

Jämförelse av ventilationssystem

- En jämförelse av ventilationssystem ur ett miljö- och kostnadsperspektiv



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Avdelningen för byggproduktion**

Examensarbete:
Albin Bengtsson
Felix Lindström

□ Copyright Albin Bengtsson, Felix Lindström

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2024

Sammanfattning

I takt med att den globala energianvändningen ökar, inte minst i Sverige som är ett av de länder som använder mest energi per person, har även elpriserna ökat de senaste åren. Den största delen av energin i bostäder går åt till uppvärmningen där ventilationssystemen har inverkan.

Ett typhus som vi tidigare ritat användes som referens för att undersöka om det är kostnadseffektivt att installera ett FTX-system istället för ett F-system. Hur klimatpåverkan från dessa olika system skiljer sig samt hur inomhusklimat kommer skilja sig åt för de olika scenarierna.

Inledningsvis studerades litteratur kopplat till ämnet för att ge en känsla för hur frågeställningen ska besvaras samt för att ge ytterligare bakgrundsfakta. Frågeställningen landade i att göra en simulering av villan i programmet IDA ICE samt att klimatdeklarera ventilationssystemen.

Ventilationssystemen ritades upp i Revit för att kunna inventera vad för utrustning och hur mycket av den som behövs för de båda fallen. Klimatdeklarationen gjordes i One Click LCA, där utrustningen lades in som EPD:er för att räkna ut hur många kg CO₂e varje system bidrar med.

Villan ritades i simuleringsprogrammet och indata hämtades från referensobjektet, standardvärden i byggbranschen och värmekapaciteten samt köldbryggor hämtades från VIP Energy. Energianvändning simulerades under ett intervall på 1 år, detta för att se hur energianvändningen samt miljöpåverkan skiljer sig under samtliga årstider.

Då byggnaden värms upp av fjärrvärme och är belägen i Helsingborg hämtades indata för miljöpåverkan i form av CO₂e/kWh från Öresundskraft. Elpriset hämtades från SE4, södra Sverige som ett medelvärde för året 2023.

Resultatet var tydligt, det lönar sig att investera i ett FTX-system redan under år 4 jämfört med en investering i ett F-system. Under den tekniska livslängden, 25 år sparas det in 175 000 kr på att investera i FTX-systemet. Detta val är även det miljövänligaste då flera tusen kg CO₂e skiljer system åt. Jämförelsen gjordes även för olika platser i landet och resultatet var det samma med små variationer av kostnad och miljöpåverkan.

I vidare studier kan el och fjärrvärmeprisernas känslighet analyseras för om en märkbar variation av resultatet framkommer. Utöver det finns det vidare studier i hur stor värmeförlust som behövs för att hålla inomhusklimatet konstant under vinterhalvåret, vilket hade tillfört pris och miljöpåverkan till fördel för FTX-systemet. Analys av de faktiskt uppmätta värdena i villan kan göras för att bli WELL certifierad.

Nyckelord: FTX-system, Frånluftsystem, Energibesparing, Fjärrvärme, IDA ICE, EPD, LCA

Abstract

As global energy usage increases, particularly in Sweden, which is one of the countries with the highest energy consumption per capita, electricity prices have also risen in recent years. Most of the energy in homes is used for heating, where ventilation systems play a role.

A typical house we previously designed was used as a reference to investigate whether it is cost-effective to install an exhaust and supply air ventilation system with heat recovery instead of an exhaust air ventilation system, how the climate impact of these different systems differs, and how the indoor climate will vary under different scenarios.

Initially, literature related to the subject was studied to provide insight into how the research question should be answered and to give additional background information. The research question led to a simulation of the villa in the IDA ICE program and a climate declaration of the ventilation systems.

The ventilation systems were drawn in Revit to inventory what equipment and how much of it is needed for both cases. The climate declaration was made in One Click LCA, where the equipment was input as EPDs to calculate how many kg CO₂e each system contributes.

The villa was drawn in the simulation program, and data was retrieved from previous work in a similar program. Energy usage was simulated over a one-year interval to see how energy consumption and environmental impact differ across all seasons.

Since the villa is heated by district heating and is located in Helsingborg, data for environmental impact in the form of CO₂e/kWh was obtained from Öresundskraft. The electricity price was taken from SE4, southern Sweden, as an average for the year 2023.

The results were clear: investing in an exhaust and supply air ventilation system with heat recovery pays off as early as year 4 compared to an investment in an exhaust air ventilation. Over the technical lifespan of 25 years, 175,000 SEK is saved by investing in the exhaust and supply air ventilation system with heat recovery. This choice is also the most environmentally friendly, with several thousand kg CO₂e differences between the systems. The comparison was also made for different locations in the country, and the results were the same with small variations in cost and environmental impact.

In further studies, the sensitivity of electricity and district heating prices can be analyzed to see if a noticeable variation in the result would emerge. Additionally, further studies on the amount of heat supply needed to maintain a constant indoor climate during the winter months could add price and environmental benefits to the exhaust and supply air ventilation system with heat recovery. Analysis of the actual measured values in the villa can be done to achieve WELL certification.

Keywords: Exhaust and supply air ventilation system with heat recovery, Exhaust air system, Energy saving, District heating, IDA ICE, EPD, LCA

Förord

Det här examensarbetet har skrivits under vårterminen 2024 som avslutande moment för högskoleingenjörsprogrammet inom byggteknik med arkitektur. Examensarbetet har skrivits på Avdelningen för Byggproduktion vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten omfattar 22,5 HP. Vi vill tacka Urban Persson och Karin Farsäter för deras handledning under vårt examensarbete.

Förkortningar och beteckningar

Följande tabell är en lista på förkortningar och facktermer i syfte att förenkla läsningen av arbetet.

Tabell 1: Facktermer och förkortningar (N.E)

Förkortning	Förklaring
BIM	Building Information Model
BRA	Bruksarea
BTA	Bruttototalarea
CO ₂ e	Koldioxidekvivalent
EPD	Miljövarudeklaration för en byggprodukt
F - system	Frånluftssystem
FTX - system	Från- och tilluftssystem med värmeåtervinning
IWBI	International WELL Building Institute
kWh	Kilowattimme
LCA	Livscykelanalys
MEP	Mechanical, electrical, plumbing
MET	Metabolic rate
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied
PPM	Parts per million
RF	Relativ luftfuktighet
U - värde	värmegenomgångskoefficient
Ψ-värde	värmegenomgångskoefficient för köldbryggor
FE	Funktionell enhet

Innehållsförteckning

Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Problemformulering	2
1.4 Avgränsningar	2
2 Teori	3
2.1 Ventilation	3
2.1.1 F-system	3
2.1.2 FTX-system	4
2.2 Fjärrvärme	4
2.3 Luftkvalité	5
2.4 PPD	5
2.5 Livslängd	6
2.6 Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan	6
2.7 Miljöcertifieringssystem	7
2.7.1 Miljöbyggnad	7
2.7.2 WELL	8
2.8 Klimatdeklaration och LCA	8
2.9 Programvaror	9
2.9.1 One Click LCA	9
2.9.2 Revit	10
2.9.3 IDA ICE.....	11
3 Metod	12
3.1 Arbetsgång	12
3.2 Referensobjekt	13
3.2.1 Frånluftssystem	13
3.2.2 FTX-system	15
3.2.3 Mängduppställning	17
3.2.4 One Click LCA	21
3.2.5 IDA ICE	25
3.3 Inomhusklimat och luftkvalité	28
3.4 Energianvändning	28
4 Resultat	29
4.1 Klimatdeklaration av systemen	29
4.2 Sammanställning av klimatdeklarationerna	31
4.3 Miljöpåverkan och kostnad för el och fjärrvärme	32
4.4 Frånluftssystem	33
4.5 FTX-systemet	35
4.6 Driftkostnader	38

4.7 PPD och Luftkvalité	39
4.8 Livslängd	42
4.9 Klimatpåverkan	42
5 Diskussion och slutsats.....	46
5.1 Framtida arbeten	47
6 Litteraturförteckning	49

Inledning

I detta kapitel behandlas bakgrunden till arbetet, dess syfte, problemformulering samt avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Den globala energianvändningen ökar ständigt och Sverige är ett av länderna i världen där mest energi används per person. Eftersom världens energianvändning förväntas fortsätta öka och att all energianvändning påverkar miljön och naturen ligger det i tiden att ställa om mot hållbar och förnybar energi. Den största delen, ungefär 60 % av energianvändningen i svenska bostäder går till uppvärmning, den resterande delen går till bland annat varmvatten och hushållsel i lika delar (Naturskyddsföreningen, 2022).

Genom att byta ut befintliga självdragssystem som är baserad på passiv ventilation där luftutbytet sker genom don i väggen samt andra läckage till att installera F- eller FTX-system i nybyggnationer kan bostäders energiförbrukning sänkas vilket kan leda till mindre påfrestningar på energiproducenterna. Den minskade energianvändningen leder även till att kostnaden kan minska. Alltså kan både miljöpåverkan och kostnaden minska genom att välja F- eller FTX system. Då fjärrvärme är den vanligaste förekommande uppvärmningsformen kan kostnaden och miljöpåverkan komma att bero av vilken typ av fjärrvärmenät en byggnad är ansluten till. Frånluftsystem bygger på mekanisk frånluft, att en fläkt för ut den smutsiga frånluften och ny tilluft tas in via tilluftsdon i väggen. FTX-systemet eller mekanisk till och frånluft med värmeväxling bygger på principen att uteluften tas in och värms upp av frånluften i värmeväxlaren. Detta gör att tilluften redan har värmts upp till en viss del innan den tillförs som tilluft. På så vis sparas energi och uppvärmningskostnaden minskar (Svensk ventilation, u.åc).

1.2 Syfte

Syftet med den här rapporten är att genom simuleringar, klimatdeklarationer och litteraturstudier undersöka och jämföra användandet av F- och FTX-system. Rapporten kommer att innehålla en jämförelsestudie kring ventilationssystemens prestanda under lika förutsättningar samt lista deras för- och nackdelar. Rapporten kommer även att innehålla en jämförelsestudie av de olika ventilationssystemens klimatpåverkan och kostnad.

1.3 Problemformulering

- Hur kommer inomhusmiljön att påverkas av de olika systemen och vad krävs för att bibehålla samma inomhusklimat?
- Hur stor skillnad är klimatpåverkan på de två olika systemen under dess tekniska livslängd?
- När kommer det vara lönsamt under en 25 års period att installera ett FTX -system utifrån ett kostnadseffektivt perspektiv?

1.4 Avgränsningar

Arbetet kommer att begränsas till en tvåplansvilla, ritad av oss och belägen i Helsingborg, Skåne. Utöver den begränsade geografin kommer byggnaden vara begränsad till vattenburen värme och ventilationen till dess ekonomiska samt tekniska livslängd.

För simuleringen av byggnaden i IDA ICE kommer väderdata att användas från Sturup väderstation eftersom det är den närmaste väderstationen till Helsingborg i IDA ICE.

Arbetet begränsas även till att Miljöbyggnad 4.0 ska användas för att analysera hur väl inomhusklimatet upplevs.

2 Teori

I detta kapitel kommer teori kopplat till arbetet presenteras.

2.1 Ventilation

Ventilation har som syfte att föra in tillräcklig mängd uteluft till en byggnad som tilluft och föra ut föroreningar och hälsofarliga ämnen som frånluft. Ventilationen ska också se till att föroreningar inte sprids i en byggnad, till exempel att luft från badrum och kök inte transporteras vidare till sov- och samlingsrum. En byggnad med bristande ventilation leder till att inomhusluften kan bli hälsofarlig på grund av att det ökar sannolikheten att det blir problem med fukt och mögel i byggnaden. Mängden ventilation som krävs i en byggnad beror på vad ytorna i huset används till. Enligt PBL ska det minsta ventilationsflödet vara 0,35 l/s, m² när människor vistas i en byggnad (Boverket, 2024b).

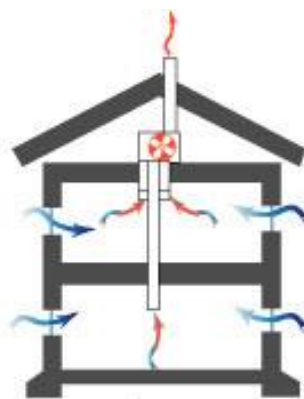
Några av de vanligaste ventilationssystem i Sverige är från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (betecknas FTX-system) samt frånluftssystem (betecknas F-system). Nedan kommer dessa system att jämföras och förklaras kort.

2.1.1 F-system

Frånluftssystem blev ett vanligt förekommande ventilationssystem under 70-talet i svenska bostäder, istället för självdrag drivs alltså den använda luften ut mekaniskt via fläktar som oftast placeras i kök, badrum och tvättstugor (Flexit, u.åa).

Den stora skillnaden mellan självdrag och frånluftssystem är att man tar in luft via tilluftsventiler alternativt via vädringsfönster medan i självdragssystemet tas luften in via dörrspringor eller andra liknande läckor (Svensk ventilation, u.åa).

Det finns några nackdelar med F-systemet, några av dessa är likt självdragssystemet att tilluften har samma temperatur som utluften vilket kan vara kall luft. Utöver det renas den inte tillräckligt vilket kan leda till att föroreningar tar sig in i byggnaden. I modernare versioner av F-systemet finns det filter i de väggmonterade tilluftsdonen vilket avskiljer de grövsta föroreningarna. Drag och kallras kan även motverkas genom noggrann dimensionering samt placering av donen (Svensk ventilation, u.åa).



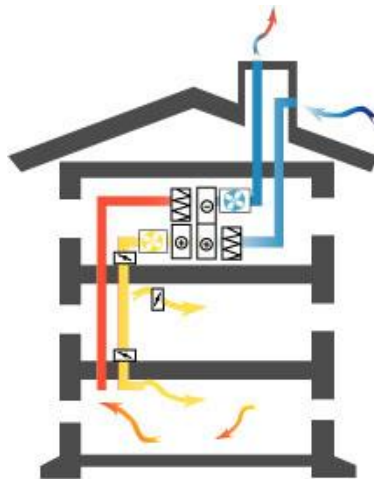
Figur 3.1: frånluftssystem principskiss (Svensk ventilation, u.åa)

2.1.2 FTX-system

FTX-systemet är ett fläktstyrt från- och tilluftssystem med värmeåtervinning. Detta ger full kontroll till brukaren över mängden tilluft (friskluft) som tillförs rummen i byggnaden. Alltså ett stabilt, flexibelt och kostnadseffektivt system. Att investera i ett FTX-system utrustar byggnaden med ett kanalsystem som transporterar bort använd luft från och tillför ny och frisk luft. Om det finns befintliga kanaler i byggnaden kan dessa eventuellt återbrukas efter att en kontroll är genomförd av dess skick (Svensk ventilation, u.åb).

Innan den uppvärmda frånluften (använd inomhusluft) skickas ut, passerar den en värmeväxlare. Denna använder energin i form av värme i frånluften till att värma upp den kalla inkommande uteluften (luften man tar in i byggnaden utifrån). Luften filtreras sedan och värms upp innan den sedan tillförs i byggnadens olika rum som tilluft. På detta sätt sparas energi då den kalla uteluften värms upp redan innan den blir tilluft (Svensk ventilation, u.åb).

FTX systemet tar alltså in kall uteluft som värms upp av den använda frånluften i värmeväxlaren med en verkningsgrad på upp till 85%. Efter värmeväxlaren blåser tilluftsdonen ut luften i bland annat vardagsrum och sovrum för att sedan tas ut via frånluftsdon där luften passerar värmeväxlaren för att värma upp ny tilluft. Figur 3.2 redovisar en principskiss för ett FTX-system.



Figur 3.2: FTX-system, principskiss (Svensk Ventilation, u.åb)

2.2 Fjärrvärme

Fjärrvärme används idag av upp till 90% av svenska bostäder i tätorter och fungerar genom att vatten värms upp av förbränning av diverse bränsle alternativt från restvärme från industri. Det uppvärmda vattnet skickas ut i isolerade rör till bostäder, företag och andra brukare. När det uppvärmda vattnet kommer fram till sin destination i värmecentralen överförs värmen i värmeväxlaren. Värmen överförs till byggnadens egna värmesystem och fjärrvärmeverkets vatten tar sig tillbaka till värmeverket för att börja om sin resa (Vattenfall, u.å). Öresundskraft använder olika bränsle för att värma upp vattnet, bland annat restvärme från industri, avfall och träpellets. Den största delen av koldioxidutsläppen kommer just från hushållsavfall från bostäder och företag då det finns fossil plast i restavfallet. I Ängelholm produceras fjärrvärmens främst av träavfall som lämnas på återvinningscentralerna. För år 2021 var klimatpåverkan i CO₂e/kWh 55 g för Helsingborg och 11 g för Ängelholm (Öresundskraft, u.åb).

2.3 Luftkvalité

Luftkvaliteten i en byggnad beror på flera faktorer, några av dessa är bland annat hur bra luften är som kommer in i byggnaden, vilka föroreningar som avges till inomhusluften från mänskliga aktiviteter, från byggnaden i sig samt från dess inredning. Hur effektivt ventilationen kan vädra ut dessa föroreningar påverkar också innemiljön (Folkhälsomyndigheten, 2024).

Det finns alltså olika faktorer som påverkar luftkvaliteten. Krav och standarder skiljer sig åt från land till land. Enligt Svensk Standard, SS-EN ISO 7730 bör luftfuktigheten inomhus vara mellan 30–70% relativ fuktighet (RF). Den relativa fuktigheten beror på skillnaden mellan inne- och uteluftens temperatur. Den är alltså lägre under vintern och högre under sommaren (Folkhälsomyndigheten, 2023).

Luftkvaliteten påverkas även av koldioxidhalten i luften, mätt i ppm (Parts per million). En koldioxidhalt över 1 000 ppm kan indikera att ventilationen är feldimensionerad och alltså inte tillräcklig för att ventileras ut koldioxid och andra föroreningar. I detta fall behövs kontroller genomföras och åtgärder tas vid. (Folkhälsomyndigheten, 2023). Utomhushalten av koldioxid är ca 400 ppm medan inomhus brukar halten vara 600–800 ppm i väl ventilerade bostäder eller lokaler (Folkhälsomyndigheten, 2023). Tabell 3.1 redovisar gränsvärden för att undvika olägenheter.

Tabell 3.1: För att undvika olägenhet för människors hälsa bör dessa värden klaras.
(Folkhälsomyndigheten, 2023)

Parameter	Bostäder	Skola, förskola, idrottshallar	Allmänna lokaler
Uteluftsflöde	Minst 0.35 l/kvadratmeter och s eller minst 4 l/s person	Minst 7 l/s +0.35 l/kvadratmeter och s	
Luftomsättning g	Minst 0.5 rv/t	Se luftflöde	Se luftflöde
Fuktskillnad, inne-ute (a)	Högst 3 g/kubikmeter	Högst 3 g/kubikmeter	Högst 3 g/kubikmeter
Koldioxid (b)		Högst 1000 ppm	Högst 1000 ppm

2.4 PPD

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) är ett mått på förväntad andel missnöjda. Till exempel så innebär $PPD \leq 15\%$ att upp till 15 % av personerna som vistas i byggnaden förväntas vara missnöjda med det termiska klimatet (Sweden Green Building Council, 2022b).

Enligt Miljöbyggnad 4.0 med betygsriterie silver bör $PPD \leq 15\%$ under sommarhalvåret och $\leq 10\%$ under vinterhalvåret.

För att mäta PPD kan även enkäter användas. I Miljöbyggnads innemiljöenkät finns det elva frågor med svarsalternativ från Mycket bra, Bra, Acceptabel, dvs varken bra eller dåligt, Dålig samt Mycket dålig. Frågorna omfattar bland annat värmekomfort under både vinter- och sommarhalvåret, akustik, luftkvalitet, ljus och mögellukt. Enkäterna tar även hänsyn till brukarens ålder, kön och på vilken våning de bor (Sweden Green Building Council, 2022a).

I IDA ICE är PPD baserat på sex stycken olika variabler, lufttemperatur, ytemperatur, luftfuktighet, lufthastighet, klädisolering och aktivitetsnivå. Klädisoleringen påverkar PPD under både sommar och vinter. I IDA ICE kan klädisoleringen ställas in som en variabel vilket betyder att människor som befinner i huset kan anpassa sin klädsel, likt vardagen. Aktivitetsnivån mäts i Met (Metabolic Rate) vilket är mängden värmeenergi en person producerar. Till exempel har en sovande person en aktivitetsnivå på 0,8 Met vilket motsvarar ca 80 W.

2.5 Livslängd

Livslängden på ventilationssystemet kan delas in i den tekniska -och ekonomiska livslängden.

Ekonomisk livslängd används vanligtvis inom investeringskalkyler och är den tiden som en produkt förväntas vara ekonomiskt lönsam. Vilket betyder att en produkt fortfarande kan fungera men det inte är lönsamt att använda den istället för att ersätta den (Fortnox, u.å). Avskrivningar av en investerings anskaffningsvärde görs systematiskt över tidsperioden som den förväntas användas. Avskrivningar är ofta linjära varje år, en investering som kostar 10 000 kr och har en förväntad livslängd på 5 år kommer att ha en värdeminskning med 2000 kr/år i resultaträkningen (Svensk vatten, 2016).

Teknisk livslängd avser den livslängden en produkt normalt uppfyller avsedd funktion med normal drift och underhåll.

2.6 Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan

På uppdrag av regeringen har Boverket haft i uppgift att lämna ett författningsförslag om klimatdeklarationer för byggnader som bland annat innebär att upprätta krav på gränsvärden för byggnaders klimatpåverkan ska införas tidigare än 2027 (Boverket, 2023a).

Med ett huvudmotiv på att sänka klimatpåverkan snabbt kan dessa gränsvärden för byggskedet A1-A5 i kg CO₂e/m² BTA införas som tidigast den första juli 2025. Gränsvärdet föreslås omfatta samtliga byggdelar, från grunden till installationer som ventilation och solceller och annan fast utrustning. Gränsvärdena föreslås delas upp i två olika grupper enligt följande figur (Boverket, 2023a).

Tabell 3.2: Föreslagna gränsvärden (Boverket, 2023a)

	Byggnadstyp	Gränsvärde (kg CO ₂ e/m ² BTA)
Grupp 1	Flerbostadshus	375
	Kontor	385
	Utbildning exklusive förskola	380
Grupp 2	Förskola	330
	Småhus	180
	Specialbostad	385
	Övriga byggnader	460

En utökad klimatdeklaration för byggskedet A1-A5, underhåll B2, utbyte B4, driftenergi B6 och C1-C4 slutskedet. Framöver föreslås gränsvärdena att skärpas vart femte år med den första sänkningen av gränsvärdena år 2030 med 25%. Denna sänkning gäller dock inte för småhus, där förväntas sänkningen vara på 0–15% jämfört med år 2025 (Boverket, 2023a).

2.7 Miljöcertifieringssystem

I Sverige finns olika typer av system för miljöcertifiering av byggnader. Miljöcertifiering av byggnader är inte ett myndighetskrav utan det är en privaträttslig certifiering (Boverket, 2019a). Miljöcertifiering av byggnader säkerställer att under hela arbetsprocessen är hållbarhetsfrågan i fokus. Miljöcertifieringar ger förtroende för byggföretaget vilket kan öka efterfrågan på just miljöcertifierade byggnader. Certifieringen kan även ge möjlighet till gröna lån. (Sweden green building council, u.åa) Gröna lån vill uppmuntra till ett mer miljövänligt boende och kan ge avdrag på dylika räntesatser på bolånet (Swedbank, u.å).

Nedan förklaras två av de vanligaste miljöcertifieringssystemen i Sverige, Miljöbyggnad och WELL.

2.7.1 Miljöbyggnad

Miljöbyggnad är ett svenskt miljöcertifieringssystem av byggnader. I dagsläget är runt 2300 byggnader antingen certifierade eller på väg att bli certifierade i Miljöbyggnad (Sweden Green Building Council, 2024a). Systemet, Miljöbyggnad både ägs och utvecklas av Sveriges största organisation för hållbart samhällsbyggande, Sweden Green Building Council. De genomför även certifieringarna (Sweden Green Building Council, 2024a).

Miljöbyggnad bedömer totalt sexton olika indikatorer, dessa indikatorer granskas av en tredje part, alltså någon som är oberoende av certifieringen (Sweden green building council, 2024a). Miljöbyggnad ägnar mest tid åt att bedöma innemiljön.

Brons

Brons är den första nivån av certifiering, för att få brons behövs det bara att följa aktuella lagkrav och rekommendationer. Utöver det ska en ansökan skickas in om certifieringen (Sweden Green Building Council, 2024a).

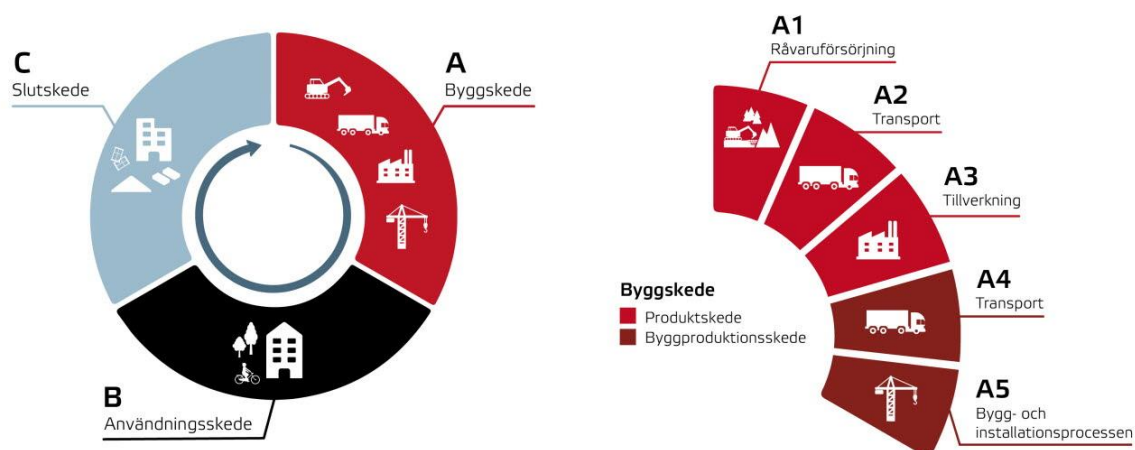
Silver

För att uppnå Miljöbyggnad Silver behöver en byggnad prestera en bra över värdena enligt lagkrav och rekommendationer. Faktorer som behöver förbättras är bland annat ljudmiljön, solskydd och ventilationen (Sweden Green Building Council, 2024a).

Guld

Guld är den högsta nivån i Miljöbyggnad och är ett ambitiöst mål som byggnader med stark miljöprofil kan satsa på. Utöver kraven som ställs för Miljöbyggnad Silver tillåts till exempel bara en fjärdedels radonhalt av de lagstadgade kraven. För att uppnå miljöbyggnad Guld krävs det att innemiljön är mycket god. Detta görs genom olika mätningar och -eller att fråga de som bor eller jobbar i fastigheten (Sweden Green Building Council, 2024a).

En av Miljöbyggnads indikatorer behandlar LCA beräkning. Klimatpåverkan ska redovisas för livscykelmodul A1-A5 för betyg brons och silver där A är byggskedet enligt figuren nedan. För silver ska även ett gränsvärde uppnås. För guld är gränsvärdet svårare att uppnå än för silver och livscykeln på byggnadens klimatpåverkan ska beräknas enligt skede A-C (Boverket, 2019a).



Figur 4.1: Klimatdeklarationens omfattning (illustration: infab 2023c)

2.7.2 WELL

WELL Building Standard är en certifiering som främst syftar till att förbättra människors hälsa och välmående för de som bor och vistas i deras certifierade byggnader. Certifieringen används för allt från byggnader som villor och flerbostadshus, kommersiella interiörer och även stadsdelar. Well är ett globalt certifieringssystem. Certifieringen är anpassad och används för den svenska marknaden. Well ägs av den amerikanska icke-vinstdrivande organisationen International WELL Building Institute (IWBI) (Sweden Green Building Council, 2024b).

Well tar hänsyn till fler faktorer än vad Miljöbyggnad gör, till exempel ingår bland annat föroreningar, vatten, hälsa och sociala faktorer i Well utöver vad som ingår i Miljöbyggnad. Utöver de nämnda faktorerna finns det totalt 10 faktorer som främst syftar på människors hälsa och välmående (Sweden Green Building Council, 2024b).

2.8 Klimatdeklaration och LCA

Livscykelanalysen är metod för att beräkna miljöpåverkan av en produkts hela livscykel. En livscykelanalys är uppdelade i 3 faser av en produkts livslängd, byggskede, användningskede och slutskedet. Byggskedet tar hänsyn till den miljöpåverkan det tar att producera produkten, transportera den till byggarbetsplatsen samt installationen av produkten. Användningskedet beräknar miljöpåverkan produkten har under tiden den används. Slutskedet tar hänsyn till demontering,

transport, restproduktbehandling och bortskaffning. De olika delarna i en livscykelanalys förklaras i tabell 2.1.

Tabell 2.1: Tabell på de olika beståndsdelarna av en livscykelanalys (Boverket, 2023c)

Livscykelinformation byggnad				Tilläggsinformation
A1–A5 Byggskede		B1–B7 Användningsskede	C1–C4 Slutskede	D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen
A1–A3 Produktskede	A4–A5 Bygg- produktionsskede			
A1 Råvaru- försörjning	A4 Transport	B1 Användning	C1 Demontering, rivning	
		B2 Underhåll		
A2 Transport	A5 Bygg- och installations- processen	B3 Reparation	C2 Transport	
A3 Tillverkning		B4 Utbyte	C3 Restprodukt- behandling	
		B5 Ombyggnad		
	B6 Driftsenergi	C4 Bortskaffning		
	B7 Driftens vattenanvändning			

Den 1 januari 2022 blev det krav på att klimatdeklarerat vid uppförande av nya byggnader. Syftet med att införa ett krav på att klimatdeklarerat nya byggnader är att sänka klimatpåverkan från byggskedet (Boverket, 2021). Klimatdeklarationen innehåller uppgifter om klimatpåverkan från byggskedet dvs från punkterna A1-A5 i figuren.

Miljödata kan delas upp i två olika kategorier, specifika klimatdata och generiska klimatdata. För specifika klimatdata gäller det att data från förädling av råvaror till tillverkningen av varan samlas in. Den ska även ha data för A4-C4. För EPD:er ska den specifika data som tagits fram granskas av en tredje part och baseras på en gemensam LCA metodik. Informationen blir efter granskningen publicerad av en programoperatör och anses då vara trovärdig information (Boverket, 2019b).

I början av projekteringen kan exakt materialval vara okänt, då kan generiska data användas för att ersätta den specifika data. Generiska data från Boverket är 75-percentilen av klimatdata för produkter som används på den svenska marknaden. Denna data brukar vara 25% högre än medelvärdet av motsvarande specifika data. I ett senare skede i projekteringen när val av material är kända kan de flesta generiska data bytas ut mot specifika data för att få en mer sanningsenlig klimatdeklaration. Saknas produktspecifika data används ofta den generiska data hela vägen (Boverket, 2023b).

2.9 Programvaror

Nedan presenteras programvarorna vi använt i detta examensarbete.

2.9.1 One Click LCA

One Click LCA är det industriledande teknikföretaget för att minska eller eliminera koldioxid från konstruktion samt tillverkningssektorn. Det är ett globalt livscykelanalys (LCA) verktyg. Programmet beräknar och genom EPD:erna kan miljövänligare material väljas för att minska miljöpåverkan av byggnader, infrastruktur och även renoveringsprojekt. Tillverkare från konstruktionssektorn kan ladda upp miljövarudeklarationer för byggprodukter (EPD) som är granskade av en oberoende källa (One Click LCA, 2024).

One Click används för att klimatdeklarera byggvaror med hjälp av EPD:er och tillåter cirkulär bedömning, livscykelkostnad samt biologisk mångfald (One Click LCA, 2024).

Programmet som är framtaget av finska Bionova används för att beräkna livscykelanalyser på byggnader. Mjukvaran används online där informationen kan läggas in manuellt eller via Excel-dokument från EPD:er. Verktöget har använts via studentlicens vilket kan ha påverkat tillgänglighet och funktioner som verktöget erbjuder. Mjukvaran är godkänd av bland annat Miljöbyggnad och Leed för att utföra livscykelanalyserna.

2.9.2 Revit

Revit är en programvara som är skapad av Autodesk. Programmet används för att bland annat designa byggnader och infrastruktur i en 3D modell. Revit är en BIM (Building information model) programvara där exakta ritningar kan skapas. Planvyer, sektioner, 2D- och 3D-vyer samt renderingar kan skapas genom programvaran. Revit ger användaren möjligheten att analysera byggnaden redan under projekteringsfasen, där både kostnader och byggnadens livscykel kan uppskattas. En stor fördel med Revit och BIM projektering är samordningen mellan aktörerna som arbetar med projektet för att undvika krockar med olika byggnadsdelar (Revit, 2024).

2.9.3 IDA ICE

IDA ICE (IDA Indoor Climate and Energy) är en typ av simuleringsverktyg för bland annat bostäders prestanda.

IDA ICE 5.0 fokuserar på tre huvudområden vilka är:

1. **Inomhusklimat:** IDA ICE ger exakta och detaljerade simuleringar vilket kan möjliggöra optimering av nyproducerade men även befintliga byggnader. Detta ger möjlighet att undvika förenklade modeller och istället använda sig av byggnadens faktiska utseende (EQUA, 2023).
2. **Byggnader som "energiprosumenter":** Simuleringsprogrammet har möjlighet att utforska konceptet energiprosumenter. Förut var huvudfokus på att minska byggnaders energianvändning. Nu kan simuleringsprogrammet användas för att aktivt bidra till byggnader med egen energiproduktion (EQUA, 2023).
3. **Effektiv molnbaserad optimering:** Sedan IDA ICE 4.8 har möjligheter att optimera bland annat fönsteregenskaper, tilluftstemperatur eller storlek och lutning på solcellsanläggningar. Med den senaste versionen 5.0 kan flera hundra simuleringar göras samtidigt med nästan obegränsade resurser i molnet. (EQUA, 2023).

3 Metod

Detta kapitel beskriver metoden som använts vid genomförandet av denna studie. Inledningsvis genomfördes en litteraturstudie som legat till grund för diverse simuleringar och klimatdeklarationer. När nya frågetecken dykt upp har litteraturstudierna återupptagits. Information från referensmodellen i Revit har analyserats och antaganden har tagits för att möjliggöra en enklare livscykelanalys. Arbetet har utgått från en tidsplan med fortlöpande handledning. Arbetsmetoden har utgått efter en fallstudie som är en metod för att analysera ett specifikt fall på djupet. En fallstudie medför en djupgående och rik analys med omfattande insamling av data. Metoden kan användas för att analysera nya områden samt områden med begränsad forskning. Ibland används beteckningen även för studier av individer. I detta fall används metoden för att bygga teorier baserade på våra datainsamlingar (Puranen *et.al.* 1991, s.119).

3.1 Arbetsgång

Detta arbete har utförts efter frågeställningarna som sattes upp i kapitel 1, syfte. Information har hämtats från kända och säkra källor, så som myndigheter och företag. Den hämtade informationen har använts för att skriva en trovärdig teori samt för att hämta värden till uträkningar.

Underlag till klimatdeklarationen av de olika ventilationssystemen har hämtats från referensobjektet i Revit. Ventilationssystemen inventerades enligt kapitel 3.2.3 och sammanställdes i Excel. Eftersom kalkylposterna har enheter som *m* och *st* så måste en omvandling till *kg* göras.

Omvandlingen gjordes främst med hjälp av Lindabs datablad för utrustningen, i databladet hämtades vikten för reduktioner, T-kanaler och böjar. För kanalerna hämtades *kg/m* för samtliga använda kanaldimensioner. Denna multiplicerades med aktuell längd för kanaldimensionerna. Vikt för resterande utrustning hämtades enligt kapitel 3.2.3.

Avfallsmängder från spill, transportsätt samt bränsle inhämtades från Lindabs EPD för kanalutrustningen. Övrig utrustning saknar EPD, därav valdes avfallsmängder och transportsätt enligt Lindabs EPD för att undvika generiska klimatdata. Google Maps används för att mäta transportavstånd till de olika leverantörerna av utrustningen.

Uppgifter för utrustningens tekniska livslängd hämtades via Lindabs EPD, för övrig utrustning hämtades den tekniska livslängden enligt generiska klimatdata.

Kalkylposterna matas in i One Click LCA manuellt där programmet beräknar klimatpåverkan för utrustningen. Vid avsaknad av specifika klimatdata valdes klimatdata enligt tabell 3.3.

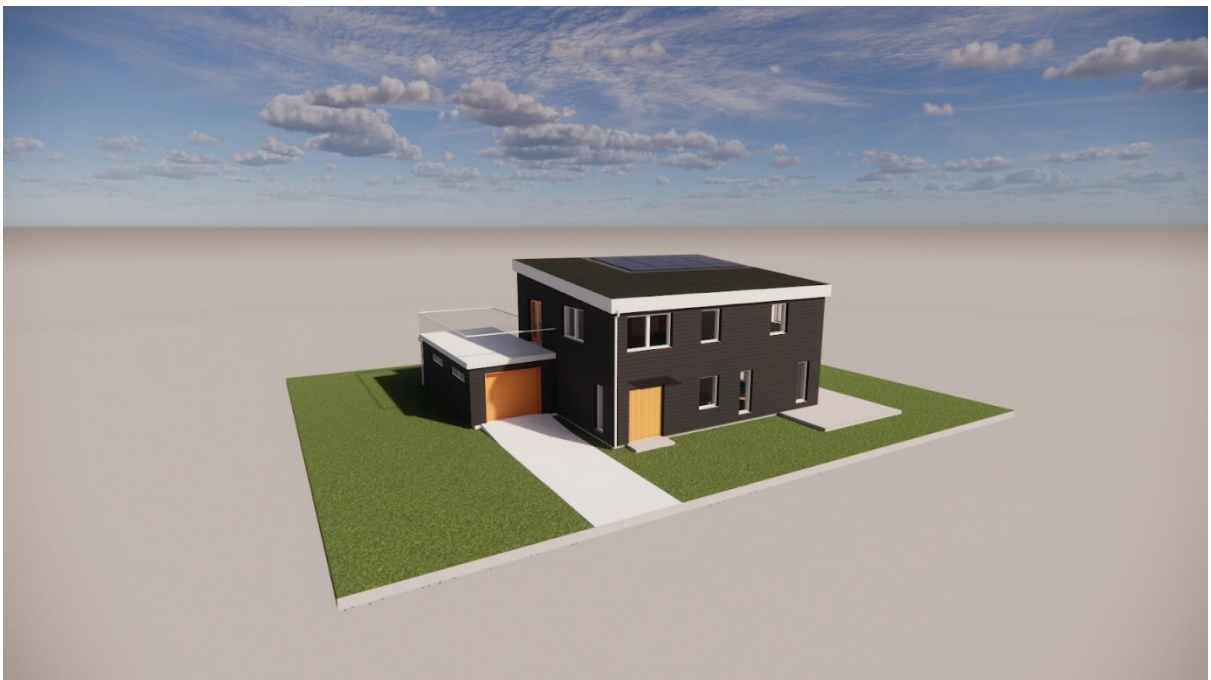
Beräkningar av energi och inomhusklimat har genomförts i IDA ICE 5.0. Indata i programmet har valts i följande ordning värden från referensobjektet, värden som är svensk byggstandard och standardvärden i programmet. Köldbryggorna ritades och simulerades i programmet VIP-Energy och Ψ -värdet matades in i IDA ICE. Huset är beläget i Helsingborg men simuleringarna använder klimatdata från den närmsta klimatstationen vilket är Sturup.

Kostnader på material är hämtat från luftbutiken, hornbach, Bauhaus, ventilation.se samt polarpumpen.se med syftet att få kostnader som representerar vad en privatperson skulle betala. Vid produkter med flera återförsäljare med stora prisskillnader har den billigaste återförsäljarens pris använts.

3.2 Referensobjekt

Referensobjektet för detta examensarbete är en tvåplansvilla på 159,4 kvm BRA (bruksarea). Villan är ritad av oss samt två andra studenter i en kurs under det tredje året på linjen Byggt teknik med arkitektur och följer detaljplanen för området Björka 16:4, Ödåkra i Helsingborg. Plan ett består av grovkök, badrum, ett mindre sovrum samt en öppen planlösning där både kök och vardagsrum finns. Uppför trappen i hallen finns det ett stort vardagsrum, två större sovrum, en klädkammare och ett badrum. Huset är uppbyggt av en trästomme och har ett U - medelvärde på 0,26 W/(m²K). Otäthetsfaktorn är satt till 0,3 l/s, m² för samtliga byggdelar. Huset värms upp med fjärrvärme från Öresundskraft i Helsingborg men kommer testas mot olika fjärrvärmenät för att jämföra kostnad och klimatpåverkan. Villan ska utrustas med både F och FTX - ventilationssystem. Huset är ritat i programmet Revit och bilden är renderad från pluginprogrammet Enscape.

Ventilationssystemet är ritat i Revit MEP (mechanical, electrical and plumbing) där kanaldimensionerna har beräknats genom en onlinetjänst samt kontrollräknats för hand.



Figur 3.1: Bild på BIM modell som visar villans södra fasad

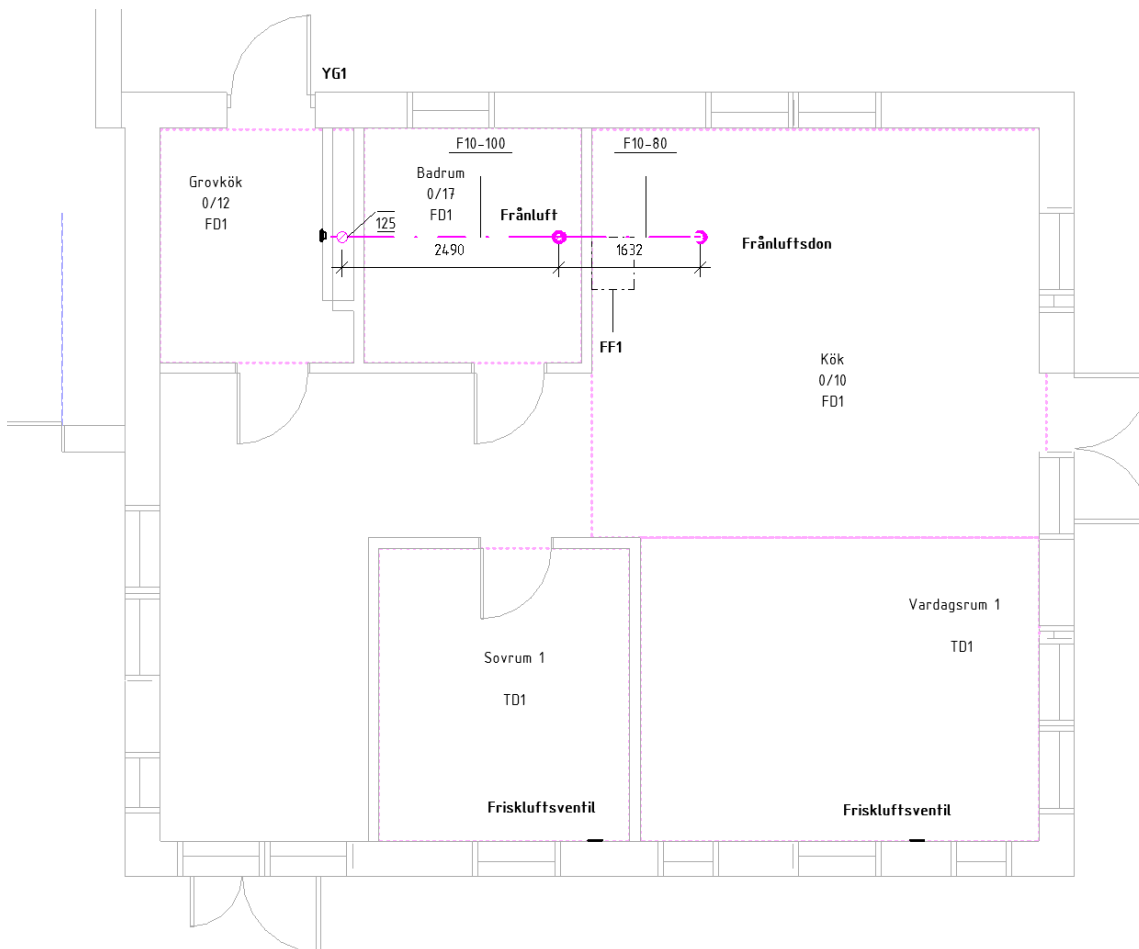
3.2.1 Frånluftssystem

Frånluftssystemet är uppbyggt med frånluftsdon som är placerade där smutsig luft främst uppkommer, alltså i grovköket, köket samt badrummet på plan ett samt frånluftsdon i klädkammaren och badrummet på plan två. Luften tar sig in via donen som är ihop kopplade till kanalerna som sedan leder upp i schaktet. En frånluftsfläkt sitter i takhuven och drar ut den smutsiga luften. Friskluftsventilerna är placerade där människor ofta vistas, på plan ett sitter dessa i sovrummet och

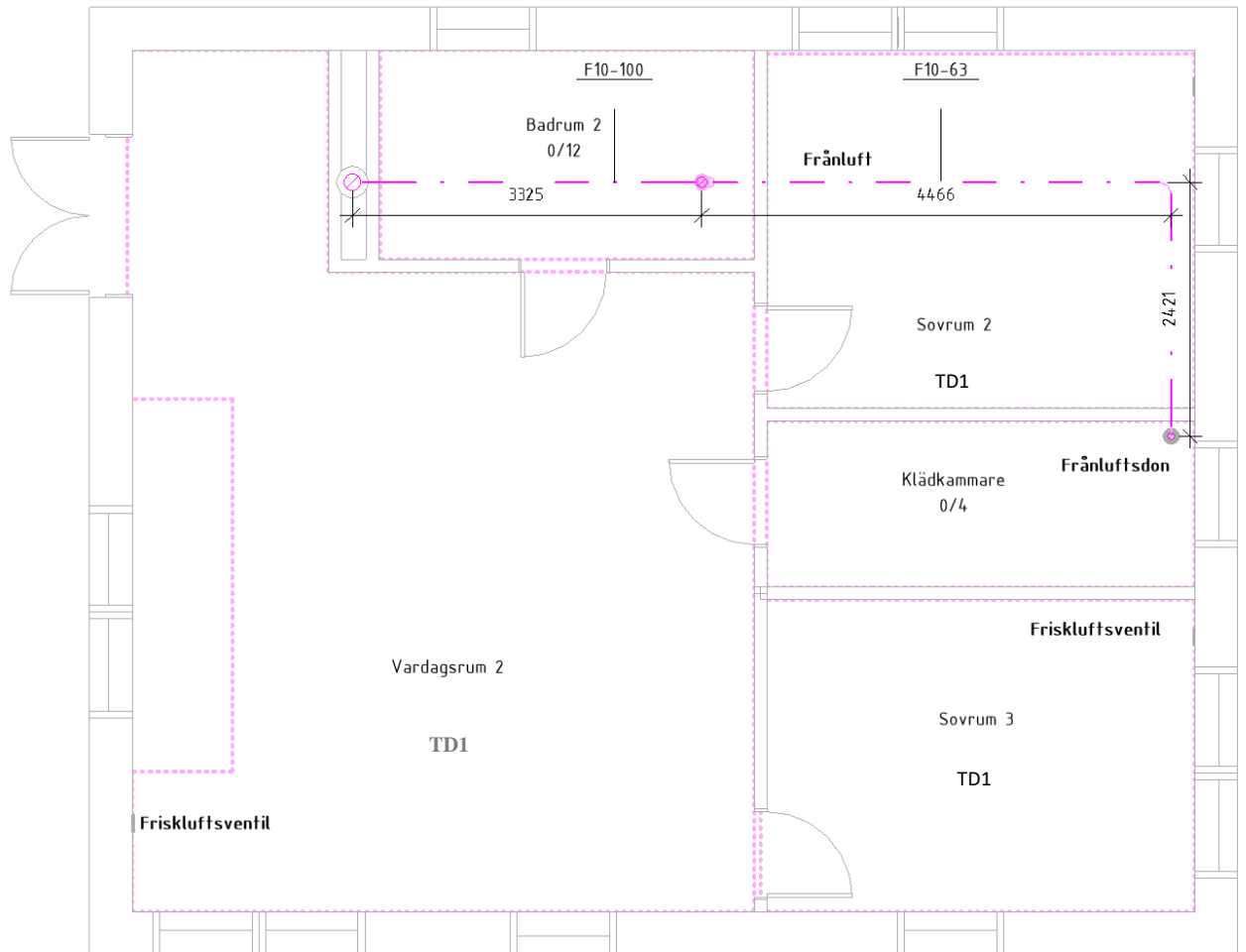
vardagsrummet medan på plan två sitter dessa i samtliga sovrum och i vardagsrummet. Friskluftsventilerna är placerade i väggarna och är utrustade med filter för att ta bort föroreningar, den renare uteluften tillförs sedan som tilluft. I simuleringsverktyget IDA ICE räknas dessa tilluftsdon som luftläckage.

I figur 3.2 visas både planritningen för våning ett samt sektionsritningen för avluftskanalen som leder upp till frånluftsfläkten samt takhuvan. De rosa linjerna betecknar kanalerna och de ifyllda cirkelarna innebär vertikala kanaler. I figur 3.3 visas planritningen för våning två. Cirkel som ej är ifylld betecknar att kanalen gå uppåt.

För enkelhetens skull har köksfläkten utrustats med ett kolfilter istället för kanaldragning ut till schaktet och frånluftsfläkten. Detta sparar kanaldragning.



Figur 3.2: Illustration av frånluftskanaler på första våningen

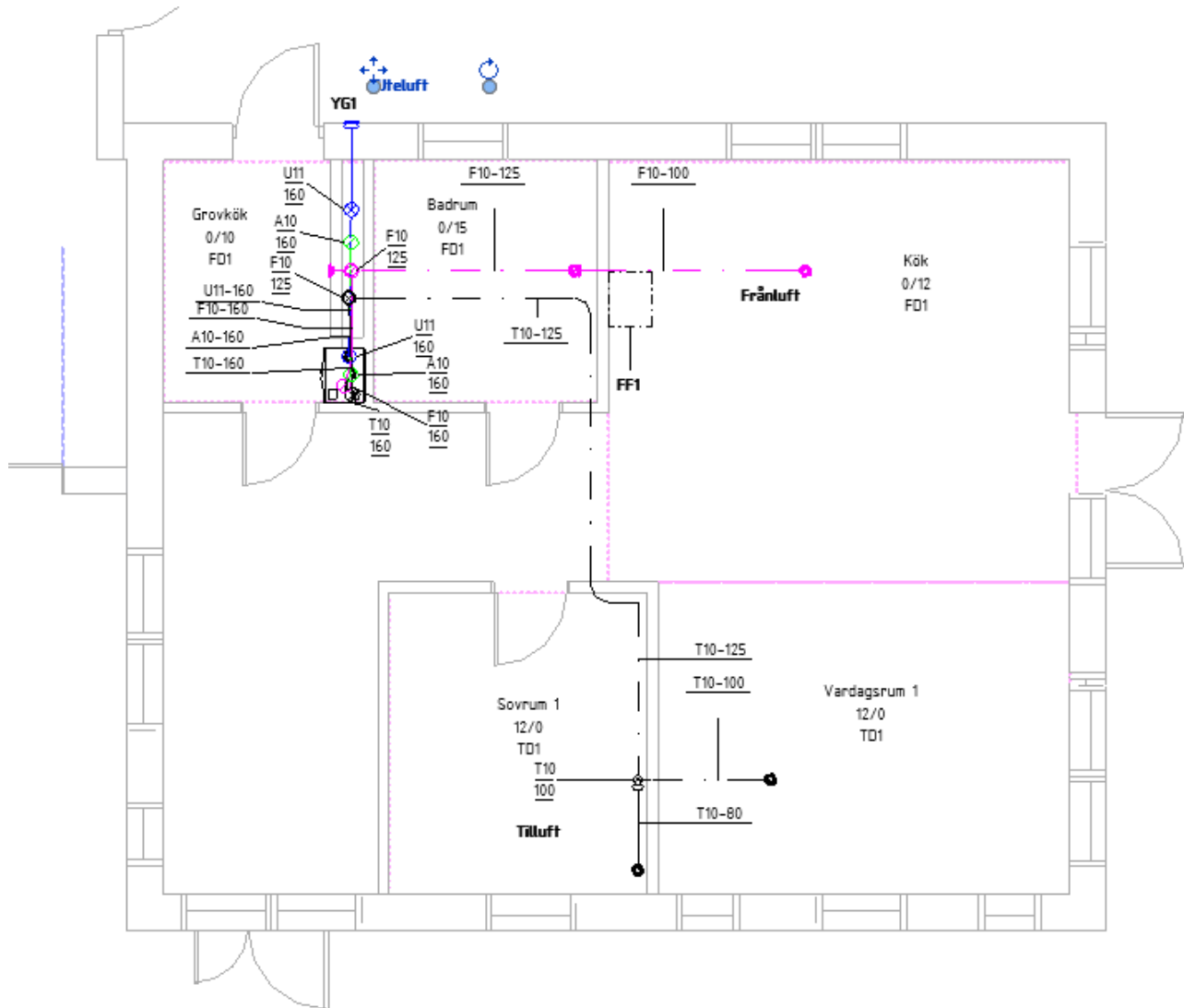


Figur 3.3: Illustration av frånluftskanaler på andra våningen

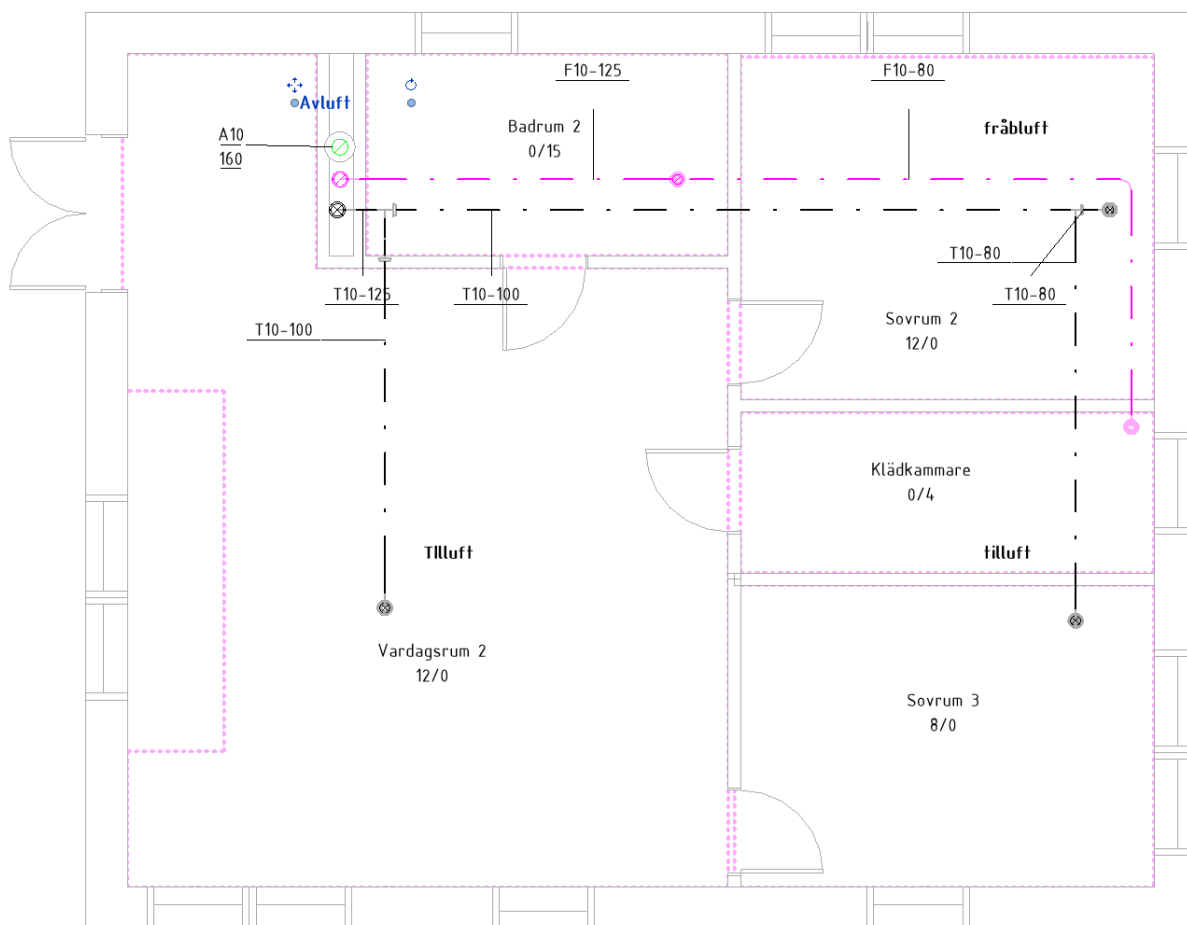
3.2.2 FTX-system

Från och tilluftssystemet med värmeåtervinning är uppbyggt på samma vis som frånluftssystemet. Tilluftsdon är placerade i samma rum men är anslutna till kanalsystemet via luftbehandlingsaggregatet. Aggregatet är placerat i grovköket. Samtliga kanaler går till luftbehandlingsaggregatet där den varma frånluften på väg ut ur byggnaden används för att värma upp den kalla uteluften i värmeväxlaren för att sedan spridas ut i huset genom tilluftsdonen. Värmeväxlaren stängs av under sommarmånaderna för att undvika oönskad övertemperatur i villan. Luftbehandlingsaggregatet vi valt att installera i villan är en NIBE ERS S40, aggregatet har kapacitet att försörja bostäder på upp till 300 m². Aggregatet har låg energiförbrukning och har en verkningsgrad på upp till 85%. I simuleringen har vi valt att köra aggregatet på 80% för att vara på den säkra sidan och få ut ett representativt värde av en verklig verkningsgrad.

I figur 3.4 redovisas planritningen för plan ett, de svarta kanalerna är tilluft, de blåa är uteluft, de gröna är avluft och rosa är frånluft. Figur 3.5 redovisar planritning för plan två med samma färgläggning av kanalerna som för plan ett.



Figur 3.4: Illustration av FTX-systemet på första våningen



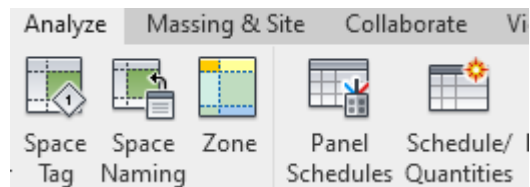
Figur 3.5: Illustration av frånluftskanaler på andra våningen

3.2.3 Mängduppställning

Ventilationssystemets resurser anskaffades via mängduppställningar i Revit där båda ventilationssystemen ritades. Resursanskaffningen begränsas till material och utrustning som är relevant för ventilationssystemen. För att klimatdeklarera utrustningen behöver den ha en massa alternativt hur många enheter av varan som finns i systemet. Kanalerna, böjarna, reduktionerna, takgenomföringen och T-kanalernas massa/meter hämtades från Lindab. Massan/meter multiplicerades med längden för varje kanal och don för att få ut en massa för varje del av utrustningen.

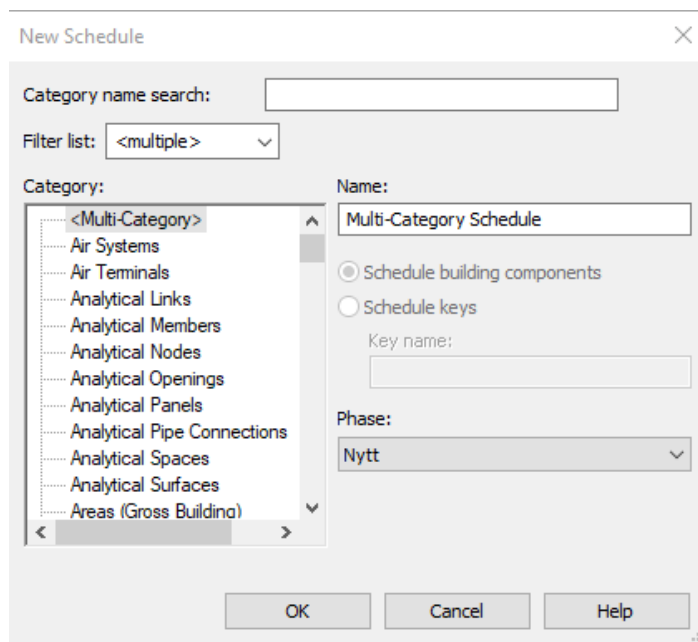
Massan för tilluft- och frånluftsdon hämtades från Flexit samt Fresh. Tillverkarna av donen har inte publicerat EPD:er för utrustningen, men i respektive produktdatablad fanns dess massa publicerad. Luftbehandlingsenheten kommer från Nibe och är vald efter dess kapacitet samt höga värmeåtervinnings verkningsgrad på 80%. Sist valdes en takhuv från Soliduct med anslutning till 160 kanal.

För att få ut en mängduppställning i form av en rapport från Revit, öppnar du projektet, väljer sedan "Analyse" och väljer "Schedule/Quantities" enligt figur 3.6.

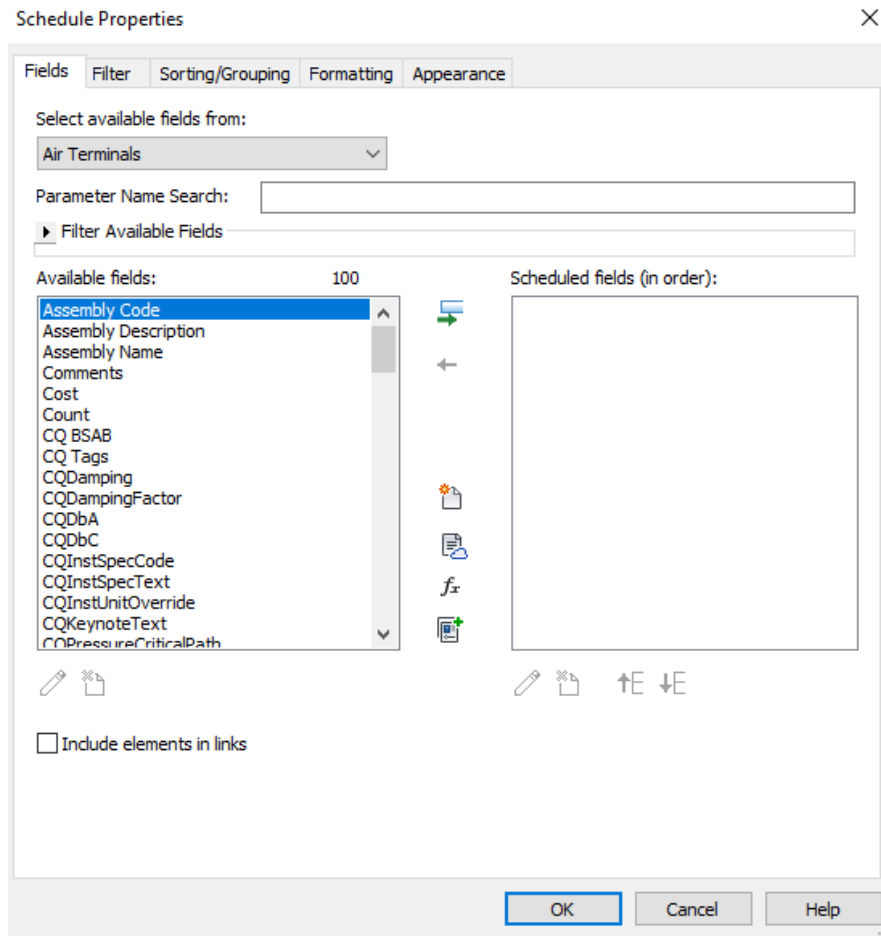


Figur 3.6: Instruktion (Revit, 2023).

I undermenyn väljs vilka material och vilken utrustning som Revit ska hämta en mängduppställning för. Välj sedan "ok" då öppnas nästa undermeny där egenskaperna för utrustningen väljs. Till exempel vilken längd, dimension eller typ utrustningen har. Detta för att kunna göra en korrekt uppställning och jämföra med produktdatablad.



Figur 3.7: Val av utrustning (Revit, 2023).



Figur 3.8: Val av egenskaper (Revit, 2023).

När utrustningens egenskaper har valts sammanställer Revit all information i tabeller, dessa exporterades till Excel där samtlig utrustning sammanställdes för att kunna beräkna vikten på var och en av dem.

Utrustningen för varje system lades in i egna tabeller tillsammans med dess vikt. Efter att samtliga komponenter är inventerade och dess vikt uträknad lades produkterna in i One Click LCA för att beräkna dess utsläpp i koldioxidkvivalenter. Tabell 3.1 redovisar uppställningen av FTX-systemets komponenter och dess vikt.

Tabell 3.1: Uppställning av FTX -systemets utrustning och dess massa.

Utrustning		Vikt (Kg)
Kanaler		83.4
Böjar, Reduktioner och T-kanaler		21.3
Tilluftsdon		1.05
Frånluftsdon		0.5
AHU		45
Frånlufts huv		5
Total		156.2

Data om frånluftssystemet hämtades även det från Revit och dess mängduppställning. Kanaler, böjar, reduktioner, takgenomföring samt T - kanalers massa hämtades från Lindab. Frånluftsdonen är hämtade från samma leverantör som till FTX - systemet men uteluftsventilerna är från Flexit och går genom väggen istället för att vara kopplade till kanalerna. Luftbehandlingsenheten byts ut mot en frånluftsfläkt som är placerad i takhuven, denna kommer från Systemair och även den saknar EPD. Tabell 3.2 redovisar frånluftssystemets komponenter och massa. I bilaga 1 finns samtliga EPD:er som använts i arbetet.

Tabell 3.2: Uppställning av F -systemets utrustning och dess massa

Utrustning		Vikt (Kg)
Kanaler		21.8
Böjar, Reduktioner och T-kanaler		3.8
Tilluftsdon		3.5
Frånluftsdon		0.5
Frånluftsfläkt		4.5
Frånlufts huv		5
Total		39.1

3.2.4 One Click LCA

I denna studie används One Click LCA för att göra livscykelbedömningar av de olika systemen. För att kunna använda One Click behöver man först skapa ett projekt i webbapplikationen, därefter skall projektets namn fyllas i och vad för typ av byggnad som analysen ska utföras på, i detta fall valdes 'One-dwelling building' som visas i figur 3.9. Projektet skall även länkas till en licens, där vår studentlicens via Lunds universitet. Därefter skall bruttoarean och hur många våningar ovanför marken specificeras, dessa ställdes in till 159,4 m² och en våning.

Nytt projekt


1 Basic information

2 Optional informa...

Länka projektet till följande licens [Ange en licensnyckel](#)

Välj

Namn (obligatoriskt)

Mapp 

Huvudsida (skapa eller gå med i ett företagskont...)

Typ (obligatoriskt)

Om byggnaden har flera typer välj den mest lämpliga.

Välj

Adress

Land (obligatoriskt)

Sverige

Figur 3.9: Nytt projekt öppnas i One Click LCA's webbapplikation (One Click LCA)

När projektet har skapats väljs de byggdelar som ska klimatdeklarerars. I detta arbete ska endast ventilationssystemets olika delar klimatdeklarerars, därför valdes 'Andra strukturer och material'. I detta fall ska systemen klimatdeklarerars för modul A1-A5 som innebär råvaruförsörjning till installation ur dess potentiella klimatpåverkan. Ventilationssystemens olika komponenter finns hänvisade i bilaga 1 med tillhörande EPD:er. Därefter skall all utrustning listas, hur mycket den väger, alternativt hur många enheter av var utrustning som finns. Utöver det ska transporttypen och transportsträckan väljas samt hur stort avfall eller spill det blir för varje produkt. Transporttyp valdes efter Lindabs EPD på kanalerna som resulterade i diesellastbil och körsträckan mättes upp via Google maps från vardera fabrik till byggarbetsplatsen i Helsingborg. Figur 3.10 redovisar F-systemets utrustning i One Click.

4. Andra strukturer och material 📄 0.14 Ton CO₂e - 100 %

Andra strukturer och material 📄

Resurs ⌵	Kvantitet ⌵	CO ₂ e ⌵	Kommentar ⌵	BSAB 83	Byggnadsdel	Transport, kilometer 📄 ⌵
Circular ventilation fittings from ?	20.2 kg ⌵	73kg - 51%	Kanaler	8. Installationer	Bärande	7 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular ventilation fittings from ?	3.8 kg ⌵	14kg - 10%	Böjar, T-kanaler, reduktion	8. Installationer	Bärande	7 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular duct fan R-160, galvani ? 🔍	1 unit ⌵	13kg - 9%	Takfläkt	8. Installationer	Bärande	538 Lastbil (1 MJ/ton km).
Roof hoods from hot-dip galvanized ?	5 kg ⌵	19kg - 13%	Takhuv	8. Installationer	Bärande	417 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular ventilation fittings from ?	1.7 kg ⌵	6,1kg - 4%	Takgenomföring	8. Installationer	Bärande	7 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular airflow damper, SPMF, SPM, ?	0.5 kg ⌵	2,3kg - 2%	Frånluftsdon	8. Installationer	Bärande	183 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular airflow damper, SPMF, SPM, ?	3.5 kg ⌵	16kg - 11%	Tilluftsdon	8. Installationer	Bärande	456 Lastbil (1 MJ/ton km).

Figur 3.10: F-systemets utrustning inlagd i One Click LCA' webbapplikation (One Click LCA)

Som tidigare nämnts i rapporten saknas det EPD:er till majoriteten av utrustningen. Lindab har publicerat en EPD för kanalerna där även reduktionerna, T-kanalerna och böjarna ingick. I EPD:en fanns även vilket transportsätt som används och hur stort avfallet är. Som transportalternativ valdes diesellastbil och avfallet satts till 0% enligt deras EPD. Närmsta fabrik till Helsingborg, där huset är beläget, finns strax utanför Helsingborg och har en sträcka på ungefär sju kilometer. EPD till den valda takhuv fanns ej men en liknande takhuv från EkoVent hade en EPD kopplad till sig. Den är uppbyggd på samma vis men är mer anpassad för industribyggnader, därför har den fått skalas om i vikt istället för som en enhet.

Resterande utrustning har ingen EPD kopplad till One Click, därför har likvärdig utrustning valts och fått dimensioneras om efter bästa förmåga för att få en så sanningsenlig klimatdeklaration som möjligt. Transportsträckan valdes till närmsta fabrik och transportsätt valdes enligt Lindabs EPD för att vara på den säkra sidan. Även avfallet valdes till 0% för resterande utrustning enligt Lindabs EPD.

Val av EPD:er har gjorts enligt tabell 3.3. För att få en korrekt klimatdeklaration skall endast specifika klimatdata väljas men på grund av att det ännu inte är krav på att klimatdeklarera utrustning finns det inte EPD:er till all ventilationsutrustning.

Tabell 3.3: Rangordning val av EPD:er

Rangordning		Förklaring
1	Specifika klimatdata (EPD:er)	Rätt EPD till rätt produkt, korrekt klimatdeklaration
2	Generiska klimatdata	Klimatdata samlat för flera likvärdiga produkter, redovisas typiskt som ett medelvärde
3	Likvärdig EPD	Då produkten saknas väljs en EPD för en liknande utrustning och skalas om för vår produkts förutsättningar

I detta fall har Boverkets generiska klimatdata inte använts men det kan beskrivas som är ett generellt värde för ett medelvärde av klimatdata som är representativt för det svenska klimatet. Boverkets generiska klimatdata är sämre att använda än specifika klimatdata då dess medelvärde ofta är 25% högre. Generiska klimatdata användes för transport då One Click infogar klimatpåverkan baserat på avståndet och valt transportmedel.

Likvärdig EPD valdes för utrustning som saknade EPD:er eller generiska klimatdata. Dessa skalades om till rätt vikt för att få ett representativt värde av produkten som valts.

4. Andra strukturer och material 🔍 0.64 Ton CO₂e - 100 %

Andra strukturer och material 🔍

Resurs ⌵	Kvantitet ⌵	CO ₂ e ⌵	Kommentar ⌵	BSAB 83	Byggnadsdel	Transport, kilometer 🔍 ⌵
Circular ventilation fittings from ?	82 kg ⌵	0,29t - 46%	Kanaler	8. Installationer	Bärande	7 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular ventilation fittings from ?	21.5 kg ⌵	77kg - 12%	Böjar, T - kanalre,	8. Installationer	Bärande	7 Lastbil (1 MJ/ton km).
Air handling unit (AHU), 44.86 kg/lu ?	1 unit ⌵	0,24t - 37%	AHU	8. Installationer	Bärande	325 Lastbil (1 MJ/ton km).
Roof hoods from hot-dip galvanized ?	5 kg ⌵	19kg - 3%	Takhuv	8. Installationer	Bärande	417 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular ventilation fittings from ?	1.7 kg ⌵	6,1kg - 0,95%	Takgenomföring	8. Installationer	Bärande	7 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular airflow damper, SPMF, SPM. ?	0.61 kg ⌵	2,8kg - 0,4%	Frånluftsdon	8. Installationer	Bärande	183 Lastbil (1 MJ/ton km).
Circular airflow damper, SPMF, SPM. ?	1.05 kg ⌵	4,8kg - 0,7%	Tilluftsdon	8. Installationer	Bärande	456 Lastbil (1 MJ/ton km).

Fönster och dörrar 🔍 :

Figur 3.11: FTX-systemets utrustning inlagd i One Click LCA's webbapplikation (One Click LCA)

Precis som för F-systemet användes samma EPD för kanaler och dylikt från Lindab för FTX-systemet. Det fanns ingen EPD kopplad till luftbehandlingsaggregatet som vi valde ut men det fanns en liknande

inlagd i One Click som har samma vikt. Det liknande aggregatet valdes för att slippa skala ner ett aggregat på över 500 kg i vikt då ett aggregat väger ca 40 kg. Utöver detta så skiljer sig tilluftsdonen från F-systemet då dessa är kopplade till systemet vilket drog ner vikten för dessa. Generellt valdes transport och avfall enligt Lindabs EPD även för FTX-systemet för att ha en så rättvis jämförelse som möjligt.

3.2.5 IDA ICE

Beräkningen av energiförbrukning har gjorts med simuleringar i IDA ICE. För att simulera en byggnad krävs indata till programmet som beskriver byggnadens egenskaper. Indata som användes delades i två kategorier av indata den som beskriver huset som är konstant för båda scenariona, den andra är indata som är unik för varje system för att få ett önskvärt resultat för de olika systemen. Indata som manipuleras är värden för de olika systemen för att uppnå eller komma så nära som möjligt önskvärda resultat. Ändringar som sker i systemet kan ha flera olika följd effekter som t.ex. energianvändning eller inomhus temperatur.

Framtagningen av modellen i IDA ICE är baserade på en IFC utskrift av en förenklad version av referensobjektet från Revit modellen. I Revit modellen raderades objekt som inte påverkar beräkningarna i IDA ICE men som skapade problem vid importeringen av IFC-modellen. Importera CAD-modeller som IFC filer kan vara problematiskt eftersom modellen kan förändras mellan olika programvaror, problemet kan minskas genom att jobba med mindre komplexa modeller. Med IFC-modellen i IDA ICE behövde modellen justeras för lösa problemen som uppstod när modellen importerades som t.ex. felplacerade fönster med fel dimensioner. När modellen överensstämde med referensobjektet matades data in för byggnadens olika delar som t.ex. U-värden, värmekapacitet och otäthetsfaktor för varje specifik byggnadsdel. Efteråt kopierades modellen så att all konstant indata var samma för båda scenariona.

Husets ytterväggar och tak har ett U-värde på 0,13 W/m²K respektive 0,12 W/m²K. Plattan på marken består av 100 mm betong och 300 mm cellplast som ger ett U-värde på 0,11 W/m²K. Hela huset har ett medel U-värde på 0,26 W/m²K. Fönsterna och dörrarna har ett U-värde på 0,7 W/m²K och allt glas i byggnaden ett G-värde 0,6 dvs. att glaset släpper in 60% av solenergitransmissionen. På grund av den höga solenergitransmissionen på sommaren har alla fönster förutom de i badrum, grovkök och hallen utvändiga solskydd. Solskydden är inställda att inte användas om zonen inte riskerar övertemperatur. Solskydden har ett G-värde på 0,14.

Köldbryggorna i huset modellerades i VIP-Energy och Ψ -värdena för köldbryggorna infogades i IDA ICE. Köldbryggorna som infogades är runt fönster, anslutning mellan yttervägg och mellanbjälklag och yttervägg mot platta på mark. U-värdena för respektive köldbrygga är 0,13 W/mK, 0,12 W/mK och 0,11 W/mK.

Alla inmatningsvärden i modellerna för F-och FTX-systemet finns i bilagorna under Indata IDA ICE.

För klimatdata används en väderstation i Sturup, klimatfilen som används är SWE_MALMO-STURUP_026360_IW2.PRN och är hämtad från IDA ICE. Platsen för byggnaden är placerad i Helsingborg och använder platsdata från HELSINGBORG-AP_026110 (ASHRAE 2021).

Alla simuleringar är genomförda med typen "Dynamic" som används vid simuleringar över längre tidsperioder som ett år eller uppvärmningssäsongen. Alternativet till "Dynamic" är "Periodic" vilket används för att simulera kortare tidsperioder från en dag till en vecka. "Days of dynamic startup" simulerar byggnadens lagrade energi innan energisimuleringen börjar för att byggnaden inte ska ha

ett högre energibehov i början av simuleringen då byggnaden värms upp. Simuleringen har simulerat 14 dagar av "Days of dynamic startup" vilket är standard i programmet. Byggnadens simuleringstid är över ett kalenderår med start den första januari till den sista december.

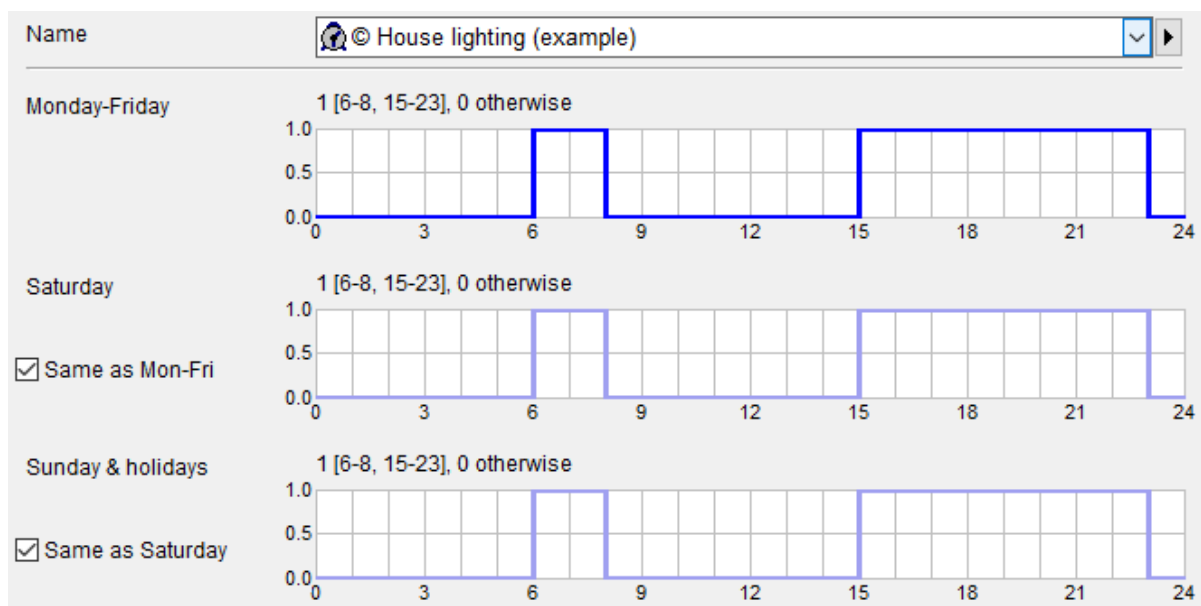
I programmet är alla rum indelade i olika zoner. I tre zoner undersöktes behagligheten av inomhusklimatet. Zonerna som undersöktes var sovrum 1, sovrum 3 och kök/vardagsrummet från planritningen i figur 3.2 och 3.3. Dessa zoner valdes eftersom sovrummen är på olika plan och vardagsrummet valdes på grund det är ett samlingsrum med många fönster som påverkar hur inomhusklimatet uppfattas. Dessa zoner valdes även för att människor oftast vistas i dessa zoner.

I FTX-systemet har värmeväxlaren en verkningsgrad på 80% och eftersom ett F-system inte har en värmeväxlare är verkningsgraden inställd till 0%. För att få ett resultat som är mer representativt av verkligheten stängs värmeväxlaren av under sommarperioden, från 1:a maj till 31:e augusti. Utöver det är frånlufts- och tilluftsfläktarnas verkningsgrad inställd till 60%.

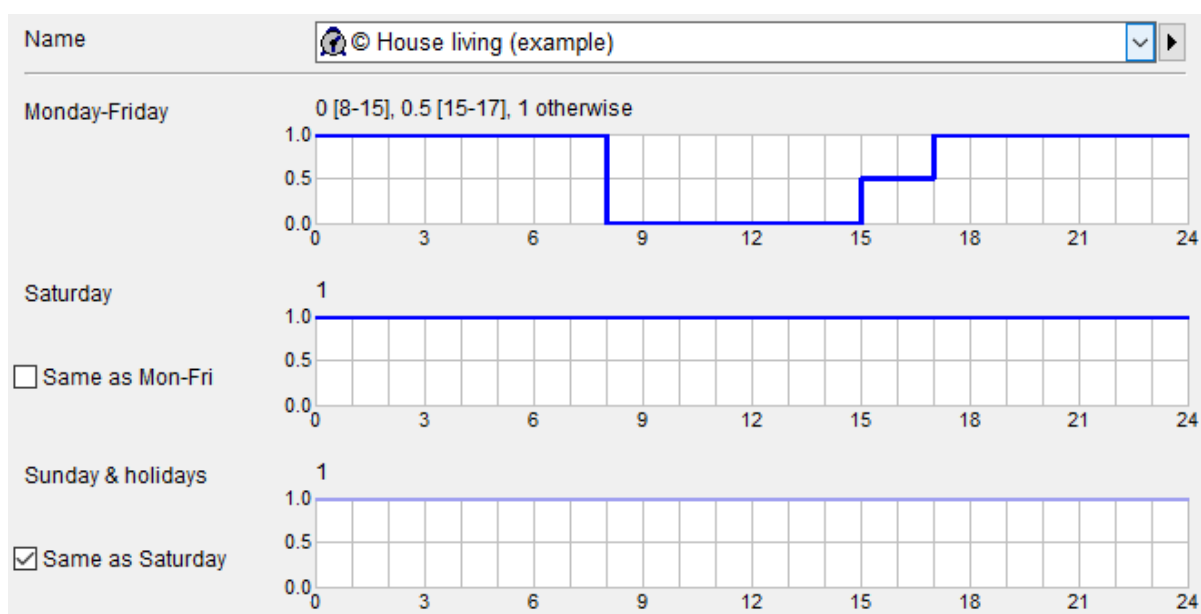
För värmesystemet i huset används en "Ideal Heater" i varje zon, effekten för varje zon är inställd för att alltid klara uppvärmningsbehovet. Värmesystemet är inställt för att värma om inomhustemperaturen sjunker under 21°C. Om effekten på "Ideal Heater" inte är tillräcklig kommer zonernas lufttemperatur bli lägre än 21°C under de kallare dagarna på vintern, vilket skulle påverka resultatet av energibehovet. Frånluftssystemet och FTX-systemet har olika effekter i zonerna på grund av olika uppvärmningsbehov de olika systemen ger upphov till. Eftersom tilluften i frånluftssystemet kommer direkt utifrån genom tilluftsdonen i väggarna och inte värms upp av värmeväxlaren räknas tilluften som luftläckage istället för tilluft i IDA ICE.

Gratisenergi dvs. värmeenergi som kommer från andra källor än värmesystemet som t.ex. belysning, apparater som ugnar och TV-apparater samt människor som befinner sig i byggnaden. Alla zoner får lika mycket energi från belysning och apparater men toaletterna, klädkammaren, hallen och grovköket får ingen personvärme eftersom det inte är rum som människor ofta vistas i under en längre tidsperiod. Gratisenergin i byggnaden styrs av två olika scheman för när de avger energi. Scheman bestämmer när energin avges och hur stor andel av energin som avges under ett tidsintervall. I modellen har apparater och belysning en effekt på 50 W respektive 10 W i varje zon. Personvärmen från människor inställd på en aktivitetsnivå på 1 MET vilket motsvarar när en person sitter stilla där 1 Met är 58 W/m² människa, en människa är 1,8 m² i IDA ICE.

För beräkningen av värmeenergin från människor och apparater används schemat "© House Living (example)" och för belysning används "© House Lightning (example)" vilket är standardscheman i IDA ICE. Schemat House Living är för när människor är i bostaden, vilket räknar med en full närvaro på helger och att huset är tomt från 08:00 - 15:00 på vardagarna och att halva energin avges mellan 15:00 - 17:00. House lightning schemat är aktivt mellan 06:00 och 08:00 på morgonen samt från 15:00 till 23:00 varje dag.



Figur 3.12: Schemat för house lighting (IDA ICE 5.0)



Figur 3.13: Schemat för house living (IDE ICE 5.0)

3.3 Inomhusklimat och luftkvalité

Inomhusklimatet och luftkvaliteten kommer att mätas med PPD analys samt simulering av CO₂ -halten i tre zoner/rum i huset. Zonerna som har valts att simuleras är två stycken sovrum, ett på vardera våningen samt kök/vardagsrummet. Sovrummet på ovanvåningen som valdes är det sydöstra sovrummet. Valen av zonerna är baserade på att sovrummen är viktiga eftersom de boende spenderar en stor andel tid där. Kök/vardagsrummet valdes är på grund av att det är ett av rummen med de sämsta förutsättningarna i huset för ett gott inomhusklimat.

3.4 Energianvändning

Energianvändning som kommer undersökas är endast energin som går till fjärrvärmens och elen som går till fläktarna för ventilationssystemen. Eftersom all annan energi som används i huset hade förbrukats oberoende på vilken ventilationslösning som finns i byggnaden.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten från simuleringarna samt klimatdeklarationerna som gjorts.

4.1 Klimatdeklaration av systemen

I tabell 4.1 presenteras koldioxidekvivalenterna för varje steg i byggskedet A1-A5, den största mängden kommer från materialet själv och en liten del från transporten. Den totala mängden uppgår till nästan 142 kg koldioxidekvivalenter för frånluftssystemet.

Tabell 4.1: Resultat i One Click LCA för F-systemet (One Click LCA)

	Bransch	GWP fullständig kg CO2e	GWP Generisk klimatdata kg CO2e	GWP Generisk klimatdata kg CO2e
A1-A3	Materialproduktion	141.36		141.36
A4	Transport till plats	0.61	0.61	
A1-A5	Totalt		0.61	141.36

I tabell 4.2 visas de material med störst klimatpåverkan i fallande storleksordning där kanalerna, böjarna, T-kanalerna och reduktionerna står för den största delen av utsläppta koldioxidekvivalenter. Vagga till grind innebär klimatpåverkningen från råvaruförsörjningen till tillverkningen av produkten.

Tabell 4.2: Koldioxidekvivalenter från respektive utrustning och material för F-systemet (One Click LCA)

Mest bidragande material (GWP fullständig)			
No.	Resurs	Vagga till grind påverkning (A1-A3)	Vagga till grind andel
1	Circular ventilation fittings from galvanized steel and EPDM rubber gasket	92 Kg CO2e	65.3%
2	Roof hoods from hot-dip galvanized steel	19 Kg CO2e	13.2%
3	Circular airflow damper	18 Kg CO2e	12.8%
4	Circular duct fan R- 160, galvanized steel	12 Kg CO2e	8.8%

Motsvarande koldioxidekvivalenter från FTX-systemet för byggskedet finns i tabell 4.3, likt för F-systemet kommer den största mängden från materialen och bara en liten del från transporten. FTX-systemet står för 641,5 kg koldioxidekvivalenter, vilket ungefär är 4,5 gånger så mycket som frånluftssystemet.

Tabell 4.3: Resultat i One Click LCA för FTX-systemet (One Click LCA)

	Bransch	GWP fullständig kg CO2e	GWP Generisk klimatdata kg CO2e	GWP Generisk klimatdata kg CO2e
A1-A3	Materialproduktion	639.79		639.79
A4	Transport till plats	1.71	1.71	
A1-A5	Totalt	641.5	1.71	639.79

Likt frånluftssystemet står kanalerna och T-kanalerna etc. för den största delen av koldioxidekvivalenterna. Luftbehandlingsenheten står även för en stor del av utsläppen för FTX-systemet som presenteras i tabell 4.4.

Tabell 4.4: Koldioxidekvivalenter från respektive utrustning och material för FTX-systemet (One Click LCA)

Mestbidragande material (GWP fullständig)			
No.	Resurs	Vagga till grind påverkning (A1-A3)	Vagga till grind andel
1	Circular ventilation fittings from galvanized steel and EPDM rubber gasket	380 Kg CO2e	59%
2	Roof hoods from hot-dip galvanized steel	240 Kg CO2e	36.9%
3	Circular airflow damper	19 Kg CO2e	2.9%
4	Circular duct fan R- 160, galvanized steel	7.5 Kg CO2e	1.2%

4.2 Sammanställning av klimatdeklarationerna

Tabell 4.5 och 4.6 redovisar klimatpåverkan för de båda ventilationssystemen som har jämförts i denna rapport. Tabellerna redovisar både generiska och specifika klimatdata. Den stora skillnaden i jämförelsen är just de specifika klimatdata. Endast kanalerna, reduktionerna, T-kanalerna och böjarna i A1-A3 har korrekt EPD, resterande utrustning har fått skalas om. Detta var väntat då FTX-systemet är ungefär dubbelt så stort på grund av tilluftskanalerna. En annan bidragande faktor till skillnaden beror på ventilationsaggregatet till FTX-systemet som står för 0,24 ton CO₂e vilket är mer än hela F-systemets klimatpåverkan. Totalt sätt står FTX-systemet för strax över 4,5 gånger så mycket utsläpp som F-systemet gör.

Tabell: 4.5: Klimatpåverkan av F-system

F-system	Bransch	GWP total kg CO ₂ e	GWP Generiska klimatdata kg CO ₂ e	GWP Specifika klimatdata kg CO ₂ e
A1-A3	Materialproduktion	141,36		141,36
A4	Transport till plats	0,61	0,61	
A1-A5	Totalt	141,97	0,61	141,36

Tabell 4.6: Klimatpåverkan av FTX-system

FTX-system	Bransch	GWP total kg CO ₂ e	GWP Generiska klimatdata kg CO ₂ e	GWP Specifika klimatdata kg CO ₂ e
A1-A3	Materialproduktion	639,79		639,79
A4	Transport till plats	1,71	1,71	
A1-A5	Totalt	641,5	1,71	639,79

4.3 Miljöpåverkan och kostnad för el och fjärrvärme

Miljöpåverkan och kostnad för el

Miljöpåverkan för el har hämtats från boverkets klimatdatabas. Klimatpåverkan för svensk elmix är 37 g CO₂e/ kWh (Boverket, 2024a).

Kostnaden för el varierar konstant men eftersom förbrukning för fläktarna är konstanta över hela året så används snittpriset för hela året i el område SE4 Malmö där priset var 74,15 öre/kWh (Elbruk, 2024).

Miljöpåverkan och kostnad för fjärrvärme

I Öresundskrafts hållbarhetsredovisning redovisas klimatpåverkan för fjärrvärmerna räknat i gram CO₂e per kWh. Miljöpåverkan från fjärrvärmerna varierar varje år beroende på vad som bränns. För år 2022 var klimatpåverkan 53 g CO₂e/kWh för fjärrvärmerna till Helsingborg, Öresundskraft levererar också fjärrvärme till Ängelholm med en klimatpåverkan på 11 g CO₂e/kWh (Öresundskraft, 2022). Det svenska medelvärdet för fjärrvärme är 51,4 CO₂e (Raziyeh Khodayari, 2023).

Priset för en kWh fjärrvärme i Helsingborg är indelat i tre olika priskategorier beroende på när på året energin köps in samt en fast avgift på 3806,25 kr, samma fasta kostnad i Ängelholm (Öresundskraft, u.åa). I tabell 4.7 och 4.8 redovisas fjärrvärmepriser inklusive moms i Helsingborg och Ängelholm för de olika årstiderna under 2024.

Tabell 4.7: Priser för fjärrvärme inkl. moms i Helsingborg 2024

Helsingborg	
Säsong	öre/kWh
Vinter (jan-mars,nov-dec)	97.15
Vår/Höst (april-maj, sep-okt)	54.34
Sommar (juni-aug)	13.53

Tabell 4.8: Priser för fjärrvärme inkl. moms i Ängelholm 2024

Ängelholm	
Säsong	öre/kWh
Vinter (jan-mars,nov-dec)	96.71
Vår/Höst (april-maj, sep-okt)	53.79
Sommar (juni-aug)	19.7

4.4 Frånluftssystem

Frånluftssystemet har en energiförlust 22 567 kWh per år varav 17 223 kWh är energiförluster från ventilation och resterande är från värmeförluster från klimatskalet under tidsperioden som huset använder fjärrvärme för att värma huset. Byggnaden använder 16 663,6 kWh fjärrvärme om året med en potentiell klimatpåverkan på 883,2 kg CO₂e när byggnaden använder Helsingborgs fjärrvärmeverk.

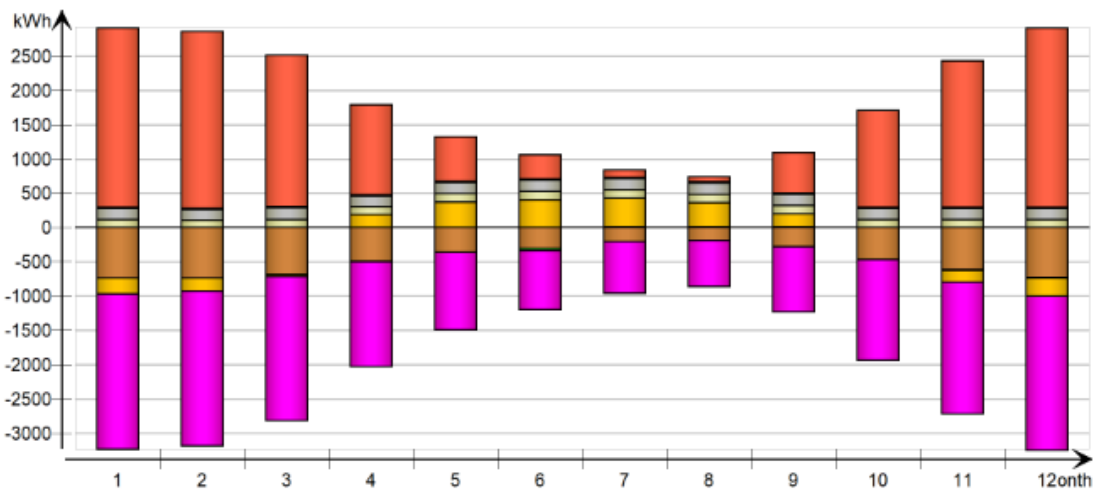
Den totala energin som huset använder under ett år ger en missvisande bild då olika energikällor kan vara både positiva och negativa. Till exempel avger fönsterna energi under uppvärmningssäsongen och släpper in energi under sommarmånaderna då övertemperatur är ett problem. Detta betyder att en energikälla som är positiv över ett år inte nödvändigtvis sänker mängden energi som behövs köpas. I figur 4.1 redovisas energiflödena i byggnaden för frånluftssystemet.

Frånluftsfläkten har ett energibehov på 327,2 kWh per år med en potentiell klimatpåverkan på 12,1 kg CO₂e per år.

All zones

kWh (sensible only)

Month	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occupants	Equipment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
1	-735.5	0.3	-224.5	0.0	-2262.2	117.6	167.9	18.6	2610.0	0.0	0.0
2	-737.3	0.5	-182.8	0.0	-2252.9	110.4	158.4	17.4	2579.3	0.0	0.0
3	-679.8	0.6	-27.8	0.0	-2100.9	121.3	172.7	18.6	2209.1	0.0	0.0
4	-489.4	-3.7	194.5	0.0	-1521.8	116.2	163.1	18.0	1315.8	0.0	0.0
5	-355.7	2.0	374.6	0.0	-1132.1	122.4	167.9	18.6	648.3	0.0	0.0
6	-301.0	-26.1	403.9	0.0	-859.4	125.1	167.9	18.0	357.5	0.0	0.0
7	-204.1	15.5	423.0	0.0	-753.0	126.8	168.0	18.6	106.9	0.0	0.0
8	-186.6	11.2	358.7	0.0	-669.5	130.4	170.4	18.6	79.3	0.0	0.0
9	-278.5	7.5	192.8	0.0	-952.0	123.4	165.6	18.0	593.9	0.0	0.0
10	-463.6	0.6	7.3	0.0	-1463.5	122.1	167.9	18.6	1411.3	0.0	0.0
11	-610.2	-1.4	-167.9	0.0	-1918.8	117.3	165.5	18.0	2136.2	0.0	0.0
12	-724.6	-1.4	-259.3	0.0	-2244.3	119.5	170.3	18.6	2615.8	0.0	0.0
Total	-5766.3	5.4	1092.4	0.0	-18130.5	1452.5	2005.6	219.9	16663.6	0.0	0.0
During heating (MIXED h)	-5343.7	451.5	-33.8	0.0	-17223.1	1265.5	1707.8	179.7	16664.9	0.0	0.0
During cooling (MIXED h)	-94.9	-242.5	446.3	0.0	-300.3	63.5	87.7	13.5	0.0	0.0	0.0
Rest of time	-327.7	-203.6	679.9	0.0	-607.1	123.5	210.1	26.7	-1.3	0.0	0.0



Figur 4.1: Tabell och stapeldiagram på energiflödet i byggnaden med ett F-system över ett år (IDA ICE 5.0)

Tabell 4.9 redovisar utrustningen som används i frånluftssystemet, kostnaden för varje del samt det totala inköpspriset.

Tabell 4.9: Inköpskostnaden för frånluftssystemet.

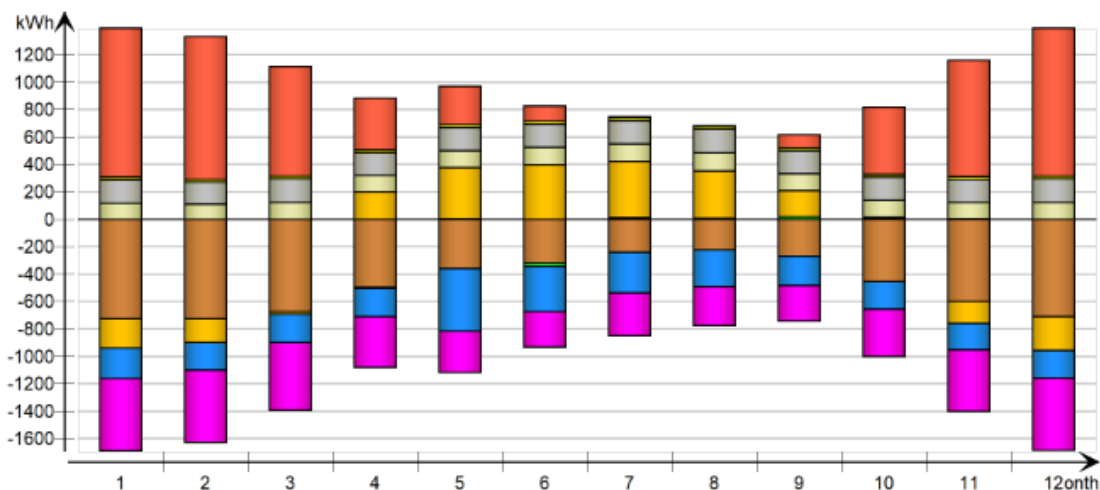
F	Längd (m) eller antal	kr/m eller kr/antal	Kostnad (kr)
80 kanal	9.4	60	564.1
100 kanal	1.6	89	140.9
125 kanal	7.8	94.5	739.7
160 kanal	8.0	129.5	1 038.1
Frånluftsfläkt	1	2 806	2 806
Friskluftsventil	6	369	2 214
Frånluftsdon	5	89	445
Totalt			7 947.7

4.5 FTX-systemet

Fallet för FTX-system och fjärrvärme från Öresundskraft i Helsingborg använder byggnaden 6195,5 kWh per år i fjärrvärme, vilket motsvarar en miljöpåverkan på 328,4 kg CO₂e/år. Den största källan för energiförluster i huset med FTX-system är klimatskalet med en förlust på 5 802 kWh varav 5 014 kWh är under uppvärmningssäsongen. Fläktarna till FTX-aggregatet har en energianvändning på 801 kWh/år. Värmeväxlaren återvinner 4406 kWh/år enligt figur 4.3, grafen saknar staplar under månaderna maj till augusti då värmeväxlaren är avstängd. Figur 4.2 redovisar energiflöden i byggnaden för FTX-systemet.

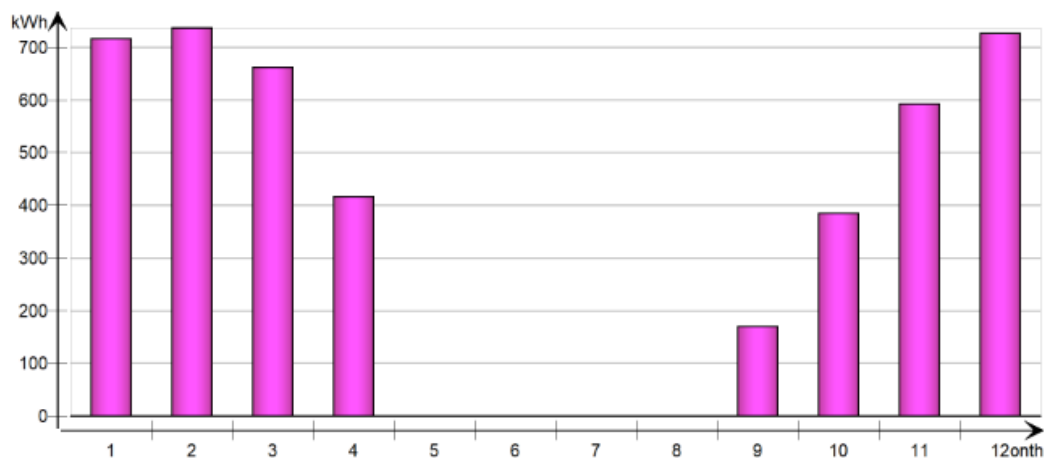
kWh (sensible only)

Month	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occupants	Equipment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
1	-725.0	-0.6	-216.5	-224.7	-530.5	118.0	167.9	18.6	1084.8	0.0	0.0
2	-725.7	-0.4	-174.9	-203.2	-529.1	110.7	158.3	17.4	1040.3	0.0	0.0
3	-673.2	-0.7	-20.6	-205.7	-496.8	121.6	172.7	18.6	797.5	0.0	0.0
4	-496.6	-8.4	198.8	-205.7	-370.9	116.5	163.1	18.0	375.2	0.0	0.0
5	-361.1	1.8	373.3	-458.3	-300.7	122.7	167.9	18.6	278.1	0.0	0.0
6	-320.2	-27.7	399.4	-332.5	-260.7	125.4	167.9	18.0	111.2	0.0	0.0
7	-242.1	11.8	410.7	-299.3	-313.2	127.0	168.0	18.7	5.9	0.0	0.0
8	-224.1	7.7	345.0	-268.0	-284.7	130.6	170.4	18.7	1.7	0.0	0.0
9	-269.8	18.3	187.7	-215.1	-259.5	123.7	165.6	18.0	93.7	0.0	0.0
10	-455.4	0.6	11.8	-203.7	-348.9	122.4	167.9	18.6	486.8	0.0	0.0
11	-598.3	0.4	-161.3	-196.2	-451.3	117.7	165.6	18.0	844.4	0.0	0.0
12	-710.4	-0.3	-249.9	-202.9	-526.7	119.9	170.3	18.6	1076.0	0.0	0.0
Total	-5801.8	2.5	1103.4	-3015.3	-4673.0	1456.2	2005.6	219.8	6195.5	0.0	0.0
During heating (MIXED h)	-5013.8	396.5	-343.5	-2337.2	-3848.7	1107.9	1491.8	157.2	6195.0	0.0	0.0
During cooling (MIXED h)	-220.7	-282.7	675.8	-159.2	-398.9	121.2	169.3	23.5	0.0	0.0	0.0
Rest of time	-567.3	-111.3	771.1	-518.9	-425.4	227.1	344.5	39.1	0.5	0.0	0.0



Figur 4.2: Tabell och stapeldiagram på energiflödet i byggnaden med ett FTX-system över ett år (IDA ICE 5.0)

Figur 4.3 visar mängden energi som värmeväxlaren återvinner varje månad över ett år, från maj till augusti är värmeväxlaren avstängd.



Figur 4.3: Diagram på mängden energi återvunnen med värmeväxlaren (IDA ICE 5.0)

Tabell 4.10 redovisar material och dess inköpspris. Det totala priset för ventilationssystemet är ca 40 000 kr. Priserna är hämtade från de stora byggvaruförsäljarna som till exempel Hornbach och Bauhaus priserna finns i Bilaga 2.

Tabell 4.10: Inköpskostnaden för FTX-systemet

FTX	Längd (m) eller antal	kr/m eller kr/antal	Kostnad
80 kanal	17.4	60.0	1 045.4
100 kanal	13.1	89.0	1 164.2
125 kanal	18.1	94.5	1 714.3
160 kanal	12.6	129.5	1 630.5
FTX-agg	1.0		30 600.0
Frånluftshuv	1.0		2350.0
Frånluftsdon	5.0	89.0	445.0
Friskluftsdon	5.0	209.0	1045.0
Totalt			39 994.5

4.6 Driftkostnader

Tabell 4.11, 4.12 och 4.13 redovisar driftkostnaden för F- och FTX-systemet under ett år i Helsingborg, Ängelholm och ett svenskt medelvärde. Den störst bidragande faktorn till energiförbrukning samt driftkostnad är fjärrvärmens oavsett plats i landet. Driftkostnaden för FTX-systemet skiljer sig väldigt lite baserat på tabellerna medans driftkostnaden för F-systemet skiljer sig mer. Främst skiljer sig fjärrvärmepriset för det svenska medelvärdet. Elpriset i jämförelserna är medelpriset för SE4.

Tabell 4.11: Driftkostnaderna för FTX-systemet med prissättning för svensk elmix och fjärrvärmekostnader i Helsingborg.

Helsingborg				
System	FTX-system		F-system	
Enheter	Energi [kWh]	Kr	Energi [kWh]	Kr
Fjärrvärme Vinter	4 843	4 705.0	12 150.4	11 804.1
Fjärrvärme Vår/Höst	1 233.7	670.4	3 969.5	2 157.0
Fjärrvärme Sommar	118.8	16.1	543.7	73.6
El	801.2	594.1	327.2	242.6
Totalt energi	6 996.7	5 985.5	16 990.8	14 277.3
Fast kostnad fjärrvärme		3 806.25		3 806.25
Energi och årskostnad		9 791.8		18 083.6

Tabell 4.12: Driftkostnaderna för FTX-systemet med prissättning för svensk elmix och fjärrvärmekostnader i Ängelholm.

Ängelholm				
System	FTX-system		F-system	
Enheter	Energi [kWh]	Kr	Energi [kWh]	Kr
Fjärrvärme Vinter	4 843	4 683.7	12 150.4	11 750.7
Fjärrvärme Vår/Höst	1 233.7	663.6	3 969.5	2 135.2
Fjärrvärme Sommar	118.8	23.4	543.7	107.1
El	801.2	594.1	327.2	242.6
Totalt energi	6 996.7	5 964.8	16 990.8	14 235.6
Fast kostnad fjärrvärme		3 806.25		3 806.25
Energi och årskostnad		9 771.0		18 041.8

Tabell 4.13: Driftkostnaderna för FTX-systemet med prissättning för svensk elmix och snittpriset för fjärrvärme i Sverige.

Svensk mix				
System	FTX-system		F-system	
Enheter	Energi [kWh]	Kr	Energi [kWh]	Kr
Fjärrvärme Vinter	4 843	4 920.0	12 150.4	12 343.6
Fjärrvärme Vår/Höst	1 233.7	1 253.3	3 969.5	4 032.6
Fjärrvärme Sommar	118.8	120.7	543.7	552.3
El	801.2	594.1	327.2	242.6
Totalt energi	6 996.7	6 888.1	16 990.8	17 171.2
Fast kostnad fjärrvärme		3 806.25		3 806.25
Energi och årskostnad		10 694.3		20 977.4

4.7 PPD och Luftkvalité

Inomhusklimatet är uppdelat i två separata simuleringar en för termiskt vinterklimat och en för sommarklimat eftersom Miljöbyggnad har olika krav för sommar- och vinterklimat. För vinterklimat användes tidsperioden 15 oktober till 15 april och resterande tid av året räknades som termiskt klimat sommar. Enligt tabell 4.14 redovisas de valda zonernas CO₂ koncentration i ppm samt minsta omsättning för båda systemen då omsättningen varierar under årstiderna på grund av vädring.

Tabell 4.14: Luftkvaliteten mätt i max CO₂ ppm och luftomsättningen för valda zoner.

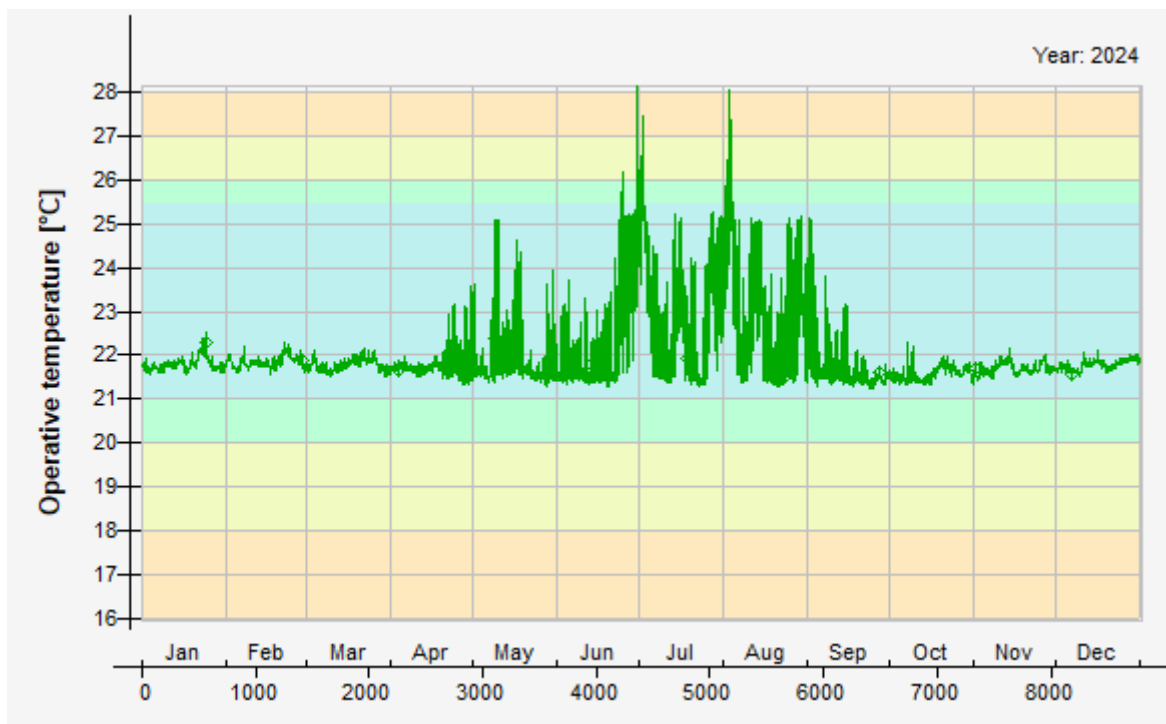
Zon	F-system		FTX-system	
	Max CO ₂ ppm	Min oms/h	Max CO ₂ ppm	Min oms/h
Sovrum 1	627.3	1.91	640.2	1.79
Sovrum 2	722,8	1.05	755.2	0.85
Kök/Vardagsrum	519,3	0.88	642.3	0.43

Enligt resultatet kan man se att rummet som får den högsta CO₂-halten är sovrums 2 dvs sovrumsrummet på ovanvåningen. Det högsta värdet som uppmätts är under kravet på folkhälsomyndighetens krav på max 1000 CO₂ ppm. Luftomsättning blir hög för varje zon men luften går vidare till andra zoner.

Tabell 4.15 och 4.16 redovisar det högsta PPD-värdet, antal timmar operativ temperatur över 25 grader samt den högst uppmätta operativa temperaturen. FTX-systemet redovisar sämre siffror än vad F-systemet gör.

Tabell 4.15: Det största uppmätta PPD-värde, hur många timmar den operativa temperaturen är högre än 25°C samt den högsta operativa temperaturen.

F-system	PPD-max	h T op > 25	Max operativ temperatur
Sovrum 1	12,54	0	24,88
Sovrum 2	15,26	43,4	27,67
Kök/Vardagsrum	13,22	13,7	25,43

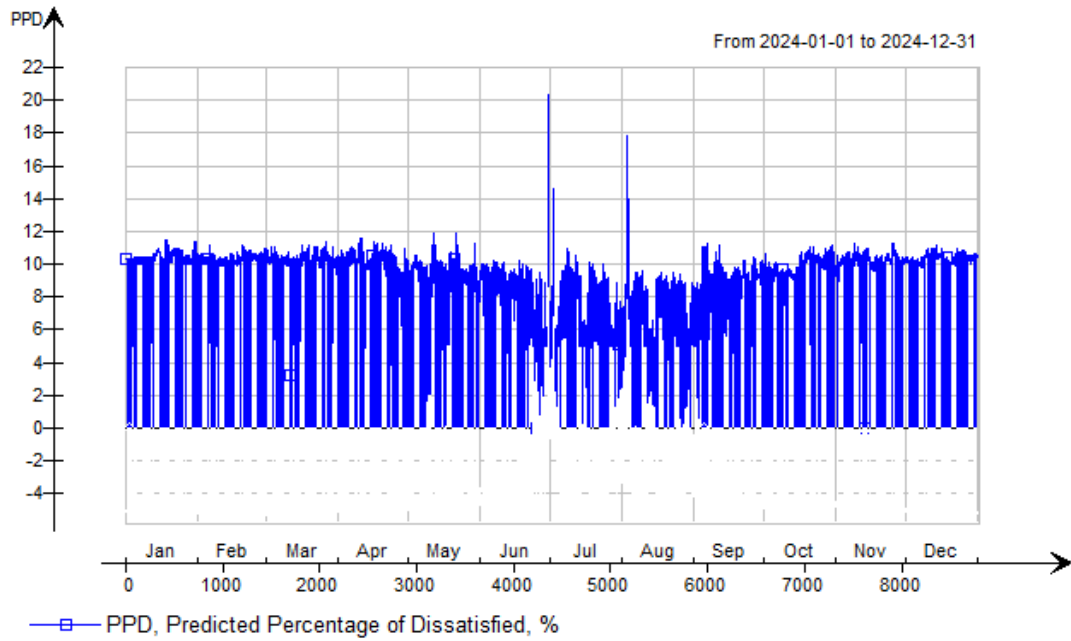


Figur 4.4: Graf för operativ temperatur i sovrums 2 med F-system (IDA ICE 5.0)

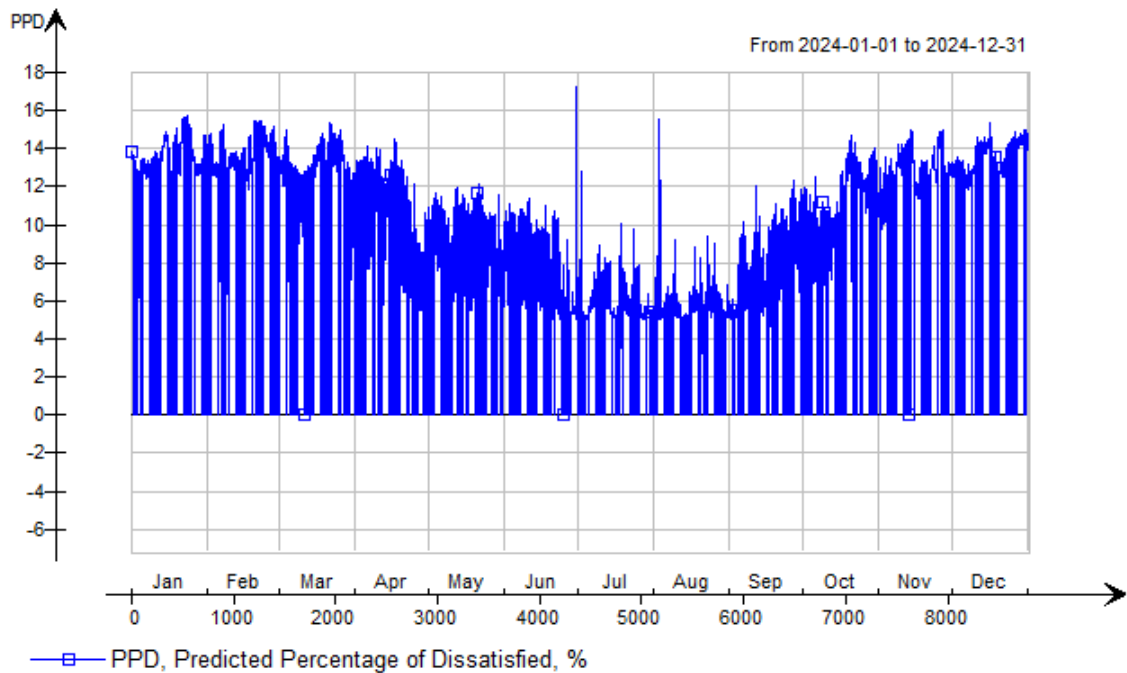
Tabell 4.16: Det största uppmätta PPD-värde, hur många timmar den operativa temperaturen är högre än 25°C samt den högsta operativa temperaturen.

FTX-system	PPD-max	h T op > 25	Max operativ temperatur
Sovrum 1	14,58	16	25,47
Sovrum 2	17,46	44,6	27,91
Kök/Vardagsrum	16,09	42,9	26,0

I figurerna 4.5 och 4.6 visas grafer på PPD över ett år. Figuren 4.5 representerar PPD för fallet med frånluftsystemet i sovrums 2. I figur 4.6 redovisas PPD för fallet med FTX-systemet. Graferna får ett värde på noll när ingen vistas i sovrumsrummet, närvaron i sovrumsrummet följer schemat i figur 2.13.



Figur 4.5: Graf för PPD över ett år för frånluftssystemet i sovrum 2, med en inställd inomhus temperatur på 21°C för värmesystemet.



Figur 4.6: Graf för PPD över ett år för FTX-systemet i sovrum 2, med en inställd inomhus temperatur på 21°C för värmesystemet.

4.8 Livslängd

Komponenterna i ventilationssystemet har olika livslängder vilket påverkar hur stor värdeförlusten per år samt miljöpåverkan blir. Livslängden på utrustningen är hämtad från EPD:er samt generiska data. Livslängden för utrustningen redovisas i tabell 4.17.

Tabell 4.17: Tabell på livslängd av komponenter.

Livslängd	
Produkt	År
Luftaggregatet (FTX)	25
Kanaler och don	50
Frånluftshuv	30
Frånluftsfläkt	25

4.9 Klimatpåverkan

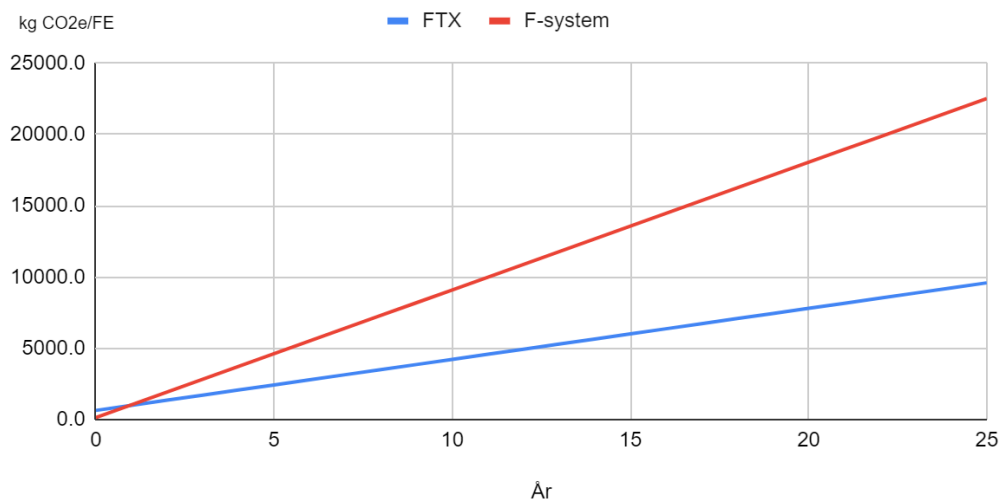
FTX-systemet använder mindre energi än F-systemet under året vilket ger en skillnad på miljöpåverkan med 38,8 kg CO₂e per år. Miljöpåverkan är mindre och enligt tabell 4.18 blir energibesparingen cirka 10 000 kWh per år med fjärrvärme från Helsingborgs fjärrvärmenät, Öresundskraft. Fjärrvärmens miljöpåverkan är 53 g CO₂e/kWh och elens miljöpåverkan är 37 g CO₂e/kWh. Redan under år ett lönar det sig att ha ett FTX-system med en värmeväxlare i Helsingborg enligt figur 4.13. För en uppskattad livslängd på 25 år för båda systemen så kommer F-systemet ha en större miljöpåverkan med ca 15 000 kg CO₂e/FE.

Tabell 4.18: Miljöpåverkan efter ett år för båda systemen i Helsingborg

Helsingborg				
System	FTX-system		F-system	
Enheter	Energi [kWh]	CO ₂ e/FE [kg]	Energi [kWh]	CO ₂ e/FE [kg]
Fjärrvärme	6 195,5	328,4	16 663,6	883,2
El	801,2	29,6	327,2	12,1
Totalt	6 996,7	358,0	16 990,8	895,3
Ventilationssystem (Engångspåverkan)		639,8		141,4
Totalt med ventilationssystem		997,8		1 036,6

Grafen i figur 4.7 redovisar klimatpåverkan för både F- och FTX-systemet i Helsingborg under ett intervall på 25 år. Grafen visar tydligt att miljöpåverkan för F-systemet är mycket större än för FTX-systemet. Klimatpåverkan för utrustningen redovisas som en punktbelastning år 0 därav grafernas startpunkt.

Miljöpåverkan för F- och FTX-system i Helsingborg



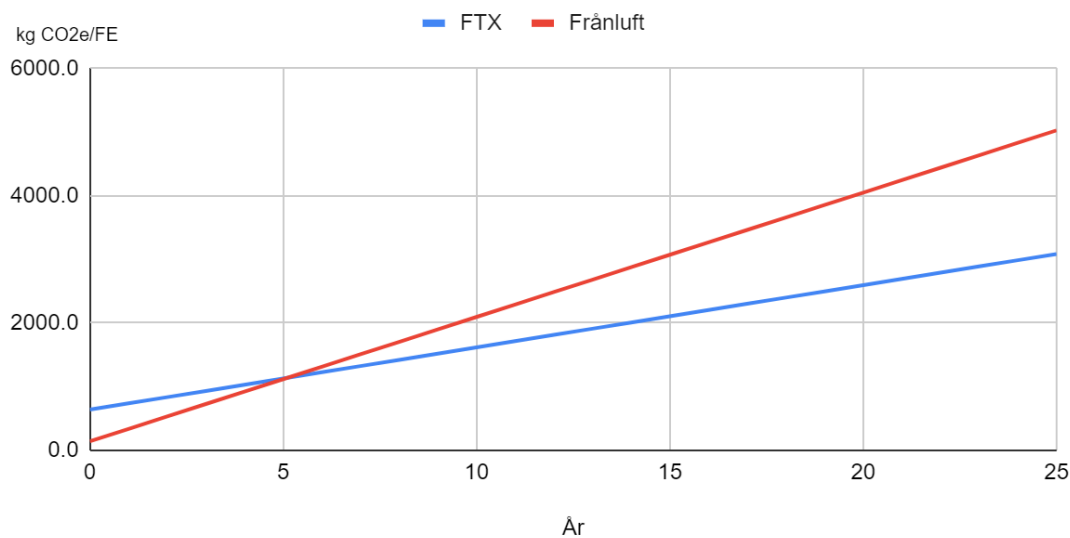
Figur 4.7: Graf på skillnaden av sammanlagda miljöpåverkan under 25 år. (53 g CO₂e/kWh)

Om huset istället hade varit beläget i Ängelholm som är drygt 2 mil norr om Helsingborg hade resultatet sett annorlunda ut eftersom fjärrvärmen har en betydligt lägre miljöpåverkan på 11 g CO₂e/kWh. Detta redovisas i tabell 4.19. Grafen i figur 4.8 visar miljöpåverkan för de olika systemen i Ängelholm.

Tabell 4.19: Miljöpåverkan för energianvändning under ett år i Ängelholm

Ängelholm				
System	FTX-system		F-system	
Enheter	Energi [kWh]	CO ₂ e/ FE [kg]	Energi [kWh]	CO ₂ e/ FE [kg]
Fjärrvärme	6 195.5	68.2	16 663.6	183.3
El	801.2	29.6	327.2	12.1
Total energi	6 996.7	97.8	16 990.8	195.4
Ventilationssystem		639.8		141.4
Totalt med ventilationssystem		737.6		336.8

Miljöpåverkan för FTX och Frånluft i Ängelholm



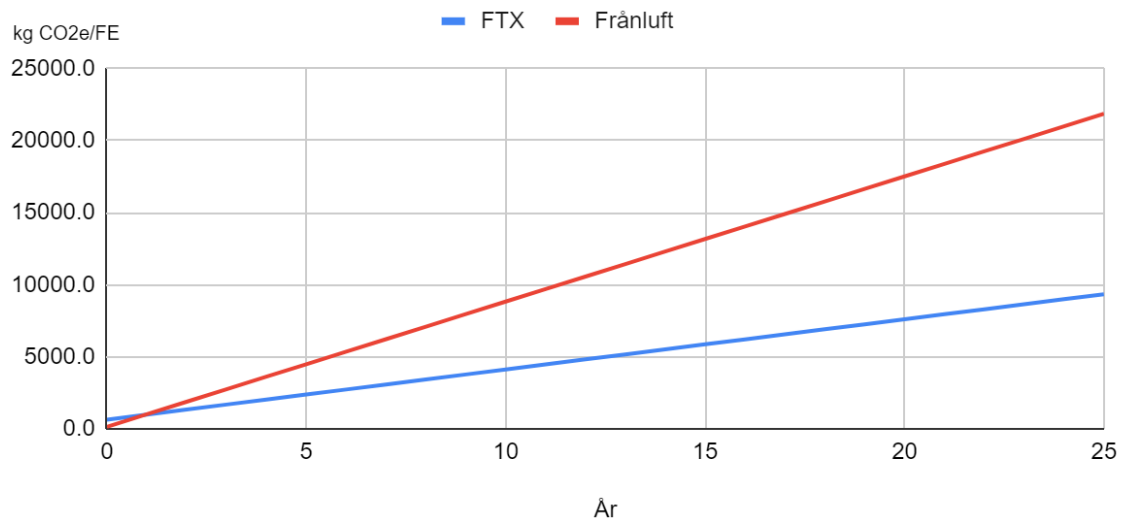
Figur 4.8: Graf på skillnaden av sammanlagda miljöpåverkan under 25 år. (11 g CO₂e/kWh)

Tabell 4.20 samt figur 4.9 redovisar klimatpåverkan för de olika systemen med svensk elmix samt svenskt medelvärde för fjärrvärmens. Resultatet är väldigt likt fallet för Helsingborg, men även här har frånluftssystemet större miljöpåverkan än FTX-systemet.

Tabell 4.20: Miljöpåverkan efter ett år för båda systemen, svenskt medelvärde

Svenskt medelvärde för fjärrvärme				
System	FTX-system		F-system	
Enheter	Energi [kWh]	CO ₂ e/ FE [kg]	Energi [kWh]	CO ₂ e/ FE [kg]
Fjärrvärme	6 195	318,4	16 663,6	856,5
El	801,2	29,6	327,2	12,1
Total energi	6 996,7	348,1	16 990,8	868,6
Ventilationssystem		639,8		141,4
Totalt med ventilationssystem		987,9		1010,0

Miljöpåverkan för FTX och Frånluft med svenskt medelvärde för fjärrvärme



Figur 4.9: Graf på skillnaden av sammanlagda miljöpåverkan under 25 år. (51,4 g CO₂e/kWh)

Endast under de tre första åren har F-systemet lägre miljöpåverkan än FTX-systemet. Eftersom livslängden för båda systemen är längre än 3 år så blir FTX-systemet det alternativet med lägst potentiell klimatpåverkan. För att klimatpåverkan av de båda systemen skulle ha ungefär lika stor klimatpåverkan efter 25 år skulle miljöpåverkan för fjärrvärmens behöva vara ca 2,45 g CO₂e/kWh.

5 Diskussion och slutsats

Enligt basfallet där villan är belägen i Helsingborg och ansluten till fjärrvärmeverket Öresundskraft, blir den totala miljöpåverkan för F-systemet nästan 2,5 gånger så stor som för FTX-systemet under ett 25 års intervall. Detta då FTX-systemet står för ungefär 10 000 kg CO₂e och F-systemet för nästan 22 500 kg CO₂e under tidsperioden.

Ur ett kostnadseffektivt perspektiv är inköpspriset cirka 40 000 kr för FTX-systemet medans inköpspriset endast är ungefär 8 000 kr för F-systemet. Ur samma perspektiv är driftkostnaden under ett år för FTX-systemet ungefär 9 800 kr och för F-systemet är det betydligt högre, då driftkostnaden är 18 000 kr. Detta innebär att redan under år 4 är det mer kostnadseffektivt att investera i ett FTX-system. Under utrustningens tekniska livslängd, som är 25 år för majoriteten av utrustningen sparas 175 000 kr på att investera i FTX-systemet.

Jämförelsevis om villan skulle flyttas några mil norrut till Ängelholm skulle klimatpåverkan för båda systemen vara betydligt lägre. Under en 25 år period skulle FTX-systemet stå för ungefär 3 000 kg CO₂e per FE medans F-systemet skulle stå för ungefär 5 000 kg CO₂e per FE. Anledningen till detta är känt och beror helt enkelt på bränslet som används för fjärrvärmen. Ängelholm värmer vattnet med träavfall från återvinningscentralen och i Helsingborg värms vattnet av blandat avfall, däribland restavfall från våra hushåll vilket förklarar den stora skillnaden av miljöpåverkan. Skillnaden på driftkostnader för de olika städerna är obetydligt liten. Vissa fjärrvärmenät i Sverige menar dock att de har en klimatpåverkan under 2,45 g CO₂e/kWh, till och med 0. Om vår villa var ansluten till ett sådant fjärrvärmenät skulle frånluftssystemet ha en mindre klimatpåverkan än vad FTX-systemet hade haft.

Arbetet kan också användas som ett riktvärde för hela Sverige oavsett vart villan är placerad. Med hjälp av den svenska elmixen och medelvärde för svensk fjärrvärme blir resultatet väldigt likt fallet för Helsingborg. Miljöpåverkan blir lite mindre under ett 25 års intervall men driftkostnaden blir strax högre enligt tabell 4.13.

FTX-systemet är alltså flera gånger så effektivt ur ett miljö- och kostnadseffektivt perspektiv, inte bara för basfallet Helsingborg utan även för medelvärdet i Sverige.

Inomhusklimatet med de olika systemen uppnår en liknande effekt på sommaren eftersom villan inte har någon aktiv kylning och värmeväxlaren i FTX-systemet stängs av under sommarperioden. Under uppvärmningssäsongen behåller FTX-systemet en konstant tilluftstemperatur förutom under de kallaste dagarna på året då värmeväxlaren inte klarar av att värma tilluften till önskad temperatur.

För att uppnå ett gott PPD-värde över hela året krävdes en orimligt hög lufttemperatur inomhus. För att uppnå ett bra PPD-värde krävdes det att lufttemperaturen var 24°C vilket är betydligt varmare än 21°C som rekommenderas av Boverket. Vad detta beror på lyckades studien inte att komma fram till. Förutom det skulle den inre lasten kunna varieras med hänvisning till gratis energi från bland annat människor och varmvatten. Resultatet ger dock en inblick i hur PPD påverkas under sommaren då PPD indexet har några korta tillfällen då indexet blir väldigt högt på grund av den höga utomhustemperaturen. Den höga inomhustemperaturen som krävs för ett behagligt inomhusklimat påverkar PPD positivt över sommaren, det vill säga att indexet hade kunnat vara sämre i verkligheten om simuleringen tog hänsyn till Boverkets rekommendationer.

Graferna för miljöpåverkan och kostnad utgår ifrån att priset och miljöpåverkan är konstant varje år. Detta för att ge en uppskattning om hur de jämför sig över sin livstid. Framtida pris och miljöpåverkan

kan spekuleras baserat på tidigare trender men över en tidsperiod på 25 år blir osäkerheten för hög. Vårt resultat är alltså linjärt och inte dynamiskt. Miljöpåverkan från fjärrvärmens kan förväntas vara likt dagens siffror under en kortare tidsperiod då Helsingborgs fjärrvärmeverk är så stort och tar hand om sopor från många olika områden. Elpriset kan dock variera mycket från år till år, baserat på de senaste 5 åren då elpriserna är södra Sverige varierat mellan 24 och 121 öre/kWh under april månad.

Simuleringarna i IDA ICE har inte tagit hänsyn till varmvattenanvändning i villan då den förväntas vara lika stor oavsett ventilationssystem. Detta påverkar gratis energi i form av värme till bostaden. Detta hade troligen minskat energianvändningen oavsett vilket ventilationssystem som använts.

För att frånluftssystemet skulle klara av att uppnå samma lufttemperatur som FTX-systemet krävdes större värmekällor i vissa zoner eftersom tilluften har en lägre temperatur under vinterhalvåret. Detta medför en pris och miljöpåverkan som inte beräknades i denna studie vilket kommer att påverka resultatet till fördel till FTX-systemet.

Studien är generaliserad för att resultaten ska kunna tillämpas på flera liknande byggnader och kunna agera som ett riktmärke för om det är lönsamt att investera i FTX-system istället för ett frånluftssystem. Resultatet har tydligt visat att det är lönsamt att investera i FTX-systemet. Faktorn som påverkar hur lång tid investeringen tar innan den blir lönsam beror på vilken fjärrvärmeleverantör bostaden är ansluten till i landet.

5.1 Framtida arbeten

I vidare studier hade priskänsligheten för både fjärrvärme och svensk elmix kunnat analyserats om det hade resulterat i en märkbar förändring.

Framtida arbete för att få villan WELL certifierad, kan vara att mäta de faktiska resultaten då detta inte är möjligt i simuleringsprogrammet IDA ICE. Enligt simuleringen överstigs inte 760 CO₂ PPM i villan. Kravet från WELL är att koldioxidhalten inte får överstiga 900 PPM alltså klaras kravet av.

För att utveckla studien vidare kan resultatet av egen energiproduktion undersökas i form av till exempel solceller. Resultatet hade troligen gynnat FTX-systemet ytterligare då den använder mindre energi från början. Detta hade medfört att göra en livscykelanalys på solcellerna.

Enligt kapitel 2.6 fanns det bekymmer med att klimatdeklarera ventilationssystemen i One Click LCA då tillverkarna inte har upprättat EPD:er för utrustningen. Som nämnt i kapitel 3.7 finns förslag om att sätta krav på gränsvärde för samtliga delar i bostäder, däribland ventilationssystem. Därför reflekterar inte arbetets LCA verkligheten helt och hållet, men kan vara en möjlighet för fortsatt arbete när gränsvärdena träder i kraft.

6 Litteraturförteckning

Autodesk (u.å) *Revit 2023* [Autodesk Revit-programvara | Visa priser och köp den officiella versionen av Revit 2024](#)

Boverket (2024a). Boverkets klimatdatabas (version 02.05.000).
<https://klimatdatabasen.boverket.se/detaljer/2/6000000008> Hämtad 2024-05-02.

Boverket (2024b). Luft och ventilation i bostäder. <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/> Hämtad 2024-04-08.

Boverket (2023a). *Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan och en utökad klimatdeklaration*.
<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2023/slutrapport-gransvarde-for-byggnaders-klimatpaverkan.pdf> Hämtad 2024-05-02.

Boverket (2023b). *Klimatdata till beräkningen*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/klimatdata-till-berakningen/> Hämtad 2024-05-08.

Boverket (2023c). *Klimatdeklarationens omfattning*.
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/> Hämtad 2024-05-07.

Boverket (2021). *Klimatdeklaration av byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/> Hämtad 2024-04-08.

Boverket (2019a). Miljöcertifieringssystem och LCA.
<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljocertifieringssystem-och-lca/> Hämtad 2024-05-07.

Boverket (2019b). Miljödata. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/miljodata-och-lca-verktyg/miljodata/> Hämtad 2024-05-08.

Elbruk (2024) *Elpriser 2023*. <https://www.elbruk.se/elpris-historik-2023> Hämtad 2024-05-06.

EQUA. (2023) *IDA ICE*. <https://www.equa.se/se/ida-ice> Hämtad 2024-04-15.

Folkhälsomyndigheten (2024). *Vägledning om luftkvalitet*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsyn-inom-halsoskydd/luftkvalitet/> Hämtad 2024-04-10.

Folkhälsomyndigheten (2023). *Vägledning om ventilation*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsyn-inom-halsoskydd/ventilation/> Hämtad 2024-04-12.

Fortnox (u.å) *Vad är ekonomisk livslängd?* <https://www.fortnox.se/fortnox-foretagsguide/ekonomisk-ordlista/ekonomisk-livslangd> Hämtad 2024-04-10.

Raziyeh Khodayari (2023) *Miljövärdering av fjärrvärme*.
<https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/miljovardering-av-fjarrvarme/> Hämtad 2024-05-07.

Naturskyddsföreningen (2022) *Energianvändning i skolan, hemmet och samhället*.
<https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energianvandning-i-skolan-hemmet-och-samhallet/>
Hämtad 2024-04-15.

One Click LCA (2024) About One Click LCA. <https://oneclicklca.com/company/about-us> Hämtad 2024-04-24.

One Click LCA 2024 <https://oneclicklca.com/sv/>

Puranen, B., Marklund, K., Engström, C., Ekman, A., Gruvö, J. & Söderberg, P. (red.) (1991)
Nationalencyklopedin. Bokförlaget bra böcker AB.

Revit (2024) *Autodesk Revit: Autodesk revit: BIM-programvara för att designa och skapa vad som helst*. <https://www.autodesk.se/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> Hämtad 2024-04-23

Svenskt vatten (2016) *Nyttjandeperiod*. <https://www.svensktvatten.se/va-chefens-verktyglada/ekonomi--taxa/investeringsredovisning-med-komponenter/nyttjandeperiod> Hämtad 2024-04-10.

Svensk Ventilation (u.åa). *Fläktstyrd frånluft – Frånluftssystem*.
<https://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/franluftssystem/> Hämtad 2024-03-14.

Svensk Ventilation (u.åb). *FTX – Till och Frånluftsventilation med värmeåtervinning*.
<https://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/ftx-varmeatervinning/> Hämtad 2024-03-14.

Svensk ventilation (u.åc) *Ventilationssystem och energi*.
<https://www.svenskventilation.se/ventilation/energi/system-ventilation/> Hämtad 2024-05-07.

Swedbank (u.å) *Grönt bolån*. <https://www.swedbank.se/privat/boende-och-bolan/bolan-for-olika-behov/grona-bolanet.html> Hämtad 2024-05-07

Sweden Green Building Council (u.åa) *Certifisering*. <https://www.sgbc.se/certifisering/> Hämtad 2024-05-07.

Sweden Green Building Council (2024a) *Om miljöbyggnad*.
<https://www.sgbc.se/certifisering/miljobyggnaad/vad-ar-miljobyggnaad/> Hämtad 2024-04-18.

Sweden Green Building Council (2024b) *WELL Building Standard i Sverige*.
<https://www.sgbc.se/utveckling/well-building-standard-i-sverige/> Hämtad 2024-04-17.

Sweden Green Building Council (2022a) *Innemiljöenkät Miljöbyggnad*.
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.sgbc.se%2Fapp%2Fuploads%2F2018%2F09%2Finnemilj%25C3%25B6enk%25C3%25A4t_milj%25C3%25B6byggnad.doc&wdOrigin=BROWSELINK Hämtad 2024-04-15.

Sweden Green Building Council (2022b) *Miljöbyggnad 4.0*.
https://www.sgbc.se/app/uploads/2022/12/Manual_MB_4.0_1.pdf Hämtad 2024-04-12.

Vattenfall (u.å). *Så fungerar fjärrvärme*. <https://www.vattenfall.se/fjarrvarme/sa-fungerar-fjarrvarme/> Hämtad 2024-05-07

Öresundskraft (u.åa) *Fjärrvärmepriser*. <https://www.oresundskraft.se/privat/fjarrvarme/fjarrvarme-priser/> Hämtad 2024-05-06.

Öresundskraft (u.åb). *Fjärrvärmens ursprung*. <https://www.oresundskraft.se/ursprung/fjarrvarmens-ursprung/> Hämtad 2024-05-07

Öresundskraft (2022) *Hållbarhetsrapport 2022*.
https://www.oresundskraft.se/globalassets/pdf/hallbarhetsredovisning/ok_hallbarhetsredovisning_2022_final_uppslag.pdf Hämtad 2024-05-02.

Bilaga 1

EPD:er

Frånluftssystem

HUB-1016 Lindab Ventilation AB – Spirorör

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-1016>

HUB-0060 Lindinvent AB - INSQAIR® Active Supply Air Diffusers

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-0060>

HUB-0837 Lindab Ventilation AB - Lindab safe fittings

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-0837>

HUB-0838 Ekovent AB – Takhuv

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-0838>

FTX-system

S-P-05388 Swegon Group AB - Ventilationsaggregat

<https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/44d0684c-87db-4965-c721-08da1b891163/Data>

HUB-0060 Lindinvent AB - INSQAIR® Active Supply Air Diffusers

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-0060>

HUB-0837 Lindab Ventilation AB - Lindab safe fittings

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-0837>

HUB-0838 Ekovent AB – Takhuv

<https://manage.epdhub.com/?epd=HUB-0838>

Bilaga 2

Priser för ventilation

80 kanal	https://www.luftbutiken.se/spiroror/7110-spiroror-080-langd-1-5-m.html
100 kanal	https://www.hornbach.se/p/ventilationsror-o100mm-langd-200cm/7329271/
125 kanal	https://www.hornbach.se/p/ventilationsror-o100mm-langd-200cm/7329271/
160 kanal	https://www.hornbach.se/p/ventilationsror-o100mm-langd-200cm/7329271/
Frånluft sfläkt	https://ventilation.se/sv/products/takflakt-tfsk-160-svart?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwxeyxBhC7ARIsAC7dS3-FK_tVJZVyalO0lW573BUj9tWcY68GR49cI3yP4nHkVaz8l82Y9gaAqEkEALw_wcB
Friskluft tsventil	https://www.bauhaus.se/frisklufttsventil-flexit-aero-100v2-vit
Frånluft sdon	https://www.bauhaus.se/franluftsdon-fresh-100
FTX- aggregat	https://www.polarpumpen.se/ventilation-och-avfuktare/ftx-aggregat/nibe-ers-s10-400-ventilationsaggregat/p-1856485?utm_source=google&utm_medium=cpc&campaign=20986812473&content=689481025140&keyword=&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwouexBhAuEiwAtW_Zx1OiD4qRdW6J9OK_xte9PQgshTOzIDobG2KHdu-S4iF0P8UH8wXqnPBoCQasQAvD_BwE

Bilaga 3

5/15/24, 1:44 PM

Input data Report

Wind driven infiltration airflow rate 139.782 l/s at 50.000 Pa

Building envelope	Area [m ²]	U [W/(m ² K)]	U*A [W/K]	% of total
Walls above ground	132.14	0.13	17.19	23.40
YV	127.58	0.13	16.60	22.59
YV1	4.56	0.13	0.59	0.81
Walls below ground	0.00	0.00	0.00	0.00
Roof	9.08	0.12	1.09	1.48
Tak1	9.08	0.12	1.09	1.48
Floor towards ground	83.08	0.05	4.48	6.09
Platta mark	83.08	0.05	4.48	6.09
Floor towards amb. air	0.00	0.00	0.00	0.00
Windows	27.44	0.83	22.77	30.99
3 pane glazing, clear, 4-12-4-12-4	27.44	0.83	22.77	30.99
Doors	12.28	0.56	6.84	9.32
YD2	9.14	0.70	6.44	8.75
YV	3.14	0.13	0.41	0.56
Thermal bridges			21.10	28.72
Total	264.02	0.28	73.48	100.00

Thermal bridges	Area or Length	Avg. Heat conductivity	Total [W/K]
External wall / Internal slab	95.23 m	0.059 W/(m K)	5.614
External wall / Internal wall	48.27 m	0.000 W/(m K)	0.000
External wall / external wall	19.20 m	0.000 W/(m K)	0.000
External windows perimeter	87.82 m	0.133 W/(m K)	11.680
External doors perimeter	28.57 m	0.000 W/(m K)	0.000
Roof / external walls	11.14 m	0.000 W/(m K)	0.000
External slab / external walls	35.67 m	0.107 W/(m K)	3.807
Balcony floor / external walls	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
External floor towards amb. air/Internal wall	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Roof / Internal walls	2.48 m	0.000 W/(m K)	0.000
External walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Roof / external walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
External slab / external walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Total envelope (incl. roof and ground)	264.02 m²	0.000 W/(m² K)	0.000
Extra losses	-	-	-0.000
Sum	-	-	21.100

Windows	Area [m ²]	U Glass [W/(m ² K)]	U Frame [W/(m ² K)]	U Total [W/(m ² K)]	U*A [W/K]	Shading factor g
N	4.78	0.70	2.00	0.83	3.96	0.68
E	9.51	0.70	2.00	0.83	7.90	0.68
S	9.21	0.70	2.00	0.83	7.64	0.68
W	3.94	0.70	2.00	0.83	3.27	0.68
Total	27.44	0.70	2.00	0.83	22.77	0.68

Air handling unit	Pressure head supply/exhaust [Pa/Pa]	Fan efficiency supply/exhaust [-/-]	System SFP [kW/(m ³ /s)]	Heat exchanger temp. ratio/min exhaust temp. [-/°C]
AHU	600.00/400.00	0.60/0.60	1.00/0.67	0.00/1.00

DHW use	L/per occupant and day	No. of persons	Total, [l/s]
	0.000	9.000	0.000

<input type="checkbox"/> Click to hide Occupant schedules in zones	
--	--

Schedule name	Percentage of zones with this schedule (% of total zone area).
ALWAYS ON	4.47
House living (example)	72.82
ALWAYS OFF	22.72

Bilaga 4

5/15/24, 1:41 PM

Input data Report

Wind driven infiltration airflow rate

83.860 l/s at 50.000 Pa

Building envelope	Area [m ²]	U [W/(m ² K)]	U*A [W/K]	% of total
Walls above ground	132.14	0.13	17.19	23.40
YV	127.58	0.13	16.60	22.59
YV1	4.56	0.13	0.59	0.81
Walls below ground	0.00	0.00	0.00	0.00
Roof	9.08	0.12	1.09	1.48
Tak1	9.08	0.12	1.09	1.48
Floor towards ground	83.08	0.05	4.48	6.09
Platta mark	83.08	0.05	4.48	6.09
Floor towards amb. air	0.00	0.00	0.00	0.00
Windows	27.44	0.83	22.77	30.99
3 pane glazing, clear, 4-12-4-12-4	27.44	0.83	22.77	30.99
Doors	12.28	0.56	6.84	9.32
YD2	9.14	0.70	6.44	8.76
YV	3.14	0.13	0.41	0.56
Thermal bridges			21.10	28.72
Total	264.02	0.28	73.48	100.00

Thermal bridges	Area or Length	Avg. Heat conductivity	Total [W/K]
External wall / Internal slab	95.23 m	0.059 W/(m K)	5.614
External wall / Internal wall	48.27 m	0.000 W/(m K)	0.000
External wall / external wall	19.20 m	0.000 W/(m K)	0.000
External windows perimeter	87.82 m	0.133 W/(m K)	11.680
External doors perimeter	28.57 m	0.000 W/(m K)	0.000
Roof / external walls	11.14 m	0.000 W/(m K)	0.000
External slab / external walls	35.67 m	0.107 W/(m K)	3.807
Balcony floor / external walls	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
External floor towards amb. air/Internal wall	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Roof / Internal walls	2.48 m	0.000 W/(m K)	0.000
External walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Roof / external walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
External slab / external walls, inner corner	0.00 m	0.000 W/(K m)	0.000
Total envelope (incl. roof and ground)	264.02 m²	0.000 W/(m² K)	0.000
Extra losses	-	-	-0.000
Sum	-	-	21.100

Windows	Area [m ²]	U Glass [W/(m ² K)]	U Frame [W/(m ² K)]	U Total [W/(m ² K)]	U*A [W/K]	Shading factor θ
N	4.78	0.70	2.00	0.83	3.96	0.68
E	9.51	0.70	2.00	0.83	7.90	0.68
S	9.21	0.70	2.00	0.83	7.64	0.68
W	3.94	0.70	2.00	0.83	3.27	0.68
Total	27.44	0.70	2.00	0.83	22.77	0.68

Air handling unit	Pressure head supply/exhaust [Pa/Pa]	Fan efficiency supply/exhaust [-/-]	System SFP [kW/(m ³ /s)]	Heat exchanger temp. ratio/min exhaust temp. [-/°C]
AHU	600.00/400.00	0.60/0.60	1.00/0.67	0.60/1.00

DHW use	L/per occupant and day	No. of persons	Total, [l/s]
	0.000	9.000	0.000

Click to hide Occupant schedules in zones

Schedule name	Percentage of zones with this schedule (% of total zone area).
ALWAYS_ON	4.47
House living (example)	72.82
ALWAYS_OFF	22.72