration. Rum 164 är det mest utsatta rummet med ett dimensionerande flöde på ca 38l/s samt ett genomsnittligt PPD på 22%, medan övriga rum har genomsnittliga PPD-värde inom intervallet 10–13%.

I figuren nedan presenteras dimensionerande flöde, samt vilken ljudalstring och hastighet kanalernas dimensioner medför för diverse ytor.

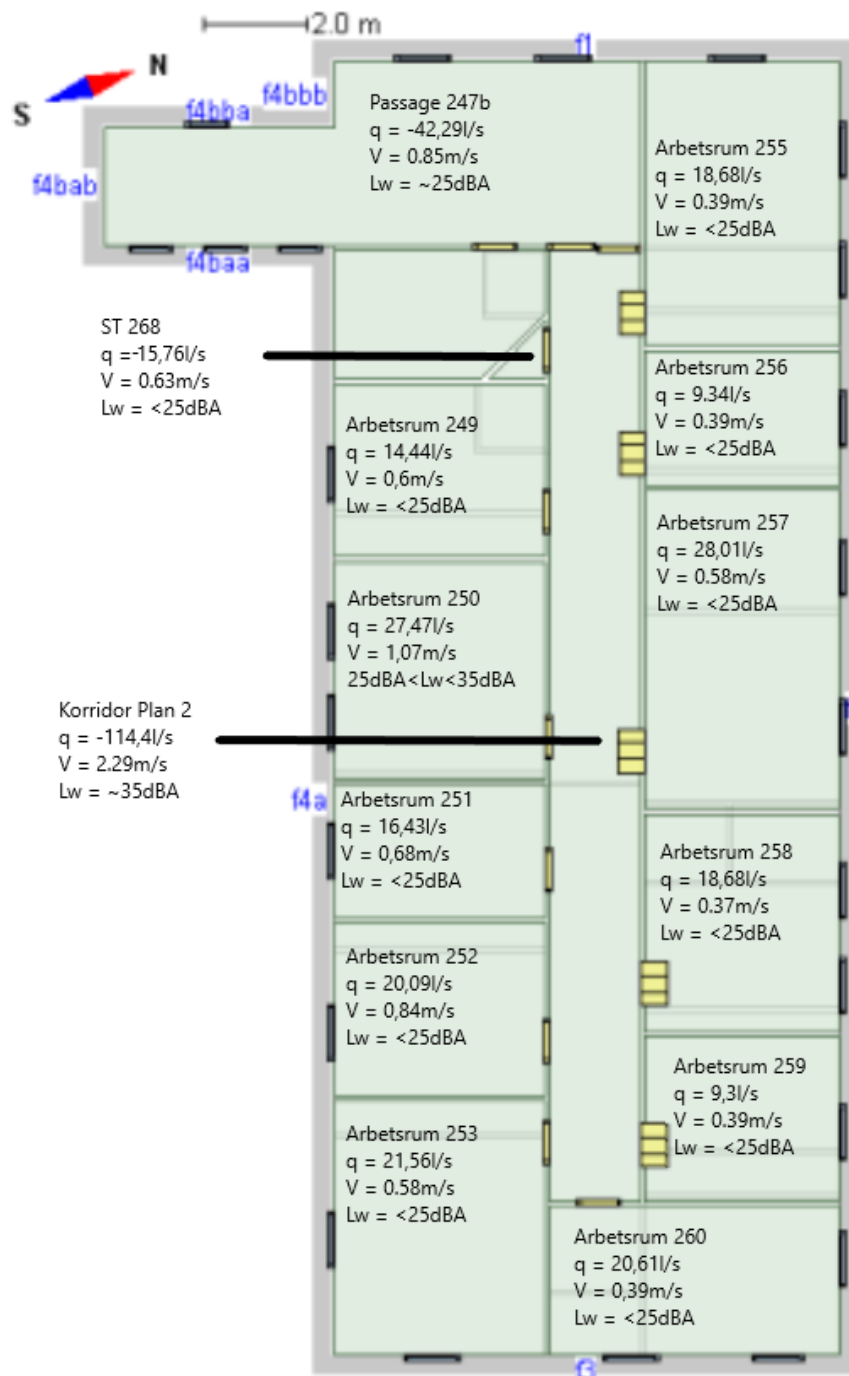


Figur 7 De dimensionerande luftflödena, luftflödeshastigheterna och ljudalstringarna i de olika zonerna på plan 1.

5.2.1.3 Plan två

Zonerna på plan två, används precis som på plan ett, mestadels för kontorsarbete. På planet tas frånluft ut i totalt tre zoner: ST 268, Passage 247b samt Korridor plan 2. Zoner som inte är utritade ventileras via in- och exfiltration. Samtliga rum har genomsnittliga värden på PPD mellan 10–12,5%

I figuren nedan presenteras dimensionerande flöde, samt vilken ljudalstring och hastighet kanalernas dimensioner medför för diverse ytor.



Figur 8 De dimensionerande luftflödena, luftflödes hastigheterna och ljudalstringarna i de olika zonerna på plan 2.

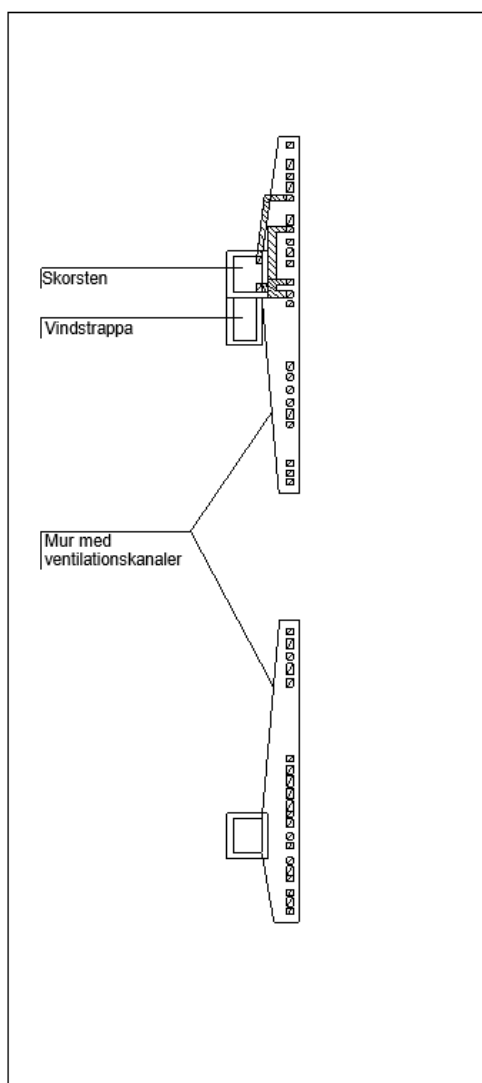
5.2.2 CAV (Constant Air Volume)

Simulationsfallet förhåller sig till kraven i BBR och upprätthåller ett konstant luftflöde på $0,35 \frac{l}{s \cdot m^2}$, samt ett tillskott på $7 \frac{l}{s \cdot person}$ enligt arbetsmiljöverkets rekommendation. För fallet med CAV har endast en energisimulering genomförts och presenteras senare under detta kapitel.

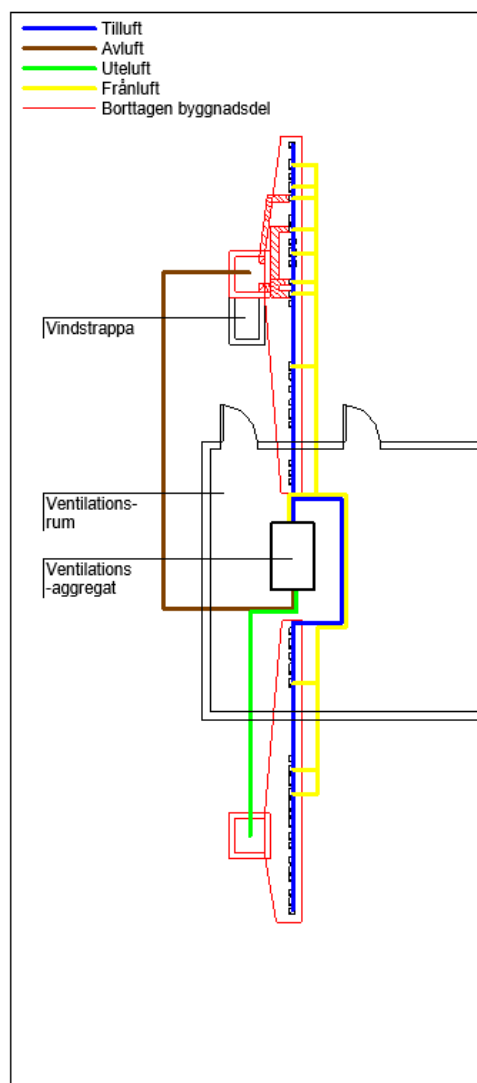
5.3 Placering av luftbehandlingsaggregat och kanaldragning

På vindplanet finns det sedan tidigare två skorstenar samt en kanalmur. För att göra plats för kanaler och aggregat har författarna av arbetet utgått från att båda skorstenarna samt kanalmuren skall rivas. Aggregatet har senare placerats i ett aggregatrum som omges av gipsväggar. Aggregatrummet har två ingångar för att göra det möjligt att underhålla då fel uppstår. Aggregatrummets omslutande area är $46m^2$.

Vindsvåningen i befintligt tillstånd



Vindsvåning efter renoveringen



Figur 9 Vindplanets utformning före och efter installation av det nya ventilationssystemet.

5.4 Externt tryckfall i ventilationssystemet

För att kunna få fram erforderlig effekt för ventilationsfläktarna har det dimensionerande externa tryckfallet för kanalsystemet beräknats. Beräkningar har genomförts för till-/uteluft, dessa dimensionerar tilluftsfläkten, samt beräkningar för från-/avlucht vilka dimensionerar frånluftsfläkten.

En ingenjörsmässig bedömning om vilka zoner som resulterar i det högsta externa tryckfallet för systemet, gav tre möjliga fall för både till och frånluft.

Tryckfallsberäkningarna för dessa fall presenteras som bilagor i slutet av rapporten. Det dimensionerande externa (utanför aggregatet) tryckfallet beräknades till zonen Arbetsrum 252 på tilluftssidan och zonen Korridor plan 1 på frånluftssidan. Det resulterande externa tryckfallet blev 203 Pascal för arbetsrum 252 och 170 Pascal för korridor plan 1.

Tryckfallet för avluftshuv har baserats på huven "BRSI" av storlek 600 (Bevent Rasch, 2020) och har avlästs till 8 Pascal och tryckfallet från uteluftshuven har baserats på huven "BRSF" (Bevent Rasch, 2020) och ger upphov till ett tryckfall på 7 Pascal. Tryckfallen för galler 20 har satts till 20 pascal. Vid fastställande av tryckfall i spjällen har i konsultation med en VVS-tekniker bestämts till 30 Pascal (Utterhall, 2020).

För att minimera tryckfallet i systemet placerades ventilationsaggregatet i mitten av vindsplanet, detta illustreras i figur 9.

5.5 Val av luftbehandlingsaggregat

Med hjälp av verktyget Sweden Suite Group valdes ett luftbehandlingsaggregat med passande storlek och ett SFPv-värde < 1.5 .

Det resulterande aggregatet är ett Global RX 13 (Swegon, 2020) utvecklat av Swegon AB, med ett resulterande SFPv-värde på $1.45 \frac{k_w}{m^3 s}$. Aggregatet är av typen FTX och har samtliga internt installerade komponenter: Värmebatteri, förfilter, filter, värmeåtervinnare, frånluftfläkt samt en tilluftsfläkt. Kylbatteriet är av typen DX och är en gaskylare, kylbatteriet är installerat vid tilluftssidan och är en extern installation. Kanalerna ansluts via adaptrar in i aggregatet. Data för tilluftsfläkt och frånluftsfäkt bifogas som bilaga.

The screenshot shows the Sweden Suite Group software interface for configuring a ventilation unit. The interface is in Swedish and includes various settings for installation, fläktreglering, påfrysningsskydd, rotor, fläktar, intern eftervärmare, orientering, avluft, uteluft, förfilter, kanalslutning, termisk isolering, frånluft, and tilluft. A central diagram shows the unit's layout with dimensions. A table at the bottom lists components and their costs, totaling 0.00 EUR.

Artikelnr	Beskrivning	Enhet	Pris
881532	GLOBAL RX+ 13 R		0,00 EUR
883050	IBA_2H_H13 Intern eftervärmare (Värmebatteri)		0,00 EUR
883161	PREFILTER RX 13		0,00 EUR
883096	MS20_875-540 Dukstos (Frånluft)		0,00 EUR
521434	KIT CA Modbus CAV/VAV/0-10 V [m³/h] or [l/s]		0,00 EUR
Total			0,00 EUR

Figur 10 Inställningarna som användes i ventilationsaggregatet när det erforderliga SFPv-värdet togs fram.

5.6 Energiberäkningar och rumskomfort

I detta avsnitt presenteras energiberäkningarna samt PPD-värde för CAV- och VAV-styrt ventilationssystem, samtliga resultat är baserade på ett år.

5.6.1 VAV (Variable Air Volume)

För fallet då styrningsprincipen är variabelt luftflöde uppgick den totala årsanvändningen av energi till 1919.6kWh för att kyla ned byggnaden. Energin som går åt för att hålla fläktarna igång under ett år uppgick till 2558.4kWh. Vid användning av VAV-styrning uppgår det genomsnittliga PPD-indexet för hela byggnaden till 14%. De två zonerna med högst genomsnittligt PPD-index är Pausrum 051a och Arbetsrum 164 på 30,6% respektive 21,8%. Resterande PPD-index för VAV-styrning presenteras som bilagor i slutet av rapporten.

	kWh
■ Rumsvärmning	66349.1
■ Rumskylning	0.0
■ Värmning via LB	5221.8
■ Kylning via LB	1919.6
■ Tappvarmvatten	0.0
Kyla	1919.6
Värme	71570.9

Figur 11 Energianvändning för värme och kyla med VAV-styrning över ett år.

Meter	Totalt, kWh	Per m2, kWh/m2	Effektbehov, kW	Kostnad	Koldioxidutsläpp, kg	Primärenergi, kWh
■ Fläktar	2558.4	3.232	0.4073			
■ Pumpar	9.276	0.01172	0.01646			
■ Komfortkyla fj...	1919.6	2.425	5.743			
■ Uppvärmning fj...	71571.5	90.43	34.89			
■ Tappvarmvatte...	0.0	0.0	0.0			
■ Verksamhetsel	16562.0	20.93	7.302			
Totalt	92620.8	117.0	48.36	0.0	0.0	0.0

Figur 12 Total energianvändning för fastigheten under ett år med VAV-styrning.

5.6.2 CAV (Constant Air Volume)

För fallet då styrningsprincipen är konstant luftflöde uppgick den totala användningen av energi till 4740.9kWh för att kyla ned byggnaden. Energin som går åt för att hålla fläktarna igång under ett år uppgick till 2558.4kWh.

Vid användning av CAV-system uppgår det genomsnittliga PPD-indexet till 14,9% i hela byggnaden. De två zonerna med högst genomsnittligt PPD-index är Pausrum 051a med ett index på 32,1% och Arbetsrum 164 med ett index på 25,3%. PPD-indexen för de resterande zonerna presenteras i en bilaga i slutet av rapporten.

	kWh
■ Rumsvärmning	81823.6
■ Rumskylning	0.0
■ Värmning via LB	12434.1
■ Kylning via LB	4740.9
■ Tappvarmvatten	0.0
Kyla	4740.9
Värme	94257.7

Figur 13 Energianvändning för värme och kyla med CAV-styrning över ett år.

Meter	Totalt, kWh	Per m2, kWh/m2	Effektbehov, kW	Kostnad	Koldioxidutsläpp, kg	Primärenergi, kWh
■ Fläktar	7370.1	9.312	0.8507			
■ Pumpar	22.56	0.0285	0.02907			
■ Komfortkyla fj...	4740.9	5.99	10.14			
■ Uppvärmning fj...	94259.7	119.1	46.96			
■ Tappvarmvatte...	0.0	0.0	0.0			
■ Verksamhetsel	16553.0	20.91	7.302			
Totalt	122946.3	155.3	65.28	0.0	0.0	0.0

Figur 14 Total energianvändning för fastigheten under ett år med CAV-styrning.

6 Diskussion och Analys

Att skapa det perfekta inneklimatet är en oerhört svår uppgift, speciellt eftersom det perfekta inneklimatet är ett relativt begrepp.

6.1 Var det svårare att utveckla ett ventilationssystem för en byggnad med skyddsföreskrifter kontra en byggnad utan?

Att dimensionera ventilationssystemet för Vänersborgs länsresidens innebar begränsningar kring utformning, funktion, placering etcetera. Det kan jämföras med en nybyggnation alternativt renovering av en byggnad som saknar skyddsföreskrifter, ventilationssystemen i dessa kan anpassas efter problemen.

I Vänersborgs länsresidens förs kanalerna genom stommen, som man i största mån inte bör göra ingrepp i, därav är man begränsad i kanaldimensioner vilket kan skapa problematik kring ljudalstring och drag. Utan möjlighet att jämföra länsresidensets förutsättningar med en, eller flera byggnader med skyddsföreskrifter kan det konstateras att det är en större utmaning att ordna ett bra system i en byggnad med skyddsföreskrift jämfört med en utan. Projekteringen av länsresidenset krävde inte någon extraordinär lösning – vi tror att det finns byggnader med sämre förutsättningar, som ställer högre krav på kompetens än tillämpningsobjektet som detta projekt behandlat.

6.2 Vad kan förbättras?

I och med att objektet som behandlas i projektet är en gammal byggnad har uppskattningar av klimatskalet varit nödvändiga – en modell antogs i ett tidigt skede i arbetet. Dokumentation från tiden då byggnaden restes på val av material hade kunnat göra resultaten mer verklighetsanpassade.

Övergripande del av kanalerna som går in till samtliga zoner i byggnaden är av rektangulär geometri, underlag för hur högt tryckfallet för en sådan anslutning har vi under projektets gång inte kunnat finna. Detta har lett till att vi gjort ett antagande att tryckfallet blir lika stort som för en cirkulär kanal med motsvarande areal. Rektangulära geometrier leder till större friktionsförluster och detta blir därför ett område som kan förbättras.

Handberäkningar medför alltid osäkerheter, även avläsning av diagram. Tryckfallet som uppstår längs kanalerna är baserat på ekvationer, men anslutningar och krökar är avlästa på diagram. För att öka precisionen på det totala tryckfallet hade en ekvationsbaserad uträkning för tryckfall vid krökar och anslutningar givit en mer verklighetsbaserad bild av hur stor tryckuppsättning som kommer krävas för att fläktarna ska kunna leverera rätt luftflöde till alla rum. Ett program som troligtvis hade varit till stor nytta för denna typ av problem hade varit MagiCAD. MagiCAD har varit tillgängligt under projektets gång via vår partner WSP men under den

rådande pandemi har lokalerna ej varit åtkomliga för andra än anställda på företaget. Energiförbrukningen för fläktarna hade påverkats vid justering av denna parameter.

Efter att alla simulationer, dimensioneringar samt fastställning av produkter som skall användas i systemet sammanställts, upptäcktes ett fel i IDA-modellen. Ett fönster på 1m^2 i söderläge hade glömts bort att placeras på källarplan. Detta fel har ej justerats då vi gjort bedömningen att det inte kommer påverka systemet i någon större utsträckning, utan endast skulle medföra en stor arbetsbelastning för ett resultat som påverkar väldigt lite. Rummet som det berör är pausrum 051a. (En justering av detta hade förbättrat rummets PPD, ökat ljudalstringen, flödet samt aggregatets totala energiförbrukning.)

Vid bestämning av tryckfallet på gallret som sitter vid från- och tilluftskanalerna, har vi inte funnit något galler som efterliknar det som sitter där i dagsläget. Vi har därför genom att jämföra andra galler med våra flöden, gallerdimensioner samt gallerutformning gjort en uppskattning att gallret kommer ge upphov till ett tryckfall på 20 pascal.

Vid fastställande av IDA-modellen användes konsulter för att undersöka tillförlitligheten i IDA-modellen. I modellen lyckades konsulter ej finna några fel, men för att göra modellen ännu mer tillförlitlig hade jämförelser med energiförbrukning i modellen kontra verkligheten varit nödvändig.

Vädermodellen som använts i projektet är Göteborg-Säve. I IDA-programmet finns även väderfil för Vänersborg, vid jämförelse av dessa två väderfilerna var skillnaden stor, i samråd med konsult har därför Säve använts i sammanställningarna. Med hjälp av att jämföra energiförbrukningar skulle detta kunna leda till att det faktiskt är Vänersborgsfilen som borde använts i projektet och således skulle även energiförbrukning, luftflöden, ljudalstringar att stiga.

Mätningar har gjorts med linjal på planritning med skalverktyg, detta medför en viss osäkerhet i areor, att mäta upp alla rum med laseravståndsmätare på plats hade gett mer exakta värden.

6.3 Jämförelser mellan olika ventilationsstyrningar

När CAV-styrning jämförs med VAV-styrning för länsresidenset i Vänersborg resulterar detta i att CAV-styrning ökade den årliga energianvändningen med nästan 25%. Främst beror detta på att man under vintern blåser in väldigt mycket, relativt kall luft, vilket sänker innetemperaturen och ökar värmebehovet under kyligare dagar. Även energin som fläktarna använde ökade med ca 200%, motsvarande 5 kWh. Utöver att energianvändningen ökade med CAV så skulle användningen av CAV även innebära att samtliga värden på PPD för varje zon försämrades. CAV är troligtvis en relativt omodern metod att ventilerar lokaler med idag, men på grund av dess simplare installation kan det nog motiveras att använda sig utav CAV i exempelvis bostäder. Eftersom CAV dimensioneras efter, och alltid ventilerar för det värsta fallet, kan detta innebära väldigt stor energiförbrukning för lokaler med många anställda med stadigvarande närvaro. VAV och DCV dimensioneras även de efter det värsta fallet, men luftflödet för denna lösning kan variera beroende på rumsförhållandet.

7 Slutsats

När det kommer till länsresidenset och dess förutsättningar har dessa varit väldigt goda och anpassningsbara till dagens krav på inomhusmiljö. I rum där höga flöden färdas i små ytor uppstår höga lufthastigheter, vilket kan leda till att människor som vistas på ytan upplever drag. Vi bedömer att detta problem inte kommer uppstå på någon yta i länsresidenset, men byggnader med liknande skydd och sämre förutsättningar hade kunnat få problem med både ljudalstring och drag på grund av små kanaler och höga flöden. För att kunna jämföra vad skyddsföreskrifterna innebär för projekteringen av en byggnad hade man behövt jämföra fler objekt.

8 Litteraturförteckning

- Arbetsmiljöverket. (2005). Buller (AFS 2005:16). i Arbetsmiljöverket, *Buller* (s. 27). Stockholm: Maria Hagberg Forss.
- Arbetsmiljöverket. (2017). En bra ljudmiljö lönar sig. i Arbetsmiljöverket, *Bort med bullret* (ss. 2,3). Stockholm: EDITA BOBERGS.
- Arbetsmiljöverket. (den 29 05 2018). *Arbetsplatsens utformning*. Hämtat från Arbetsmiljöverket:
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-foreskrifter-afs2009-2.pdf>
- Arbetsmiljöverket. (den 21 11 2019). *Inomhusmiljö*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/inomhusmiljo/>
- Arbetsmiljöverket. (den 20 05 2020a). *Risker med dålig ventilation*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/risker-med-dalig-ventilation/>
- Arbetsmiljöverket. (den 20 05 2020b). *Temperatur och klimat*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/inomhusmiljo/temperatur-och-klimat/>
- Arbetsmiljöverket. (den 20 05 2020c). *Allmänventilation*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/allmanventilation/>
- Arbetsmiljöverket. (den 20 05 2020d). *Ansvar för ventilation*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/ansvar-for-ventilation/>
- Arbetsmiljöverket. (den 20 05 2020e). *Luft och ventilation*. Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/>
- Avén, S., Lorentsen, M., & Lantz, H. (1983). *Handboken Bygg. T, Byggtabeller*. Stockholm: LiberFörlag.
- Bevent Rasch. (den 05 06 2020). Hämtat från BRSI: <https://bevent-rasch.se/produkter/takhuvar-galler/brsi/>
- Bevent Rasch. (den 05 06 2020). Hämtat från BRSF: <https://bevent-rasch.se/produkter/takhuvar-galler/brsf/>
- Björk, C., Kallstenius, P., & Reppen, L. (2003). *Så byggdes husen 1880-2000*. Stockholm: Formas.
- Boverket. (2002). *Boken om detaljplan och områdesbestämmelser*. Hämtat från Boverket:
https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2002/boken_om_detaljplan.pdf
- Boverket. (2015). *Boverket*. Hämtat från Boverkets byggregler, BBR: <https://www.boverket.se/globalassets/vagledningar/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-6>
- Boverket. (den 1 April 2019). *Varsamhetsbestämmelser*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/kulturvarden/kulturvarden-i-plan---och-bygglagen/detaljplan-och-kulturvarden/Vvarsamhetsbestammelser/>
- Boverket. (den 1 April 2019a). *Bestämmelser om skydd av kulturvärden och rivningsförbud*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/kulturvarden/kulturvarden-i->

- plan---och-bygglagen/detaljplan-och-kulturvarden/skyddsbestämmelser-och-rivningsförbud/
- Boverket. (2020). *Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd*. Hämtat från Boverket: https://www.boverket.se/contentassets/08e8f5ea3a3c42bfa327e8fbf47354f4/bfs-2020-xx-bbr-avsnitt-5-och-9.pdf?t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCf%3d%3d&t_q=sfp&t_tags=language%3asv%2csiteid%3adb3632f7-c0a7-434d-a239-5e98c0e62ace&t_ip=83.249.188.184&t_hit.id=Bov
- Byggnadsvårdsföreningen. (den 7 Februari 2017). *Isoleringsmaterial från A till W*. Hämtat från Byggnadsvårdsföreningen: <https://byggnadsvard.se/isoleringsmaterial-fran-a-till-w/>
- EQUA. (2020). IDA Indoor Climate and Energy. *IDA Indoor Climate and Energy*. Stockholm, Sweden: EQUA.
- Hagentoft, C.-E. (2001). Introduction to Building Physics. i C.-E. Hagentoft, *Introduction to Building Physics* (ss. 57, 58). Lund: Studentlitteratur AB.
- Hagentoft, C.-E. (2001). Thermal Bridges. i C.-E. Hagentoft, *Introduction to building physics* (ss. 34-35). Lund: Studentlitteratur AB.
- Hansen, A. (u.å.). *Kulturmiljöprogram för Tidaholms kommun*. Hämtat från Tidaholms kommun: https://www.tidaholm.se/download/18.36c5ba04170587bd79b144f2/1582099347774/Kulturmilj%C3%B6program_granskningshandling_lo.pdf
- Hellström, B., Kvist, H., & Rosencrantz, T. (u.å.). *Solskydd i Byggnader*. Hämtat från http://www.lth.se/fileadmin/energiportalen/Filer/Om_Energiportalen/Invgning/Posters/Solskydd_i_byggnader_Bengt_Hellstr_m_et.al.pdf
- Integrated Enviromental Solutions Limited. (u.å.). *Apache-Tables*. Hämtat från Integrated Enviromental Solutions Limited: <https://www.iesve.com/downloads/help/Thermal/ApacheTables.pdf>
- Jacobsson, C. (den 7 Juni 2019). *Vad är skillnaden mellan VAV och DCV?* Hämtat från SWEGON: <https://blog.swegon.com/sv/vad-%C3%A4r-skillnaden-mellan-vav-och-dcv>
- Karlsson, J. (den 24 Januari 2018). *Kartunderlag för bedömning av vissa statliga*. Hämtat från Riksantikvarieämbetet: <http://www.bebyggelseregistret.raa.se/bbr2/show/bilaga/showDokument.raa?dokumentId=21000001834129&thumbnail=false>
- Kultur departamentet. (den 11 03 1993). *Fastställande av skyddsföreskrifter för vissa statliga byggnadsminnen*. Hämtat från Kultur departamentet: <http://www.bebyggelseregistret.raa.se/bbr2/show/bilaga/showDokument.raa?dokumentId=21000001824928&thumbnail=false>
- Nationalencyklopedin. (u.å.). *fornminneslagstiftning*. Hämtat från Nationalencyklopedin: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/fornminneslagstiftning>
- Nilsson, S. (2008). *Från länsresidens till regionhögkvarter*. Hämtat från Statens fastighetsverk: https://www.sfv.se/globalassets/kulturvarden-artiklar/2008_02/s10-fran_lansresidens_till_regionhogkvarter.pdf
- Petersson, B.-Å. (2013). Lufttemperatur. i B.-Å. Petersson, *Tillämpad byggnadsfysik* (s. 80). Lund: Studentlitteratur AB.
- Petersson, B.-Å. (2013). *Tillämpad byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur AB.

- Riksantikvarieämbetet. (2010). *Statliga byggnadsminnen*. Hämtat från Riksantikvarieämbetet: <https://www.raa.se/app/uploads/2013/11/Statliga-byggnadsminnen.pdf>
- Riksantikvarieämbetet. (den 1 Januari 2014). *Byggnadsminnen*. Hämtat från Riksantikvarieämbetet: <http://raa.diva-portal.org/smash/get/diva2:1235054/FULLTEXT01.pdf>
- Riksantikvarieämbetet. (den 6 Maj 2020). *Byggnadsminnen*. Hämtat från Riksantikvarieämbetet: <https://www.raa.se/kulturarv/byggnader/byggnadsminnen/>
- Riksdagen. (den 1 Januari 2014). *Förordning (2013:558) om statliga byggnadsminnen*. Hämtat från Sveriges riksdag: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2013558-om-statliga-byggnadsminnen_sfs-2013-558
- Riksdagen. (den 1 Januari 2020). *Kulturmiljölag (1998:950)*. Hämtat från Sveriges riksdag: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/kulturmiljola-1988950_sfs-1988-950
- Statens fastighetsverk. (u.å.a). *Residenset i Vänersborg*. Hämtat från Statens fastighetsverk: <https://www.sfv.se/sv/fastigheter/sverige/vastra-gotalands-lan-o/residenset-i-vanersborg/>
- Statens fastighetsverk. (u.å.b). *skyddsbestämmelser*. Hämtat från Statens fastighetsverk: <https://www.sfv.se/sv/om-oss/uppdrag/kulturarv/skyddsforeskrifter/>
- Swegon. (den 05 06 2020). Hämtat från Global RX: <https://www.swegon.com/products/air-handling/global/global-rx/>
- Swegon. (den 06 06 2020). Hämtat från GRC: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-diffusers/grille-diffusers/_sv/grca.pdf
- Utterhall, T. (den 28 Maj 2020). Tryckfall. (R. Käck, Intervjuare)
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). Bedömning av termiskt klimat. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (ss. 1:9,1:10). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). Begränsning av solvärmetillskott. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (ss. 3:4,3:5). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). Dimensionering av kanalsystem. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (ss. 2:84,2:85,2:86). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010a). Olika typer av ventilationssystem. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 2:9). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010b). SJÄLVDRAGSVENTILATION, TYP S. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 2:9). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010c). FRÅNLUFTSVENTILATION, TYP F. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 2:13). Lund: Studentlitteratur AB.

- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010d). TILL- OCH FRÅNLUFTSVENTILATION ÅTERVINNING, TYP FTX. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 2:16). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010e). LUFTBUREN KYLA. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 3:8). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010f). CAV-system. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 3:8). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010g). VAV-system. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 3:9). Lund: Studentlitteratur AB.
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010h). VÄRMELAGRINGSFÖRMÅGA OCH NATTKYLA. i C. Warfvinge, & M. Dahlblom, *Projektering av VVS-installationer* (s. 3:6). Lund: Studentlitteratur AB.

9 Bilagor

Frånluft (dimensionerande tryckfall för frånluft/avluft)	
Korridor plan 1	
Anledningen till tryckfallet	Tryckfall [Pa]
Galler till frånluftskanal	20
Krök (90°) ut från rummet	3
Rektangulär kanal upp till vindsplan. 3,5 meter lång - 250x200 mm kanal	1,68
Cirkulär kanal upp till vindsplan. 0,7 meter lång - 250Ø mm kanal	0,301
Spjäll som reglerar flödet	30
Krök (90°) ut till huvudkanal - 250Ø mm kanal	3
Cirkulär kanal till huvudkanalen. 0,5 meter lång - 250Ø mm kanal	0,215
Krök (90°) till huvudkanal	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 0,6 meter lång - 250Ø mm kanal	0,258
T-korsning med Korridor plan 2	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 2 meter lång - 250Ø mm kanal	2,48
T-korsning med Förråd 057a	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,8 meter lång - 250Ø mm kanal	2,484
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,3 meter lång - 250Ø mm kanal	1,734
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 2,4 meter lång - 250Ø mm kanal	3,312
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,4 meter lång - 250Ø mm kanal	1,332
Dimensionsändring av kanal från 250-500Ø mm	20
T-korsning med frånluft från västra sidan av byggnaden	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 0,6 meter lång - 500Ø mm kanal	0,828
Krök (90°) till aggregatet	4
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1 meter lång - 500Ø mm kanal	0,17
Dimensionsändring av kanal 500-800Ø mm	3,5
Ventilationsaggregatet	-
Dimensionsändring av kanal 800-500Ø mm	1
Dimensionsändring av kanal 500-400Ø mm	3
Cirkulär kanal. 0,7 meter lång - 400Ø mm kanal	0,357
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 3 meter lång - 400Ø mm kanal	1,53
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 8 meter lång - 400Ø mm kanal	4,08
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 1,5 meter lång - 400Ø mm kanal	0,765
Krök (90°) upp mot avluft	4
Cirkulär kanal. 2,8 meter lång - 400Ø mm kanal	1,428
Dimensionsändring av kanal 400-630Ø mm	6
Avluftshuv	8
Totalt externt tryckfall i systemet	162,114
Felmarginal på grund av handberäkningar 5%	170,2137

Bilaga 1 Beräkning av det externa tryckfallet för frånluften i zonen: Korridor plan 1.

Frånluft (beräkning av tryckfall för frånluft/avluft)	
Korridor plan 2	
Anledningen till tryckfallet	Tryckfall (Pa)
Galler till frånluftskanal	20
Krök (90°) ut från rummet	1,5
Rektangulär kanal upp till vindplan. 3,5 meter lång - 250x200 mm kanal	0,165
Cirkulär kanal upp till vindplan. 0,7 meter lång - 250Ø mm kanal	0,203
Spjäll som reglerar flödet	30
Krök (90°) ut till huvudkanal - 250Ø mm kanal	1,5
Cirkulär kanal till huvudkanal. 0,5 meter lång - 250Ø mm kanal	0,145
T-korsning till huvudkanal.	-3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 2 meter lång - 250Ø mm kanal	2,48
T-korsning med Förråd 051a	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,8 meter lång - 250Ø mm kanal	2,484
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,3 meter lång - 250Ø mm kanal	1,794
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 2,4 meter lång - 250Ø mm kanal	3,312
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,4 meter lång - 250Ø mm kanal	1,932
Dimensionsändring av kanal från 250-500Ø mm	20
T-korsning med frånluft från västra sidan av byggnaden	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 0,6 meter lång - 500Ø mm kanal	0,828
Krök (90°) till aggregatet	4
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1 meter lång - 500Ø mm kanal	0,17
Dimensionsändring av kanal 500-800Ø mm	3,5
Ventilationsaggregatet	-
Dimensionsändring av kanal 800-500Ø mm	1
Dimensionsändring av kanal 500-400Ø mm	3
Cirkulär kanal. 0,7 meter lång - 400Ø mm kanal	0,357
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 3 meter lång - 400Ø mm kanal	1,53
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 8 meter lång - 400Ø mm kanal	4,08
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 1,5 meter lång - 400Ø mm kanal	0,765
Krök (90°) upp mot avluft	4
Cirkulär kanal. 2,8 meter lång - 400Ø mm kanal	1,428
Dimensionsändring av kanal 400-630Ø mm	6
Avluftshuv	8
Totalt externt tryckfall i systemet	148,173
Felmarginäl på grund av handberäkningar 5%	155,58165

Bilaga 2 Beräkning av det externa tryckfallet för frånluft i zonen: Korridor plan 2.

Frånluft (beräkning av tryckfall för frånluft/avluft)	
Förråd 057a	
Anledningen till tryckfallet	Tryckfall [Pa]
Galler till frånluftskanal	20
Krök (90°) ut från rummet	0,3
Rektangulär kanal upp till vindspån. 3,5 meter lång - 150x160 mm kanal	0,38
Cirkulär kanal upp till vindspån. 0,7 meter lång - 250Ø mm kanal	0,203
Spjäll som reglerar flödet	30
Krök (90°) till huvudkanal - 250Ø mm kanal	0,3
Cirkulär kanal till huvudkanal. 0,5 meter lång - 250Ø mm kanal	0,005
T-korsning till huvudkanal	-10
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,8 meter lång - 250Ø mm kanal	2,484
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,3 meter lång - 250Ø mm kanal	1,794
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 2,4 meter lång - 250Ø mm kanal	3,312
Krök (90°) runt aggregat	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1,4 meter lång - 250Ø mm kanal	1,332
Dimensionsändring av kanal från 250-500Ø mm	20
T-korsning med frånluft från västra sidan av byggnaden	3
Cirkulär kanal i huvudkanal. 0,6 meter lång - 500Ø mm kanal	0,828
Krök (90°) till aggregatet	4
Cirkulär kanal i huvudkanal. 1 meter lång - 500Ø mm kanal	0,17
Dimensionsändring av kanal 500-800Ø mm	3,5
Ventilationsaggregatet	-
Dimensionsändring av kanal 800-500Ø mm	1
Dimensionsändring av kanal 500-400Ø mm	3
Cirkulär kanal. 0,7 meter lång - 400Ø mm kanal	0,357
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 3 meter lång - 400Ø mm kanal	1,53
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 8 meter lång - 400Ø mm kanal	4,08
Krök (90°) mot avluft	4
Cirkulär kanal. 1,5 meter lång - 400Ø mm kanal	0,765
Krök (90°) upp mot avluft	4
Cirkulär kanal. 2,8 meter lång - 400Ø mm kanal	1,428
Dimensionsändring av kanal 400-630Ø mm	6
Avluftshuv	8
Totalt externt tryckfall i systemet	133,368
Felmarginall på grund av handberäkningar 5%	140,0364

Bilaga 3 Beräkning av det externa tryckfallet för frånluft i zonen: Förråd 057a.

Tilluft (dimensionerande tryckfall för tilluft/utluft)	
Arbetsrum 252	
Anledningen till tryckfallet	Tryckfall (Pa)
Utluftshuv	7
Dimensionsändring av kanal 630-400 mm	3,6
Cirkulär kanal, 2,1 meter lång - 400 mm kanal	1,26
Krök (90°) mot aggregatet	3
Cirkulär kanal, 5,8 meter lång - 400 mm kanal	3,48
Krök (90°) mot aggregatet	3
Cirkulär kanal, 1,8 meter lång - 400 mm kanal	1,08
Krök (90°) mot aggregatet	3
Cirkulär kanal, 0,7 meter lång - 400 mm kanal	0,42
Dimensionsändring av kanal 400-500 mm	4
Dimensionsändring av kanal 500-600 mm	3,8
Ventilationsaggregatet	-
Dimensionsändring av kanal 800-500 mm	1
Dimensionsändring av kanal 500-400 mm	2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 1 meter lång - 400 mm kanal	0,6
T-korsning med tilluft som går till västra sidan av byggnaden	6,5
Dimensionsändring av kanal 400-315 mm	2,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 315 mm kanal	1,5
Krök (90°) runt aggregat	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2,4 meter lång - 315 mm kanal	1,8
Krök (90°) runt aggregat	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 315 mm kanal	1,5
Krök (90°) runt aggregat	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 315 mm kanal	2,766
T-korsning med rum 257	0,6
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 315 mm kanal	0,21
T-korsning med rum 051a	0,6
Dimensionsändring av kanal 315-250 mm	4
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,516
T-korsning med rum 165	1,1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,465
T-korsning med rum ABD-lösning1	1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 250 mm kanal	2,5
T-korsning med rum 251	0,7
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 250 mm kanal	0,672
T-korsning med rum 258	0,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 250 mm kanal	0,582
T-korsning med rum 173	0,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,243
T-korsning med rum 055	0,5
Dimensionsändring av kanal 250-200 mm	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,615
T-korsning med rum 166	1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,51
T-korsning med rum ABD-lösning2	0,75
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,345
T-korsning med rum 174	0,5
Dimensionsändring av kanal 200-160 mm	4
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,777
T-korsning ner till rum 252	20
Spjäll som reglerar flödet	30
Cirkulär kanal ner mot rum 252, 1,1 meter lång, Ner till rum 252 - 160 mm kanal	0,11
Rektangulär kanal ner mot rum 252, 3,8 meter lång, Ner till rum 252 - 160x150 mm	0,04
Krök (90°) över korridoren till rummet	0,4
Rektangulär kanal mot rum 056, 2 meter lång, Över korridor till rum 252 - 160x150 mm	0,2
Krök (90°) ut till rummet	0,4
Galler till rummet	20
Summa tryckfall	157,792
Felmarginall på grund av handberäkningar 5%	165,6816
Externa kylbatteriets tryckfall	37
Total slutgiltigt tryckfall	202,6816

Bilaga 4 Beräkning av det dimensionerande externa tryckfallet för tilluften i zonen: Arbetsrum 252.

Tilluft (beräkning av tryckfall för tilluft/futluft)	
Källarrum 056	
Änledningen till tryckfallet	Tryckfall [Pa]
Utluftshuv	7
Dimensionerändring av kanal 630-400 mm	3,6
Cirkulär kanal, 2,1 meter lång - 400 mm kanal	1,26
Kräk (90°) mot aqre-qatet	3
Cirkulär kanal, 5,8 meter lång - 400 mm kanal	3,48
Kräk (90°) mot aqre-qatet	3
Cirkulär kanal, 1,8 meter lång - 400 mm kanal	1,08
Kräk (90°) mot aqre-qatet	3
Cirkulär kanal, 0,7 meter lång - 400 mm kanal	0,42
Dimensionerändring av kanal 400-500 mm	4
Dimensionerändring av kanal 500-800 mm	3,8
Ventilation aqre-qatet	-
Dimensionerändring av kanal 800-500 mm	1
Dimensionerändring av kanal 500-400 mm	2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 1 meter lång - 400 mm kanal	0,6
T-körning med tilluft fram går till värtriden av byggnaden	6,5
Dimensionerändring av kanal 400-315 mm	2,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 315 mm kanal	1,5
Kräk (90°) runt aqre-qatet	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2,4 meter lång - 315 mm kanal	1,8
Kräk (90°) runt aqre-qatet	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 315 mm kanal	1,5
Kräk (90°) runt aqre-qatet	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 315 mm kanal	2,76
T-körning med rum 257	0,6
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 315 mm kanal	0,21
T-körning med rum 051a	0,6
Dimensionerändring av kanal 315-250 mm	4
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,51
T-körning med rum 165	1,1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,465
T-körning med rum ABD-lärsals1	1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 250 mm kanal	2,5
T-körning med rum 251	0,7
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 250 mm kanal	0,672
T-körning med rum 258	0,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 250 mm kanal	0,582
T-körning med rum 173	0,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,249
T-körning med rum 055	0,5
Dimensionerändring av kanal 250-200 mm	4,2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,615
T-körning med rum 166	1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,51
T-körning med rum ABD-lärsals2	0,75
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,345
T-körning med rum 174	0,5
Dimensionerändring av kanal 200-160 mm	4
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,777
T-körning med rum 252	1
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,57
T-körning med rum 259	0,59
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,477
T-körning med rum 253	0,5
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,3
T-körning med rum 260	0,39
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,174
T-körning med rum 167	0,3
Cirkulär kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,066
T-körning mot till rum 056	1
Spjällram reglerar flödet	50
Cirkulär kanal mot rum 056, 1,1 meter lång. Mot till rum 056 - 160 mm kanal	0,11
Rektangulär kanal mot rum 056, 6,5 meter lång. Mot till rum 175 - 200x250 mm	0,065
Kräk (90°) ut till rummet	0,4
Galler till rummet	2,0
Summa tryckfall	149,659
Felmarginal på grund av handberäkningar 5%	157,14195
Externa kylbatteriets tryckfall	37
Totalt tilluft tryckfall	194,14195

Bilaga 5 Beräkning av det externa tryckfallet för tilluften i zonen: Källarrum 056.

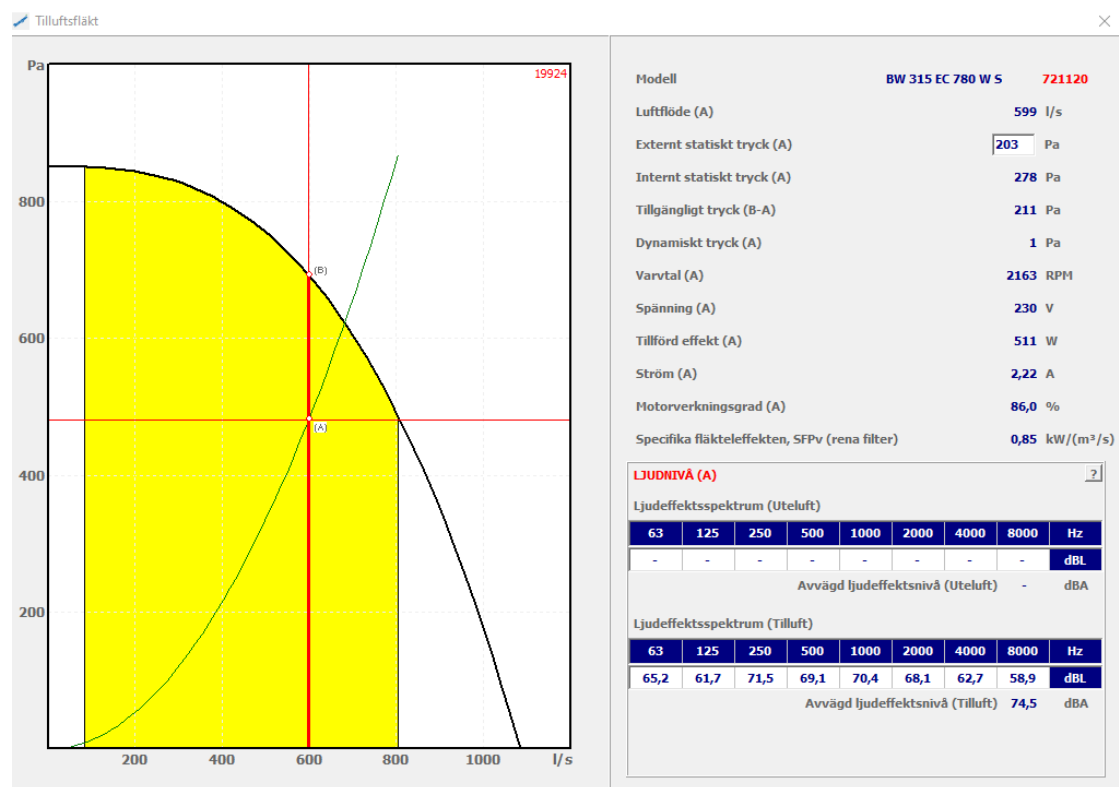
Tilluft (beräkning av tryckfall för tilluft/utluft)	
Arbetsrum 175	
Anledningen till tryckfallet	Tryckfall
Utluftshuv	7
Dimensionerändring av kanal 630-400 mm	3,6
Cirkulär kanal, 2,1 meter lång - 400 mm kanal	1,26
Kräk (90°) mot saggsgatet	3
Cirkulär kanal, 5,8 meter lång - 400 mm kanal	3,48
Kräk (90°) mot saggsgatet	3
Cirkulär kanal, 1,8 meter lång - 400 mm kanal	1,08
Kräk (90°) mot saggsgatet	3
Cirkulär kanal, 0,7 meter lång - 400 mm kanal	0,42
Dimensionerändring av kanal 400-500 mm	4
Dimensionerändring av kanal 500-800 mm	3,8
Ventilationsaggsgatet	-
Dimensionerändring av kanal 800-500 mm	1
Dimensionerändring av kanal 500-400 mm	2
Cirkulär kanal i huvudkanal, 1 meter lång - 400 mm kanal	0,6
T-körning med tilluftsrör går till värtriden av byggnaden	6,5
Dimensionerändring av kanal 400-315 mm	2,5
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 315 mm kanal	1,5
Kräk (90°) runt saggsgatet	4,2
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 2,4 meter lång - 315 mm kanal	1,8
Kräk (90°) runt saggsgatet	4,2
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 315 mm kanal	1,5
Kräk (90°) runt saggsgatet	4,2
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 315 mm kanal	2,76
T-körning med rum 257	0,6
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 315 mm kanal	0,21
T-körning med rum 051a	0,6
Dimensionerändring av kanal 315-250 mm	4
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,516
T-körning med rum 165	1,1
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,465
T-körning med rum ABD-lärarsal1	1
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 2 meter lång - 250 mm kanal	2,5
T-körning med rum 251	0,7
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 250 mm kanal	0,672
T-körning med rum 258	0,5
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,6 meter lång - 250 mm kanal	0,582
T-körning med rum 173	0,5
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 250 mm kanal	0,249
T-körning med rum 055	0,5
Dimensionerändring av kanal 250-200 mm	4,2
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,615
T-körning med rum 166	1
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,51
T-körning med rum ABD-lärarsal2	0,75
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 200 mm kanal	0,345
T-körning med rum 174	0,5
Dimensionerändring av kanal 200-160 mm	4
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,777
T-körning med rum 252	1
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,57
T-körning med rum 259	0,55
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,477
T-körning med rum 253	0,5
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,3
T-körning med rum 260	0,35
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,174
T-körning med rum 167	0,3
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,066
T-körning med rum 056	0,1
Cirkulär kanal kanal i huvudkanal, 0,3 meter lång - 160 mm kanal	0,012
Kräk (90°) ner till rum 175	0,1
Spjällrör reglerar flödet	50
Cirkulär kanal ner mot rum 175, 1,1 meter lång, Ner till rum 175 - 160 mm kanal	0,143
Rektangulär kanal ner mot rum 175, 3,8 meter lång, Ner till rum 175 - 160x150 mm	0,114
Kräk (90°) ut till rummet	0,1
Galler till rummet	20
Summa tryckfall	148,653
Felmarginer på grund av handberäkningar 5%	156,08565
Externa kylbatterier tryckfall	37
Totalt slutgiltigt tryckfall	193,08565

Bilaga 6 Beräkning av det externa tryckfallet för tilluften i zonen: Arbetsrum 175.

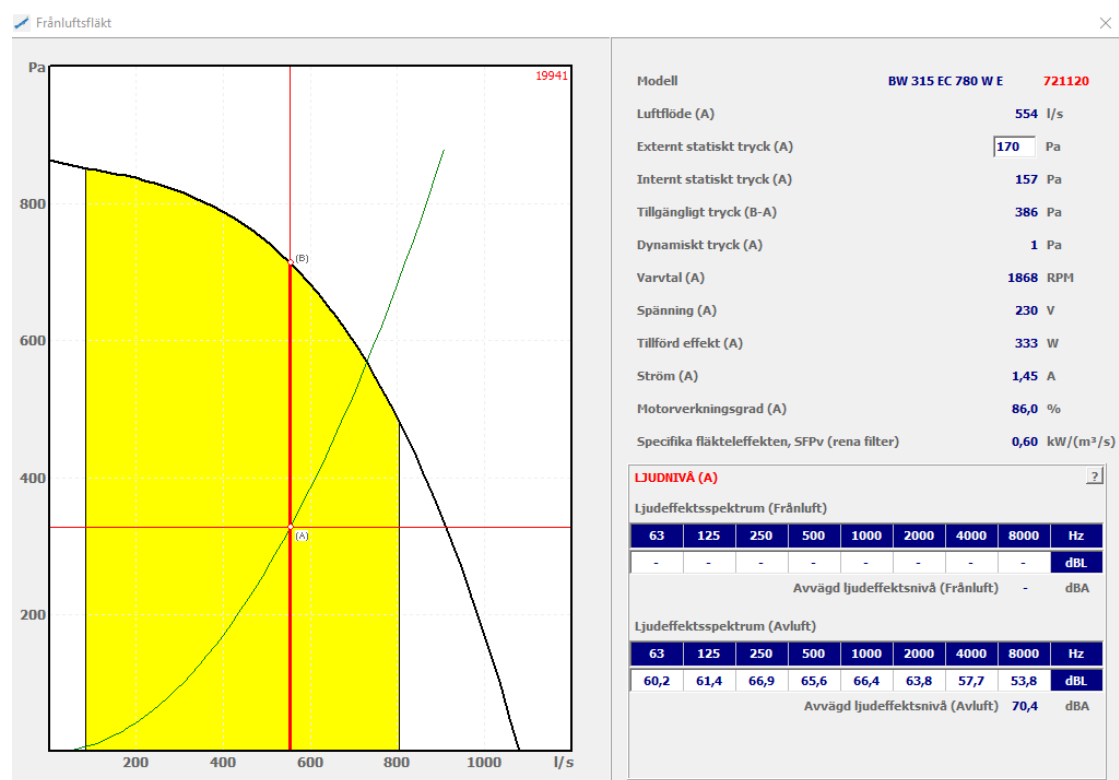
	Grupp	Zonn utlåt k _{z,m}	Min. temp _z , °C	Max. temp _z , °C	Min. op. temp _z , °C	Max. op. temp _z , °C	Maximal värmslag V/m ²	Värmings rumsapp a _z , V/m ²	Max kyllning V/m ²	Kyllning rumsapp a _z , V/m ²	Kyllning vent. V/m ²	Max fukt, L/s m ²	Max fukt, L/s m ²	Max rel fukt, %	Max rel fukt, %	Max CO ₂ ppm (ø0)	Max PPD _z , %	Luftens maximala fukt, g/h	h för T _{op>25} , h _z (°)	h för T _{op>27} , h _z (°)	Pers. närvaro, h	P _{PRF} h _z (°)	Timmer d _z (kyllning)	Timmer d _z (värmning)	Zon
051a	1	17.94	20.62	17.84	20.54	21.49	24.09	6.191	0.0	2.537	0.4578	0.4885	4.704	89.47	1000.0	45.81	2.36	2293.5	0.0	0.0	6805.0	2083.0	0.0	0.0	Pausrum 051a
050a	1	17.93	21.48	17.71	21.07	26.81	29.77	7.714	0.0	3.848	0.5794	6.022	4.709	87.52	1001.0	18.83	1.884	2293.5	0.0	0.0	9527.0	1164.0	0.0	0.0	ABD-Lärosal 0...
m 164	1	17.92	25.09	17.76	25.72	32.52	33.47	11.67	0.0	7.995	0.6784	36.08	4.774	79.92	1000.0	48.07	2.076	2293.5	18.1	0.0	4083.0	889.9	0.0	0.0	Arbetsrum 164
m 054	1	17.94	20.3	17.68	20.15	26.72	32.9	7.919	0.0	3.09	0.5892	0.0	4.696	86.75	1001.0	18.78	1.919	2293.5	0.0	0.0	5444.0	706.6	0.0	0.0	Källarum 054
m 257	1	17.93	23.51	17.79	23.47	41.1	42.06	10.33	0.0	6.174	0.6728	11.26	4.74	81.99	1001.0	18.77	1.99	2293.5	0.0	0.0	4083.0	469.9	0.0	0.0	Arbetsrum 257
m 056	1	17.95	20.65	17.7	20.35	38.92	39.85	8.146	0.0	4.013	0.7069	0.001...	4.695	89.7	1001.0	18.79	1.847	2293.5	0.0	0.0	2722.0	357.2	0.0	0.0	Källarum 056
m 055	1	17.95	20.65	17.74	20.35	26.62	32.41	7.173	0.0	3.076	0.5439	0.0	4.693	88.85	1001.0	18.68	1.841	2293.5	0.0	0.0	2722.0	351.0	0.0	0.0	Källarum 055
m 053	1	17.94	21.51	17.67	20.98	44.26	45.33	7.509	0.0	3.789	0.5806	10.27	4.691	87.02	1000.0	19.06	1.853	2293.5	0.0	0.0	2722.0	350.7	0.0	0.0	Källarum 053
m 255	1	17.93	24.31	17.62	24.11	62.05	63.05	8.247	0.0	4.953	0.9353	13.25	4.744	84.1	1000.0	19.69	2.003	2293.5	0.0	0.0	2722.0	333.8	0.0	0.0	Arbetsrum 255
m 258	1	17.93	23.85	17.79	23.78	44.46	45.4	10.33	0.0	6.24	0.6526	16.37	4.734	81.79	1001.0	18.81	1.976	2293.5	0.0	0.0	2722.0	312.6	0.0	0.0	Arbetsrum 258
m 170	1	17.93	23.81	17.71	23.7	38.01	38.96	10.3	0.0	6.205	0.6521	22.43	4.737	80.93	1000.0	19.5	1.976	2293.5	0.0	0.0	2722.0	308.9	0.0	0.0	Arbetsrum 170
m 172	1	17.93	23.2	17.74	23.12	30.99	31.93	10.72	0.0	6.371	0.7247	12.48	4.735	80.55	1000.0	19.28	1.971	2293.5	0.0	0.0	2722.0	306.0	0.0	0.0	Arbetsrum 172
m 173	1	17.93	23.86	17.72	23.79	39.48	40.42	11.38	0.0	6.94	0.7247	24.92	4.735	80.68	1000.0	19.42	1.971	2293.5	0.0	0.0	2722.0	305.1	0.0	0.0	Arbetsrum 173
m 174	1	17.93	23.25	17.75	23.21	31.72	32.66	11.62	0.0	6.942	0.7835	13.48	4.734	80.65	1000.0	19.24	1.967	2293.5	0.0	0.0	2722.0	304.8	0.0	0.0	Arbetsrum 174
m 252	1	17.92	25.07	17.86	25.1	38.06	39.02	13.09	0.0	8.6	0.7969	19.41	4.768	79.84	1001.0	18.42	2.06	2293.5	2.4	0.0	2722.0	287.3	0.0	0.0	Arbetsrum 252
m 166	1	17.92	25.02	17.39	24.97	28.83	29.76	12.59	0.0	8.216	0.7621	25.49	4.768	79.98	1000.0	21.62	2.062	2293.5	0.0	0.0	2720.0	284.4	0.0	0.0	Arbetsrum 166
m 169	1	17.91	24.66	17.51	24.38	65.07	66.01	6.643	0.0	3.877	0.3863	25.09	4.743	83.58	1000.0	20.63	1.994	2293.5	0.0	0.0	1361.0	171.6	0.0	0.0	Arbetsrum 169
m 256	1	17.94	23.7	17.4	23.53	41.8	42.75	8.23	0.0	4.858	0.5161	12.96	4.725	81.73	1000.0	21.61	1.95	2293.5	0.0	0.0	1361.0	167.7	0.0	0.0	Arbetsrum 256
m 260	1	17.94	26.01	17.61	25.77	74.05	75.02	7.911	0.0	6.677	0.5484	45.48	4.772	83.16	963.2	19.9	2.082	2293.5	38.6	0.0	1361.0	164.6	0.0	0.0	Arbetsrum 260
m 175	1	17.93	25.59	17.51	25.08	72.15	73.09	8.202	0.0	5.109	0.4537	44.69	4.736	83.71	1000.0	20.56	1.989	2293.5	1.6	0.0	1361.0	164.3	0.0	0.0	Arbetsrum 175
m 253	1	17.93	25.63	17.67	25.35	58.39	59.32	6.23	0.0	4.135	0.3557	20.09	4.778	82.44	857.0	19.63	2.098	2293.5	10.7	0.0	1361.0	164.1	0.0	0.0	Arbetsrum 253
m 259	1	17.94	23.8	17.78	23.62	40.56	41.51	6.975	0.0	4.073	0.4278	10.74	4.73	81.6	1000.0	18.9	1.962	2293.5	0.0	0.0	1361.0	160.4	0.0	0.0	Arbetsrum 259
m 167	1	17.93	26.0	17.58	25.72	56.12	57.05	6.791	0.0	4.954	0.4052	32.27	4.777	82.11	935.7	20.32	2.095	2293.5	19.7	0.0	1361.0	158.2	0.0	0.0	Arbetsrum 167
m 171	1	17.93	23.53	17.73	23.34	34.66	35.6	8.186	0.0	4.747	0.5179	17.82	4.727	80.35	1000.0	19.39	1.95	2293.5	0.0	0.0	1361.0	155.8	0.0	0.0	Arbetsrum 171
m 249	1	17.93	25.23	17.81	25.04	37.95	38.9	7.344	0.0	4.39	0.3967	19.24	4.765	80.7	1000.0	18.69	2.059	2293.5	1.6	0.0	1361.0	149.7	0.0	0.0	Arbetsrum 249
m 250	1	17.89	26.01	17.79	25.84	42.11	43.07	8.158	0.0	6.079	0.4971	30.9	4.769	79.91	930.2	18.84	2.071	2293.5	24.3	0.0	1361.0	147.9	0.0	0.0	Arbetsrum 250
m 251	1	17.9	25.66	17.83	25.52	39.67	40.62	9.022	0.0	5.847	0.3983	24.64	4.759	79.72	1000.0	18.62	2.043	2293.5	10.4	0.0	1361.0	145.5	0.0	0.0	Arbetsrum 251
m 165	1	17.92	25.55	17.75	25.24	29.34	30.27	7.257	0.0	4.576	0.3983	26.61	4.767	79.91	1000.0	19.34	2.06	2293.5	5.4	0.0	1361.0	140.3	0.0	0.0	Arbetsrum 165
m 163	1	17.92	25.33	17.77	25.12	32.33	33.29	9.311	0.0	5.998	0.5338	35.03	4.76	80.56	1000.0	19.21	2.04	2293.5	2.9	0.0	1361.0	138.0	0.0	0.0	Arbetsrum 163
00a	1	17.98	22.16			21.71	21.71	1.333	0.0	0.0	0.0	0.0	17.98	83.79	901.0	101.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Trappa 160a
161	1	17.98	23.52			69.85	69.85	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0	11.05	15.55	380.8	9122.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	VF 176
162	1	17.9	23.8			63.08	63.26	8.057	0.0	0.0	0.0	1.811	23.77	4.953	85.25	997.4	4.439	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Passage 161
Arbetsrum ...	1	18.0	22.91			9.566	0.5206	8.562	0.0	0.0	0.0	1.44	1.248	4.833	84.47	997.4	3.028	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Korridor 162
Arbetsrum ...	1	17.87	20.38			49.09	49.61	3.942	0.0	0.0	0.0	1.929	12.56	4.873	91.41	1000.0	3.127	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Upphållsrum 1
047a	1	17.94	19.93			32.73	33.12	1.768	0.0	0.0	0.0	11.86	5.495	93.43	1000.0	10.81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Trappa 047a
057a	1	17.98	19.43			12.99	14.39	1.863	0.0	0.0	0.0	7.065	0.0	4.717	92.17	1000.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Först 057a
057b	1	17.94	19.93			37.23	38.5	2.987	0.0	0.0	0.0	0.07512	4.706	90.35	1000.0	1.997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Passage 057b
247b	1	17.42	23.7			70.37	66.34	7.706	0.0	0.0	0.0	1.818	19.53	4.922	86.7	982.8	4.059	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Passage 247b

Bilaga 7 Uppmätta parametrar i arbetsrum vid användning av CAV-styrning.

Zon	Grupp	Zonn utlåt k _{z,m}	Min. temp _z , °C	Max. temp _z , °C	Min. op. temp _z , °C	Max. op. temp _z , °C	Maximal värmslag V/m ²	Värmings rumsapp a _z , V/m ²	Max kyllning V/m ²	Kyllning rumsapp a _z , V/m ²	Kyllning vent. V/m ²	Max fukt, L/s m ²	Max fukt, L/s m ²	Max rel fukt, %	Max CO ₂ , ppm (ø0)	Max PPD _z , %	Luftens maximala fukt, g/h	I bruk, h T _{op>25} , h _z (°)	h för T _{op>27} , h _z (°)	Pers. närvaro, h	P _{PRF} h _z (°)		
Pausrum 051a		1	17.94	20.61	17.84	20.53	21.49	24.03	6.183	0.0	2.537	0.4578	0.4797	4.683	89.49	1000.0	45.99	2.362	2293.0	0.0	0.0	6804.0	2083.0
ABD-Lärosal 01		1	17.93	21.48	17.71	21.06	26.8	29.74	7.711	0.0	3.845	0.5793	6.038	4.688	87.53	1001.0	18.92	1.894	2293.0	0.0	0.0	9526.0	1164.0
Arbetsrum 164		1	17.92	25.09	17.76	25.72	32.53	33.46	11.66	0.0	7.995	0.6784	36.18	4.755	79.96	1000.0	48.27	2.078	2293.0	17.9	0.0	4083.0	889.9
Källarum 054		1	17.93	20.3	17.69	20.15	26.72	32.87	7.914	0.0	3.09	0.5892	0.0	4.675	88.76	1001.0	18.89	1.919	2293.0	0.0	0.0	5444.0	706.8
Arbetsrum 257		1	17.94	23.51	17.79	23.47	41.06	41.98	10.33	0.0	6.174	0.6728	11.26	4.72	81.99	1001.0	18.88	1.99	2293.0	0.0	0.0	4083.0	469.9
Källarum 056		1	17.95	20.65	17.7	20.35	38.98	39.81	8.146	0.0	4.011	0.7069	0.001...	4.674	89.71	1001.0	18.91	1.847	2293.0	0.0	0.0	2722.0	357.2
Källarum 055		1	17.95	20.65	17.74	20.35	26.6	32.4	7.168	0.0	3.076	0.5439	0.0	4.671	88.86	1001.0	18.78	1.841	2293.0	0.0	0.0	2722.0	351.0
Källarum 053		1	17.94	21.51	17.67	20.98	44.24	45.29	7.514	0.0	3.79	0.5806	10.35	4.67	87.02	1000.0	15.1	1.853	2293.0	0.0	0.0	2722.0	350.7
Arbetsrum 258		1	17.93	24.3	17.62	24.11	62.01	62.96	8.242	0.0	4.993	0.5049	13.24	4.725	84.11	1000.0	19.78	2.003	2293.0	0.0	0.0	2722.0	333.8
Arbetsrum 256		1	17.93	23.65	17.79	23.77	44.1	45.34	10.32	0.0	4.234	0.6526	16.37	4.714	81.79	1001.0	18.92	1.967	2293.0	0.0	0.0	2722.0	312.5
Arbetsrum 172		1	17.93	23.17	17.93	23.91	37.18	38.91	11.37	0.0	6.137	0.6728	22.47	4.714	81.79	1001.0	18.92	1.967	2293.0	0.0	0.0	2722.0	308.8
Arbetsrum 173		1	17.93	23.2	17.74	23.12	30.96	31.9	10.72	0.0	6.373	0.7247	12.48	4.715	80.54	1000.0	19.4	1.971	2293.0	0.0	0.0	2722.0	306.0
Arbetsrum 172		1	17.93	23.65	17.72	23.78	39.44	40.38	11.37	0.0	6.934	0.7247	24.93	4.714	80.67	1000.0	19.51	1.971	2293.0	0.0	0.0	2722.0	305.0
Arbetsrum 174		1	17.93	23.25	17.75	23.21	31.7	32.63	11.62	0.0	6.944	0.7835	13.49	4.713	80.64	1000.0	19.35	1.967	2293.0	0.0	0.0	2722.0	304.7
Arbetsrum 252		1	17.92	25.06	17.86	25.09	38.05	38.98	13.08	0.0	8.6	0.7969	14.47	4.746	79.96	1001.0	18.55	2.06	2293.0	2.3	0.0	2722.0	287.3
Arbetsrum 166		1	17.92	25.02	17.74	24.96	28.82	29.75	12.58	0.0	8.216	0.7621	25.55	4.749	80.13	1000.0	21.65	2.062	2293.0	0.0	0.0	2722.0	284.4
Arbetsrum 169		1	17.91	24.65	17.51	24.37	65.02	65.94	6.635	0.0	4.874	0.3863	25.28	4.723	81.36	1000.0	20.7	1.994	2293.0	0.0	0.0	1361.0	171.6
Arbetsrum 256		1	17.94	23.7	17.4	23.53	41.77	42.69	8.232	0.0	4.854	0.5161	12.96	4.705	81.73	1000.0	21.1	1.95	2293.0	0.0	0.0	1361.0	167.7
Arbetsrum 261		1	17.94	25.01	17.73	24.95	27.19	27.95	11.66	0.0	4.575	0.4771	45.48	4.705	82.18	1000.0	20.97	1.982	2293.0	0.0	0.0	1361.0	166.6
Arbetsrum 175		1	17.93	26.62	17.51	26.08	72.07	73.0	8.194	0.0	5.108	0.4537	46.47	4.719	81.73	1001.0	20.67	1.989	2293.0	1.6	0.0	1361.0	154.3
Arbetsrum 253		1	17.93	25.63	17.66	25.35	38.34	39.27	6.225	0.0	4.134	0.3557	20.08	4.76	82.59	857.0	19.67	2.098	2293.0	10.6	0.0	1361.0	154.0
Arbetsrum 259		1	17.94	23.28	17.78	23.63	40.53	41.46	6.966	0.0	4.076	0.4278	10.74	4.709	81.1	1000.0	18.96	1.962	2293.0	0.0	0.0	1361.0	160.4
Arbetsrum 167		1	17.92	26.0	17.58	25.72	56.07	57.0	6.774	0.0	4.941	0.4041	32.24	4.76	82.25	935.8	20.39	1.999	2293.0	19.6	0.0	1361.0	158.2
Arbetsrum 171		1	17.93	23.52	17.73	23.34	34.63	35.66	8.177	0.0	4.742	0.5179	18.72	4.707	80.36	1000.0	19.47	1.95	2293.0	0.0	0.0	1361.0	155.8
Arbetsrum 249		1	17.93	25.23	17.81	25.05	37.93	38.67	7.344	0.0	3.9	0.3967	19.28	4.746	80.95	1000.0	18.75	2.059	2293.0	1.5	0.0	1361.0	149.7
Arbetsrum 250		1	17.89	26.01	17.78	25.84	42.09	43.03	6.142	0.0	6.089	0.6522	30.98	4.75	80.05	935.8	19.88	2.071	2293.0	0.0	0.0	1361.0	147.6
Arbetsrum 165		1	17.93	25.19	17.58	25.09	37.65	38.61	6.142	0.0	5.591	0.4751	24.71	4.75	80.05	1000.0	19.4	2.043	2293.0	1.0	0.0	1361.0	145.5
Arbetsrum 165		1	17.92	25.54	17.75	25.24	39.33	39.27	7.257	0.0	4.576	0.3983	26.68	4.748	80.05	1000.0	19.41	2.039	2293.0	5.4	0.0	1361.0	140.3
Arbetsrum 163		1	17.92	25.33	17.77	25.11	32.34	33.27	9.307	0.0	5.998	0.5337	35.12	4.74	80.7	1000.0	19.28	2.04	2293.0	2.8	0.0	1361.0	138.0



Bilaga 9 Resulterande SFPv för tilluftsfläkten.



Bilaga 10 Resulterande SFPv för frånluftsfläkten.