CHALMERS



Ventilationens betydelse vid upprustning av miljonprogrammet

Möjligheter och begränsningar för energibesparing tillämpat på flerbostadsprojekt i miljonprogrammet.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

PER TÖRNSTRÖM

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete LBTX30-19-02
Göteborg, Sverige 2019

EXAMENSARBETE LBTX30-19-02

Ventilationens betydelse vid upprustning av miljonprogrammet

Möjligheter och begränsningar för energibesparing tillämpat på flerbostadsprojekt i miljonprogrammet.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

PER TÖRNSTRÖM

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2019

Ventilationens betydelse vid upprustning av miljonprogrammet

Möjligheter och begränsningar för energibesparing tillämpat på flerbostadsprojekt i miljonprogrammet.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

PER TÖRNSTRÖM

© PER TÖRNSTRÖM, 2019

Examensarbete LBTX30-19-02
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2019

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Flygfoto över bostadsområdet med tillämpningsobjektet fastigheten Bergsjön 2:27. Google Maps (2019)

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2019

Ventilationens betydelse vid upprustning av miljonprogrammet
Möjligheter och begränsningar för energibesparing tillämpat på flerbostadsprojekt i miljonprogrammet.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

PER TÖRNSTRÖM

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Denna rapport behandlar ventilationsprincipernas betydelse vid energibesparande åtgärder och upprustning av miljonprogramshus. Ett tillämpningsobjekt har valts för beräkningarna genom att studera statistiska data över bostadsbyggandet i Sverige 1965–1974. Genom dessa data kunde den typiska miljonprogramsbyggnaden karakteriseras och en fastighet med den vanligaste byggnadsutformningen och ventilationsprincipen väljas i Göteborg.
Beskrivning av byggnadens och installationernas egenskaper vid studiens start 2009 med förbrukningsvärden från år 2008. Därefter en beskrivning av byggnadens och installationernas egenskaper tio år senare samt förbrukningsvärden från år 2018. Värden på förbrukning normalårskorrigeras med SMHI energiindex för att kunna jämföras mellan de olika åren.
Beskrivning av energibesparande åtgärder i tillämpningsobjektet under de 10 åren som gått presenteras och resultatet för energiförbrukningen visar att det endast 1-2 procent besparing skett efter primärenergifaktorkorrigering. Vattenförbrukningen har dock minskat med ca 20 procent mellan 2008 till 2018.
Presentation av fastighetsägarens energibesparingsambitioner som ingår i ”Allmännyttans klimatinitiativ”. Det innebär att tillämpningsobjektets ägare i hela sitt fastighetsbestånd ska minska sin totala energiförbrukning med 30 procent från år 2007 till år 2030.
Beräkning och analys redovisas av olika ventilationsprincipers betydelse för energibesparingen och de möjligheter som finns för att nå uppsatta mål. De insatser som gjorts i tillämpningsobjektet når inte hela vägen. Det krävs värmeåtervinning i någon form, värmeväxlare är att föredra i energisynpunkt.
Avgränsningarna har varit att beskriva och analysera värmeenergi och fläktenergi i de olika principer som presenteras. Exempel på hur man diskuterat kring dessa åtgärder i renoveringsprojekt med anledning av kostnaderna som det genererar. Slutsatsen är att det krävs stora installationstekniska investeringar för att nå de energisparmål som är satta.

Nyckelord: miljonprogrammet, energi, ventilation, ventilationsprinciper, energibesparingsåtgärder, energimål, energibesparingar

The importance of ventilation when renovating the Million Programme

Conditions for energy saving measures applied to apartment block from the Million Programme

Degree Project, Bachelor level in
Civil and Environmental Engineering

PER TÖRNSTRÖM

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Installation technology
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This report describes the importance of ventilation principles in energy-saving measures and upgrading of the Million Programme houses. An applied object was chosen for the calculations by studying statistical data on completed apartment buildings in Sweden from 1965 until 1974, the so called “Million Programme”. Through these data, a typical Million Programme building in Gothenburg could be chosen, a property with the most common building design and ventilation principle.
A description of the characteristics of the building construction and building services engineering at the start of the study in 2009 with consumption values from 2008. Followed by a description of the characteristics of the building and installations ten years later and consumption values from the year 2018. Values of consumption are adjusted year-on-year with the SMHI energy index to be able to comparable between the different years.
A description of energy-saving measures in the applied object during the 10 years that have passed is presented and the result for energy consumption shows that only 1-2 per cent in energy savings have been made after primary energy factor correction. Water consumption has, however, decreased by about 20 per cent between 2008 and 2018.
The property owner’s energy-saving ambitions is presented, which is part of "Public housing climate initiative". This means that the property owner of the applied object will reduce its total energy consumption by 30 per cent from 2007 to the year 2030in its entire property portfolio.
Calculation and analysis of different ventilation principles and its importance for energy-saving and the opportunities to achieve the energy-saving goals that has been set. Efforts has been made in the applied object but do not reach all the way. Heat recovery is required in some form, heat exchanger is preferable in an energy saving perspective.
The delimitations have been to describe and analyze heat energy and fan energy in the various principles presented. Examples of how property owners consider these measures in renovation projects due to the costs it generates. The conclusion is that major installation technical investments are needed to reach the energy saving goals.

Key words: Million Programme, energy, ventilation, ventilation principles, energy saving measures, energy goals, energy saving

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT III
INNEHÅLL V
FÖRORD VII
NOMENKLATUR - BETECKNINGAR VIII

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 1
1.3 Avgränsningar 1
1.4 Frågeställning 2
1.5 Metod 2

2 KARAKTERISERING AV TILLÄMPNINGSOBJEKT 3
2.1 Bakgrund till miljonprogrammet 3
2.2 Bostadsproduktion miljonprogrammet 3
2.3 Beskrivning av ventilationsprinciper 4
2.3.1 Självdragsventilation – S-system 4
2.3.2 Frånluftsventilation 5
2.3.3 Balanserade ventilationssystem 6
2.3.4 Ventilationsprinciper i miljonprogrammet 6
2.4 Vanligaste miljonprogramsbyggnaden 7
2.5 Bergsjön 2:27 - Det vanligaste miljonprogramshuset i Göteborg 9

3 VÄRMEFÖRBRUKNING OCH ELENERGIFÖRBRUKNNIG I TILLÄMPNINGSOBJEKT BERGSJÖN 2:27 10
3.1 Status 2009 10
3.1.1 Dokumenterad energiförbrukning 10
3.1.2 Ventilationssystem 11
3.1.3 Klimatskal och U-värden 11
3.1.4 Beräknad värmeförbrukning 14
3.1.5 Beräknad förbrukning fläktenergi 20
3.2 Status 2019 21
3.2.1 Dokumenterad energiförbrukning 21
3.2.2 Ventilationssystem 21
3.2.3 Klimatskal och U-värden 22
3.2.4 Beräknad värmeförbrukning 22
3.2.5 Beräknad förbrukning fläktenergi 26

4 ANALYS AV TEKNISKA LÖSNINGAR 28

4.1 10 år av förbättringar 2009-2018 28
4.1.1 Förändringar 28
4.1.2 Energibesparing förbrukning 2008 till 2018 28
4.1.3 Allmännyttans ambitioner 29
4.2 Analys beräkningar med andra systemval 30
4.2.1 Beräkningar med återvinning 30
4.2.2 Ekonomisk lönsamhet 33
4.2.3 Tillämpningsobjektets förutsättningar med olika principer 33
5 EXEMPEL PÅ OBJEKT DÄR ÅTERVINNING INSTALLERATS. 37
5.1 Förnyelse Tellusgatan 37
5.2 Innemiljöproblem som drivkraft 37
5.3 Utveckling Siriusgatan 37
5.4 Lägenhetsaggregat 37
5.5 Källarplacerat ventilationsaggregat med värmeväxlare 38
5.6 Sidoanbud Frånluftsvärmepump 38
6 DISKUSSION OCH SLUTSATS 39
7 REFERENSER 40

Förord

Den här rapporten påbörjades 2009 i samband med slutförandet av studierna på högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik vid Chalmers tekniska högskola. 2019 återupptogs arbetet och med ett tidsperspektiv på 10 år att dra nytta av. Det innebar att en jämförelse av energiförbrukning och åtgärder på tillämpningsobjekt var naturligt att genomföra. Kan konstatera att mitt val att skjuta upp färdigställandet inte varit optimalt, men gett en ny dimension till det hela.

Omfattningen i examensarbetet har förutom rapporten innefattat studier och presentation i ett seminarium för övriga examensarbetare på avdelningen för installationsteknik.

En person jag främst vill tacka är min fru Sara. Min tid med rapportskrivande har gjort att hon fått ha hand om våra barn och vardagsbestyren i högre utsträckning än vanligt. Det har hon ställt upp på och stöttat med galant. Barnen har givetvis bidragit med sina glada sinnen och livat upp även tidiga mornar.

Ytterligare tack vill jag rikta till min vän Peter Wimble som ställt upp med sin expertis och väglett genom beräkningarna.

Ett tack även till Senir Jalovicic på Familjebostäder i Göteborg som ställt upp med sina erfarenheter och intervjutillfällen för att få tag i nödvändig information.

Examinator Jan Gustén kan inte heller bli utan tack för stödet och tack för att jag kunnat bolla mina idéer på ett konstruktivt sätt med dig.

Det har varit en bra erfarenhet och ett viktigt mål att nå, nu är examensarbetet publicerat.

Linköping juni 2019
Per Törnström

Nomenklatur - beteckningar

A	area (m^2)
A_i	respektive klimatskalsdels area. (m^2)
A_{om}	byggnadens omslutningsarea (m^2)
c_p	specifik värmekapacitet. [J/kgK]
d	tjocklek, djup (m)
d_i	skikttjocklek för materialskikt 1, 2, 3 o.s.v. (m)
G_T	Gradtimmar (Kh/år)
GD	Graddagar (Kd/år)
P	effekt (W)
$P_{frånluft}$	tillförd el frånluftsfläkt (kW)
$P_{tilluft}$	tillförd el tilluftsfläkt (kW)
q_{max}	det största av till- och frånluftsflödena (m^3/s)
Q	Värmeförbrukningen (Wh)
Q_{el}	överskottsvärme från elektriska appareter (Wh)
Q_I	förluster oavsiktlig ventilation (via otätheter i klimatskal) (Wh)
$Q_{inståln}$	instrålningsvärme genom fönster (Wh)
$Q_{köldbryggor}$	summan av byggnadens köldbryggor. (Wh)
Q_{nf}	solvärme fönster norrfasad (Wh)
Q_{pers}	värme från personer i byggnaden (Wh)
Q_{sf}	solvärme fönster sydfasad (Wh)
Q_{sol}	Solvärme (Wh)
Q_T	transmissionsförluster (Wh)
$Q_{tillskott}$	tillskottsvärme (Wh)
Q_{TVV}	tappvarmvattensförbrukning (Wh)
Q_V	ventilationförluster (Wh)
Q_{vof}	solvärme fönster väst- och östfasad (Wh)
Q_{vv}	överskottsvärme från varmvatten (Wh)
$Q_Å$	återvunnen värmeenergi (Wh)
R_{se}	yttre övergångsmotstånd ($m^2K\ /\ W$)
R_{si}	inre övergångsmotstånd (m^2K/W)
R_T	Byggnadsdelens totala värmemotstånd ($m^2K\ /\ W$)
R_{Ti}	Byggnadsdelens totala värmemotstånd i för respektive byggnadsdel, 1, 2, 3 o.s.v. ($m^2K\ /\ W$)
SFP	specifik fläkteffekt (specific fan power) ($kW/m^3/s$)
T	temperatur
U_i	U-värde för respektive byggnadsdel, 1, 2, 3 o.s.v. ($W\ /\ m^2K$)
V_I	läckage vid 50 Pa övertryck. ($\frac{m^3}{m^2år}$)
V_V	styrd ventilation, totalt över året. (m^3)
W	watt, Js
λ_i	värmeledningsförmåga för materialen 1, 2, 3, o.s.v. (W/mK)
λ_i	värmeledningsförmåga, värmekonduktivitet (W/mK)
η	värmeåtervinnarens temperaturverkningsgrad (-)
ρ	luftens densitet, normalt. (kg/m^3)
τ	transmittans (-)

1 Inledning

Som titeln berättar har ventilationssystemets betydelse för energibesparingsåtgärder analyserats vid upprustning av miljonprogramshus. I rapporten har ett tillämpningsobjekt valts i Göteborg utefter att det statistiskt vanligaste miljonprogramshuset som uppfördes i Sverige karakteriserats. Därefter är en beskrivning genomförd för fastighetens ventilationssystem och byggnadstekniska delar från år 2009 med förbrukningsdata fjärrvärme och fastighetsel från 2008. Med dessa förbrukningsdata är en värmebalans beräknad för byggnaden. 10 år senare beskrivs 2019 års förutsättningar och med förbrukningsdata från 2018.
10 år av förbättringsåtgärder summeras. Betydelsen av systemval ventilationprinciper analyserat i ett antal olika fall. Fastighetsägarens energisparmål redovisas och vad som skulle krävas för att nå dessa.
Studien påbörjades under våren 2009 och slutförs våren 2019.

1.1 Bakgrund

Under senare år har arbetet med hållbar utveckling och minskad miljöpåverkan haft stort fokus både politiskt och vetenskapligt. En fråga som lyfts fram är byggnaders påverkan på miljön, då de står för en stor del av Sveriges energiförbrukning. Under byggnadens livstid är energiförbrukningen som störst under drifttiden, den kan uppgå till emot 85 procent. Persson (2002) Nya miljö- och energiregler vid nybyggnation, ökade energipriser samt lagen om energideklaration av fastigheter har gjort att många fastighetsägare sett behovet att se över sin energiförbrukning.
Många av miljonprogrammens stora bostadsområden har nu ett stort renoveringsbehov och har behov av moderna installationer, finns där en stor möjlighet att spara energi och samtidigt förbättra inomhusmiljön. Dessa byggnader har ofta självdragsventilation, mekanisk frånluftsventilation eller från- och tilluftsventilation utan värmeväxlare. Då det finns behov av teknisk upprustning finns möjligheten att se över systemvalen.

1.2 Syfte

Att identifiera vilken betydelse ventilationsprincipen har för energianvändningen i Sveriges vanligaste miljonprogramsbostad och de förutsättningar som finns. Meningen är också att se till vilka åtgärder som utförts med syfte att spara energi under de 10 år som gått sedan studien påbörjades.
Studera uppgifter om förbrukning och se vilka effekter åtgärderna haft i tillämpningsobjektet.
Beräkna och analysera vilka ventilationsprinciper som är aktuella för att möta upp energisparmål hos aktuell fastighetsägare.

1.3 Avgränsningar

Ventilationssystem och energibesparing kommer vara i fokus. Exempel på hur fastighetsägare resonerat i olika fall då energiåtgärder på ventilationssystemet varit aktuella. Byggnadstekniska lösningar för olika systemval av ventilation kommer inte behandlas annat än att det nämns i diskussionskapitlet.

1.4 Frågeställning

I rapporten kommer följande uppgifter att tas upp och behandlas.

- Vilken är miljonprogrammets typiska byggnadstyp och ventilationsprincip?

Den typ av byggnad som är vanligast för tidsperioden utreds och ett studieobjekt utses.

- Installationstekniska och byggnadstekniska egenskaper 2009 och 2019 för tillämpningsobjektet?

Tillämpningsobjektets installationstekniska och byggnadstekniska status studeras, inventeras och analyseras. 2009 och 2019 studeras byggnaderna, en jämförelse vilka egenskaper i fastigheten som förändrats.

- Vad har tillämpningsobjektet för fastighetsförbrukning av fjärrvärme, el och vatten?

Den förbrukning fastigheten har i fjärrvärme, el och vatten kommer redovisas och användas i värmeberäkningarna och redovisning av byggnadernas energiförbrukning. Förbrukningsuppgifterna kommer avse åren 2008 och 2018. Energiindex för de aktuella åren används för att normalårskorrigera uppgifterna.

- Vilka energibesparingskrav finns hos fastighetsägaren och uppnår byggnaden de kraven? Om inte, vilka ventilationstekniska lösningar skulle krävas?

Fastighetsägarens energisparmål redovisas och används i analysen om vad som krävs för att uppnå dessa i fastigheten om de åtgärder som utförts inte är tillräckliga.

- Finns det exempel på hur man tagit större steg i energibesparande åtgärder?

Exempel på hur entreprenörer och fastighetsägare behandlar dessa utmaningar i energibesparingsprojekt för att hålla nere investeringskostnaderna.

1.5 Metod

Genom litteraturstudier i ämnet ventilation, miljonprogrammet och dess bakgrund har fakta funnits. Statistiska studier har genomförts och sammanställts. Studiebesök har genomförts i Alingsås bostadsområde Brogården, där miljonprogramshus genomgått en omfattande renovering till passivhusstandard under 2009.
Studier i kurslitteratur för byggnadsfysik, installationsteknik och vetenskapliga rapporter har legat till grund för beräkningarna.
För att få information om tillämpningsobjekt Bergsjön 2:27 har en statusinventering utförts, intervju med fastighetsägarens representanter och insamlande av ritningsmaterial. Har även tillhandahållits uppgifter om fastighetens förbrukning av fjärrvärme, el och vatten för aktuella åren 2008 och 2018. Normalårskorrigering av dessa värden har utförts med SMHI energiindex.

2 Karakterisering av tillämpningsobjekt

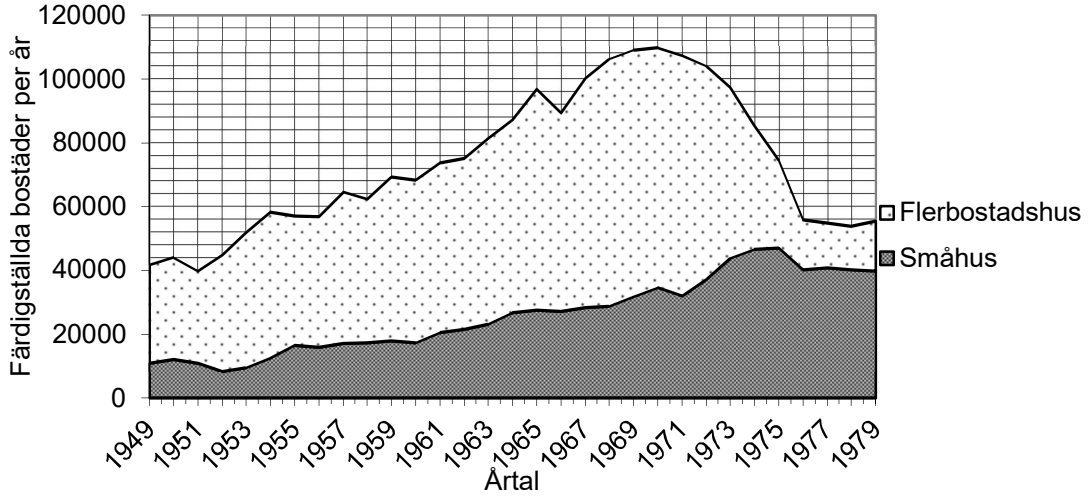
I detta kapitel ska ett tillämpningsobjekt utses. Genom statistiskt underlag kunna utse den vanligaste byggnadstypen med den vanligaste ventilationsprincipen i det svenska miljonprogramsbeståndet.

2.1 Bakgrund till miljonprogrammet

Lågkonjunkturen under 1930-talet gjorde att byggtakten var låg i Sverige. Därefter startade andra världskriget och stor andel av Sveriges byggarbetskraft tjänstgjorde i försvarsmakten. Under den perioden, åren 1939–1945, var därför byggkonjunkturen också låg. Orestål (2007)
Efter krigets slut, då framtidstro, ekonomi och välfärd tog fart ökade bostadsbehovet i landet. Den så kallade ”bostadssociala utredningen” föreslog 1945 en storskalig satsning på bostadsbyggandet i Sverige. Det förslaget slogs inte igenom i riksdagen. Bostadsbyggnadsutredningen presenterade 1959 en rekommendation att producera 1,5 miljoner bostäder mellan åren 1960–1975. Det resulterade i att Statsverkspropositionen för 1965/66 föreslog att en miljon bostäder skulle byggas mellan åren 1965-1974. En övergripande formulering för målsättningen kring miljonprogrammet presenterades i proposition 1967:100: ”Hela befolkningen ska beredas sunda, rymliga, välplanerade och ändamålsenligt utrustade bostäder av god kvalitet till skäliga kostnader.” Boverket (2007)

2.2 Bostadsproduktion miljonprogrammet

Med bakgrunden ovan blev utfallet inte helt enligt rekommendationen från bostadsbyggnadsutredningen från 1959.
Mellan 1961–1975 som räknas till rekordåren, byggdes 1 397 551 st bostäder i Sverige, ca 476 300 i småhus och ca 921 200 i flerbostadshus, se figur 2.1. Under den period som räknas till miljonprogrammet 1965–1974 byggdes 1 005 578 bostäder totalt, ca 337 300 i småhus och ca 668 200 i flerbostadshus. SCB (1980)

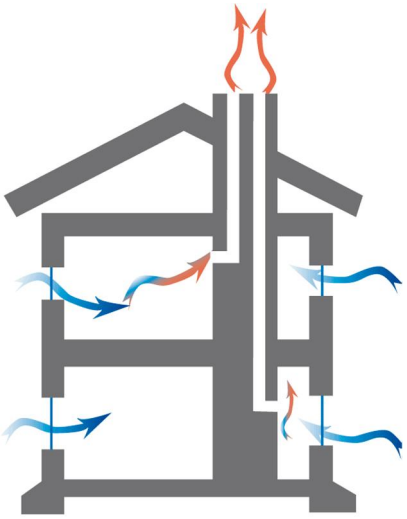


Figur 2.1- Diagram över bostadsbyggande 1949–1979. SCB (1980)

2.3 Beskrivning av ventilationsprinciper

Ventilationen har som uppgift att förse inomhusmiljön med ren och frisk luft, samt föra bort den förorenade. Föroreningarna består av koldioxid, fukt och partiklar från byggmaterial, inredning, individer och matlagning.
Det finns flera typer av ventilationssystem. Det finns de som servar flera lägenheter i centrala aggregat i fläktrum. Det finns även lösningar som endast servar en lägenhet, så kallade lägenhetsaggregat. Warfvinge, Dahlblom (2010)

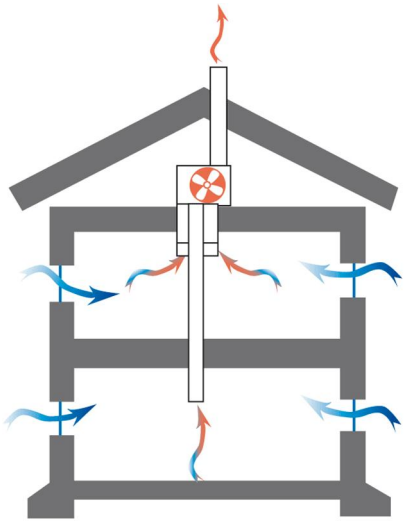
2.3.1 Självdragsventilation – S-system



Figur 2.2 - S-system. Mittbygge (2008)

Denna ventilationsprincip är den grundläggande, men inte alltid enklaste. Drivkraften är temperaturskillnader, den varma inomhusluften stiger uppåt och ut via luftkanaler i byggnaden, exempelvis skorstenar, se figur 2.2. Detta skapar ett undertryck i byggnaden och friskluften sugs in via tilluftsdon, ventiler, samt springor och otätheter runt dörrar och fönster. Filtrering av tilluften är begränsad, men kan förekomma i tilluftsdon och ventiler.
Problemen med denna princip är att de termiska skillnaderna och luftomsättningen är störst då utomhustemperaturen är låg. Det innebär att energiförbrukningen riskerar att bli hög och att individer i dessa inomhusmiljöer upplever drag från tilluftskällorna.
Då utomhustemperaturen är hög blir luftomsättningen istället låg och kompletterande ventilation med vädring är vanlig.
I höga byggnader är tryckskillnaden mellan utomhusluft och inomhusluft störst på våningen längst ner. Det innebär att skillnaderna i drivkraft mellan översta och lägsta våningen måste hanteras på lämpligt vis.
Vind mot byggnaden påverkar också tryckförhållandena och kan istället bli den starka drivkraften.

2.3.2 Frånluftsventilation



Figur 2.3 - F-system. Mittbygge (2008)

Grunden för denna princip är S-systemet, fast med fläktstyrd frånluft. Det innebär att från- och tilluft kan regleras och inte styrs av termiska drivkrafterna i samma utsträckning, se figur 2.3.

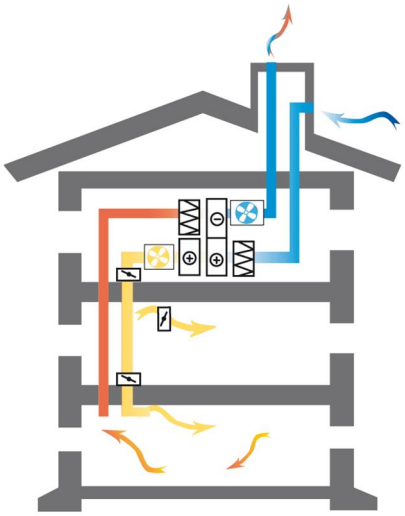
2.3.2.1 F-system

Frånluften styrs av en fläkt via frånluftskanaler. Tilluften kommer huvudsakligen in via tilluftsdon, fönsterventiler och vädringsfönster, men även springor och otätheter i fasad, runt dörrar och fönster. Filtrering av tilluften sker med hjälp av enklare luftfilter i tilluftsdon och fönsterventiler.
Det går med det här systemet att styra luftomsättningen i byggnaden över året. Svårigheten är att få en styrning av flödena i alla rum då de påverkas av tryckskillnader orsakade av vindens styrka och riktning. Påverkas även av om dörrar eller fönster öppnas, då luften väljer den lättaste vägen.

2.3.2.2 FX-system

Likt F-systemet, men med värmeåtervinningsbatteri med filter i frånluften. Exempel på lösning är att använda en värmepump (FVP-system) för att ta värme från avluften och använda till byggnadens värmesystem och varmvatten. Det här systemet kan flytta värme längre sträckor i en byggnad med driftuppoffring av el till värmepump. Kan vara ett bra alternativ vid renovering och energieffektivisering av ventilationssystemet om man i en hög byggnad med F-system och radiatorvärme.

2.3.3 Balanserade ventilationssystem



Figur 2.4 - FTX-system. Mittbygge (2008)

Den här typen av system använder fläktar som reglerar till- och frånluften, se figur 2.4. Ett visst luftläckage förekommer, baserat på byggnadens lufttäthet och drivkrafter, så kallad ofrivillig ventilation. Frånluften leds ut i kök och badrum, tilluften sker normalt i övriga utrymmen.

2.3.3.1 FT-system

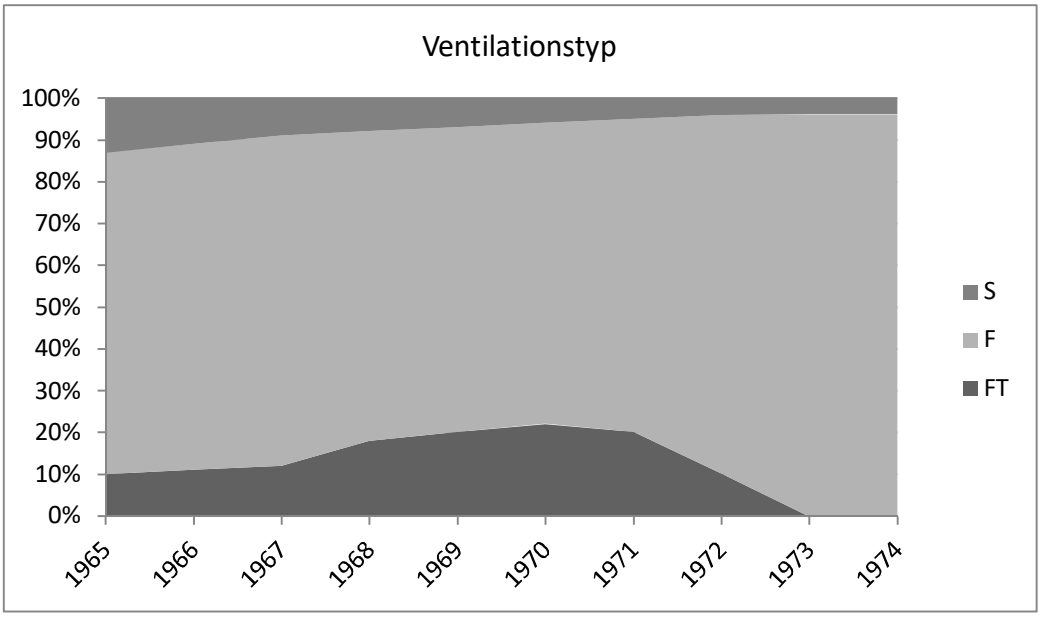
Fördelen med denna ventilation är möjligheten att reglera flöden i alla rum och filtrera tilluften. Denna typ förekom under miljonprogrammet, men hade svårt att slå igenom. Största anledningen var den dyrare installationskostnaden.

2.3.3.2 FTX-system

FTX-systemet ses som den mest kontrollerbara formen av ventilation. Fördelarna är kontroll över luftomsättningen, energiförbrukning, möjlighet till behovsstyrning, filtrering av tilluft, komforten på tilluftstemperatur, låg ljudpåverkan utifrån och bra luftkvalitet. Nackdelen är investeringskostnaden som en konsekvens av ökat behov av teknikutrymmen. Ygberg (2005)

2.3.4 Ventilationsprinciper i miljonprogrammet

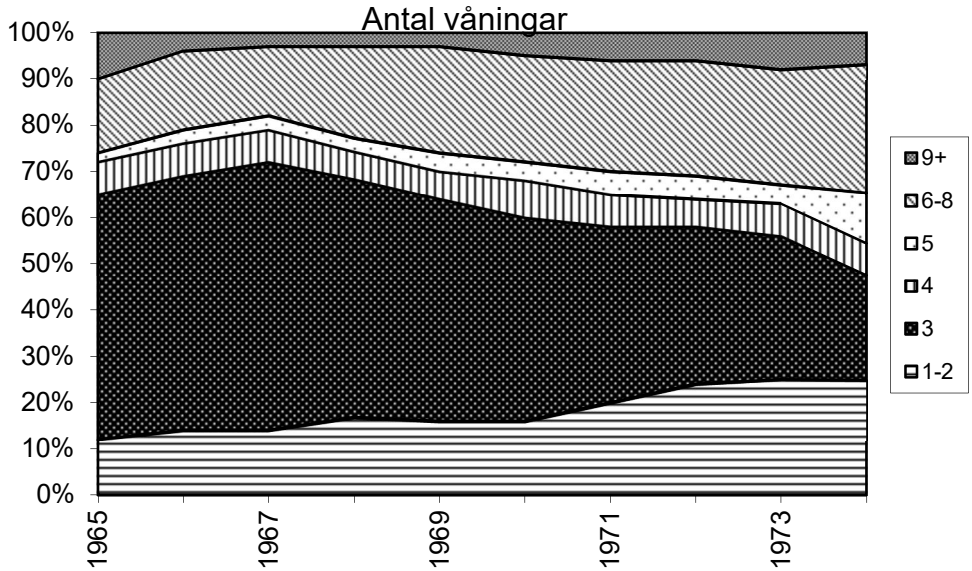
Det statistiskt vanligaste ventilationssystemet i miljonprogramshus är frånluftssystemet. Cirka 80 % av alla bostäder från perioden har frånluftssystem, se figur 2.5. SCB (1980)



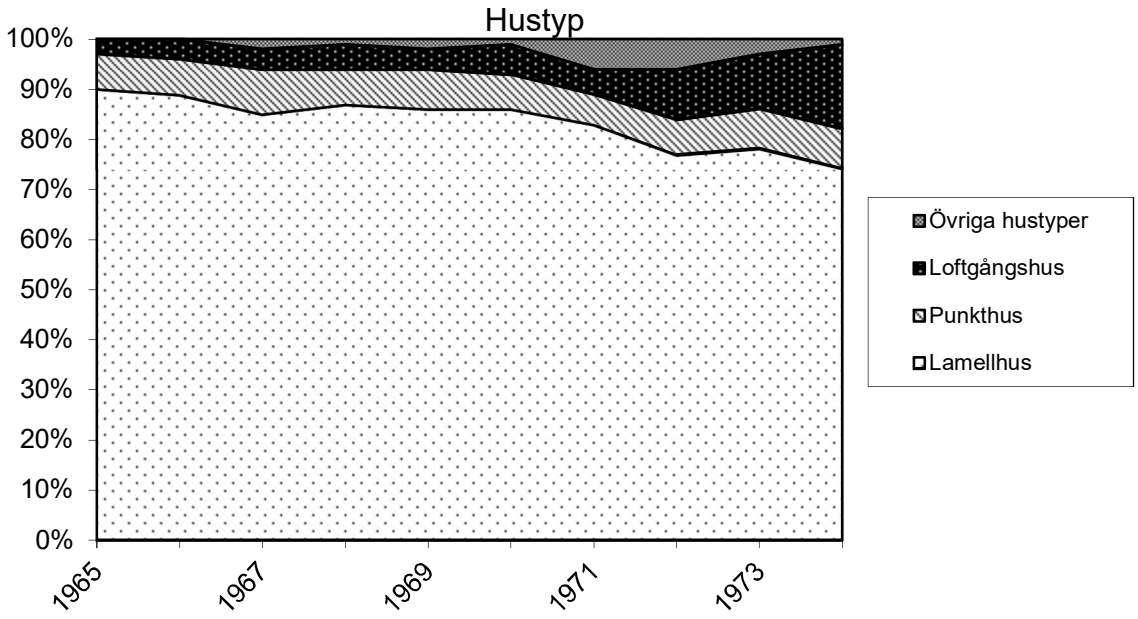
Figur 2.5- Ventilationssystem i färdigställda bostäder 1965–1974. SCB (1980)

2.4 Vanligaste miljonprogramsbyggnaden

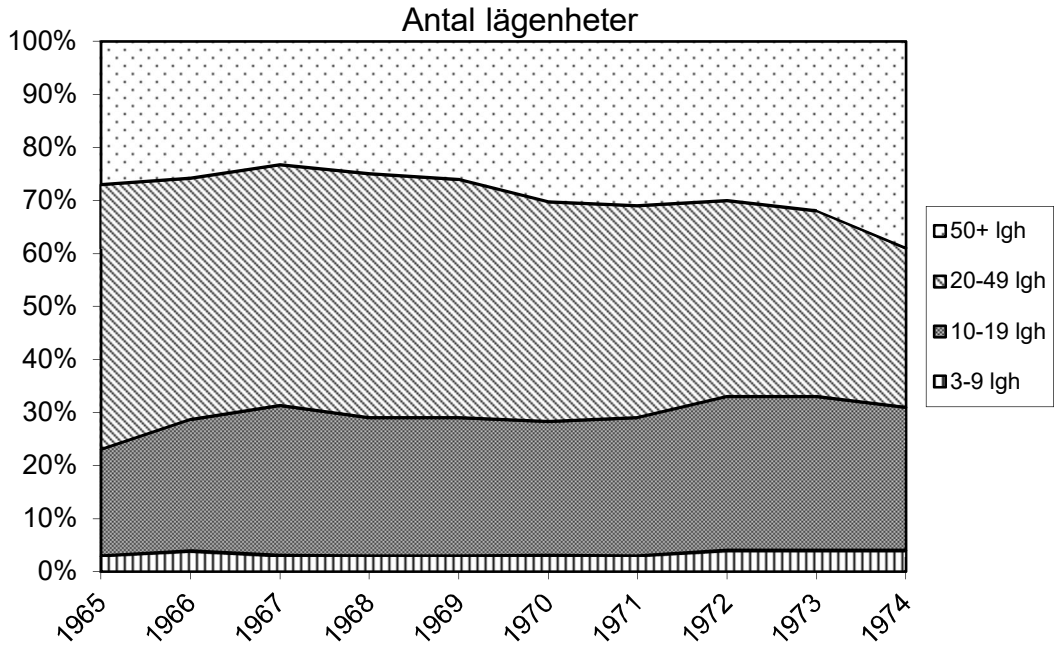
Det eftersöks det vanligaste husets utformning. Statistisk sammanställning mellan åren 1965–1974, se figur 2.6, 2.7 och 2.8.



Figur 2.6 - Fördelning lägenheter i inflyttningsfärdiga flerbostadshus (exkl specialhus och icke bostadshus), efter antal våningar åren 1965–1974. SCB (1980)



Figur 2.7- Färdigställda lägenheter i flerbostadshus fördelat på hustyp per år mellan 1965–1974. SCB (1980)



Figur 2.8 - Antal lägenheter i färdigställda flerbostadshus efter husstorlek åren 1965–1974. SCB (1980)

När Figur 2.6, 2.7 och 2.8 summeras får man fram vad Sveriges vanligaste miljonprogramshus är. Det är ett lamellhus, 3 våningar och med 20–49 lägenheter. Ett objekt som har dessa motsvarande egenskaper avseende ventilationsprincip och byggnadsutformning har identifierats i Göteborg, se kapitel 2.5.

2.5 Bergsjön 2:27 - Det vanligaste miljonprogramshuset i Göteborg

I Göteborg finner man många bostadsområden byggda under åren 1961–1975. Enligt Figur 2.9 nedan färdigställdes 132 198 bostäder under dessa år i Storgöteborg.

	Flerbostadshus	Småhus
Stockholms län	204 116	70 748
varav Storstockholm	*182 330*	*62 373*
Uppsala län	29 057	14 191
Södermanlands län	29 501	14 717
Östergötlands län	45 936	20 284
Jönköpings län	24 495	20 252
Kronobergs län	14 505	12 598
Kalmar län	18 568	15 154
Gotlands län	3 742	2 238
Blekinge län	13 000	10 208
Kristianstads län	19 045	19 031
Malmöhus län	93 888	44 310
varav Stormalmö	*66 800*	*27 487*
Hallands län	15 980	19 794
Göteborg & Bohus län	96 071	34 897
varav Storgöteborg	*93 833*	*38 365*
Älvsborgs län	33 001	28 949
Skaraborgs län	20 681	15 993
Värmlands län	24 116	15 908
Örebro län	29 328	14 313
Västmanlands län	29 337	15 264
Kopparbergs län	21 625	15 763
Gävleborgs län	31 847	13 146
Västernorrlands län	23 938	13 669
Jämtlands län	11 340	6 681
Västerbottens län	20 335	14 274
Norrbottens län	24 257	17 262
SUMMA	877 709	469 675
varav i		
TÄTORT, %	*99*	*88*
GLESBYGD, %	*0 (0,4)*	*12*

Figur 2.9 - Färdigställda bostäder 1961–1975, länsvis indelning 1975. Hall (1999)

En stor del av dessa är byggda innan miljonprogrammet visar en inventering av fastighetsbestånden i de tre stora allmännyttiga bostadsbolagen i Göteborg. Det var 2009 Familjebostäder i Göteborg AB, Bostads AB Poseidon och Göteborgs stads bostadsaktiebolag (Bostadsbolaget). Det visar sig också att omkring 25% av lägenhetsbeståndet består av miljonprogramsbostäder, hos samma fastighetsägare. Dessa ligger i stor utsträckning i stadens ytterområden, med undantag för ett fåtal mer centralt byggda fastigheter. Bostadsbolaget (2008), Familjebostäder (2008), Poseidon (2008).
Genom studier av fastighetsägarnas fastighetsförteckningar utsågs i samråd med projektledare hos Familjebostäder ett tillämpningsobjekt, vilket ledde till fastigheten Bergsjön 2:27, Göteborgs kommun. I kapitel 3 beskrivs byggnadens egenskaper.

3 Värmeförbrukning och elenergiförbruknnig i tillämpningsobjekt Bergsjön 2:27

I detta avsnitt behandlas egenskaperna hos tillämpningsobjektet, med indata och redogörelse för vidtagna åtgärder.
Genom studie av statistik har ett tillämpningsobjekt utsetts. Fastigheten Bergsjön 2:27 är en byggnad med de typiska egenskaperna för Sveriges vanligaste miljonprogramshus.
Denna fastighet ligger i Bergsjön, en stadsdel i nordöstra Göteborg. Byggnadsåret är 1968, ett lamellhus med 3 lägenhetsvåningar och en suterrängvåning med källardel där förråd, apparatrum, tvättstugor samt 5 lägenheter finns.
Fastigheten innehåller totalt 41 lägenheter fördelat på 6 trappuppgångar, det finns 12 stycken likadana fastigheter i området. Från början var det byggt ett FT-system, som senare gjorts om till F-system med två aggregat. Det motiverades av en för hög energiförbrukning. Den höga energiförbrukningen beror på stor luftomsättning i fastigheten vilket lett till stora ventilationsförluster, också på grund av fläktenergi, oavsiktlig ventilation och de transmissionsförluster som sker genom klimatskalet. Pettersson (2009)

3.1 Status 2009

För att utreda tillämpningsobjektets status gjordes ett besök i byggnaden där alla utrymmen utom lägenheter och lägenhetsförråd kunde studeras. Bakom kompletterande uppgifterna och historiken till detta ligger intervju med projektledare hos fastighetsägaren.

3.1.1 Dokumenterad energiförbrukning

Nedanstående uppgifter kommer från fastighetsägarens erhållna årsrapporter avseende förbrukning från sina leverantörer.

Tabell 3-1 Dokumenterad förbrukning 2008. Pettersson (2009)

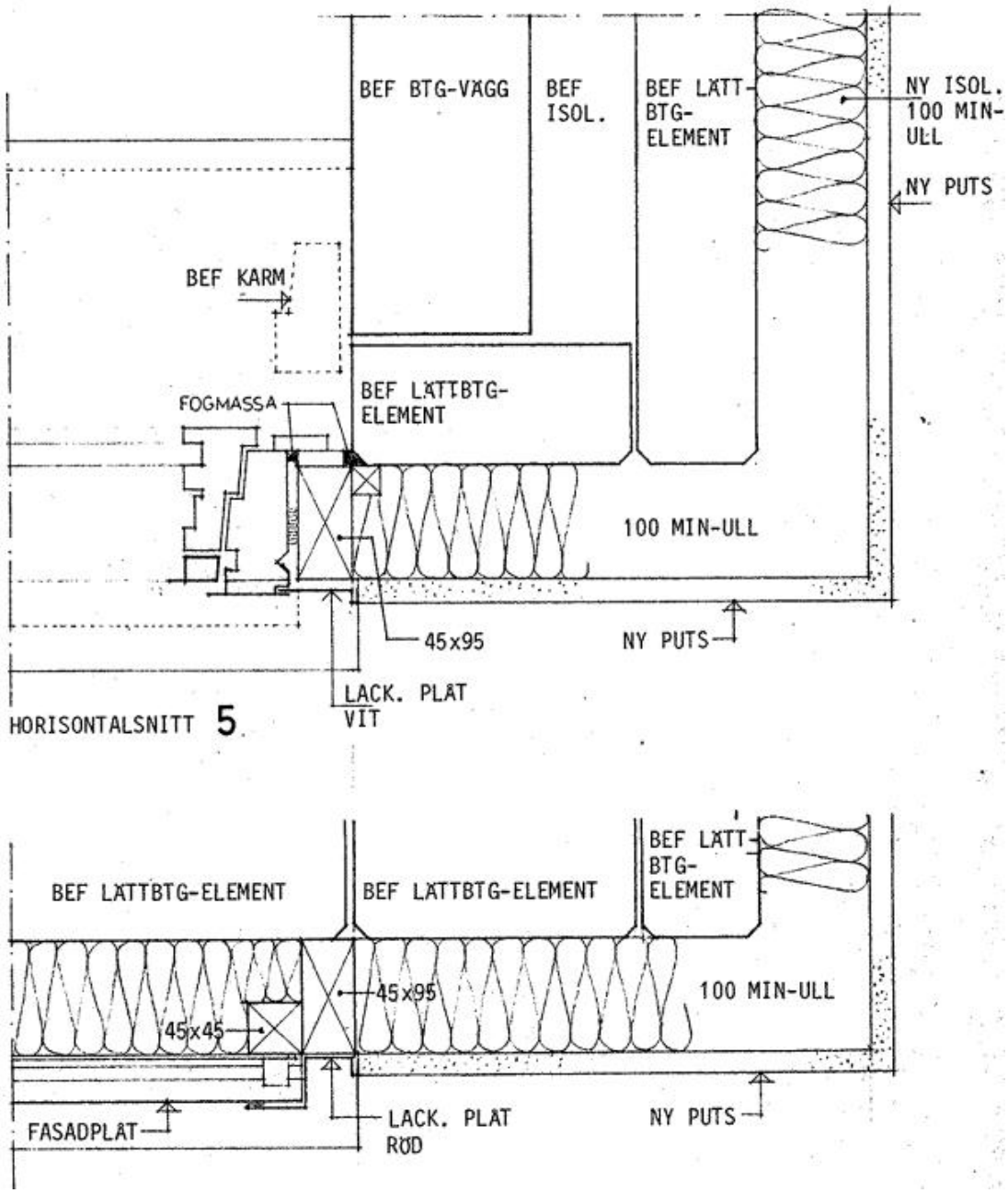
Fjärrvärmeförbrukning	2008	375,4	MWh
Elförbrukning	2008	33,34	MWh
Vattenförbrukning	2008	5169	m^3
Medeltemperatur Göteborg		7,9	grader Celsius
Inomhustemperatur		20	grader Celsius
Atemp		3266	m^2
Uthyrningsbar lägenhetsyta		2632	m^2
Gradtimmar varaktighetsdiagram normalår		**117200**	**gradtimmar**
Gradtimmar skillnad ute-inne		*105996*	*gradtimmar*
Energiindex normalår		4145	graddagar
Energiindex 2008		3758	graddagar

3.1.2 Ventilationssystem

Här finns kanalisation för ventilation dragen till alla från- och tilluftspunkter enligt ursprungliga bygghandlingar. Frånluftsfläktarna var ursprungligen 6 stycken, tilluftsaggregaten var 2 stycken, dessa aggregat var placerade i vindsutrymmet. Frånluftskanalerna används idag och tilluftskanalerna har använts, men är nu ur bruk sedan ett energibesparande projekt under 1980-talet.
Dessa energibesparingar innebar att gamla tilluftsaggregaten togs bort och frånluftsfläktarna byttes ut. De ersattes med två frånluftsaggregat, moderna och mer effektiva, placerade på gamla tilluftsaggregatens plats. Även flödena ändrades och justerades till uppskattningsvis 0,35 l/s m^2 för att sänka uppvärmningsbehovet.
Kanalisationen var inte möjligt att kontrollera okulärt, omsluten av isolering. Enligt gällande regler för nybyggnation hamnar det genomsnittliga luftflödet högre, på grund av de funktioner som krävs inne i lägenheten. Boverket (2007) Luftflöden för en godkänd OVK förutsätts i beräkningarna.

3.1.3 Klimatskal och U-värden

Här kommer klimatskalets olika delar presenteras. Till stor del baseras uppgifterna på bygghandlingar, intervju och observationer vid inventering. Under energibesparingsprojekt under 1980-talet åtgärdades stora delar av klimatskalet. Tilläggsisolering vind 150 mm, fasad 95 mm med ny plåtpanel och man bytte fönstren till isolerglas. Transmissionsförlusterna har beräknats enligt U-värdesmetoden.



Figur 3.1 - Detaljer yttervägg. Pettersson (2009)

För att få fram U-värdet på respektive byggnadsdel för fortsatta beräkningar i kapitel 3.1.4 utförs uträkningar av respektive byggnadsdels värmemotstånd och yta.

$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se}$$

R_T Byggnadsdelens totala värmemotstånd $(m^2K\ /\ W)$
R_{si} inre övergångsmotstånd (m^2K/W)
R_{se} yttre övergångsmotstånd $(m^2K\ /\ W)$
d_i skikttjocklek för materialskikt 1, 2, 3 o.s.v. (m)
λ_i beräkningsvärde för värmeledningsförmågan för materialen 1, 2, 3, o.s.v. (W/mK)

$$U_i = \frac{1}{R_{Ti}}$$

U_i U-värde för respektive byggnadsdel, 1, 2, 3 o.s.v. $(W\ /\ m^2K)$
R_{Ti} Byggnadsdelens totala värmemotstånd i för respektive byggnadsdel, 1, 2, 3 o.s.v. $(m^2K\ /\ W)$

Ovanstående ekvation avser byggnadsdelar med homogena materialskikt. Då fokus för rapporten är ventilationssystemets betydelse för energiförbrukningen kommer denna ekvation nyttjas för alla byggnadsdelar. Sammansatta materialskikt, exempelvis regelstommar med isolering kommer redovisas med referensvärde från redovisade beräkningar från referenslitteratur. Detsamma gäller även andra värden. Petersson (2004)

Tabell 3-2 Klimatskalsdelarnas beräkningar. Petersson (2004)

Tak				
	tjocklek	W/mk	R m^2K/W	U-värde
Rsi+Rse	0,000		0,170	
Betong	0,160	1,700	0,094	
Isolering	0,300	0,040	7,500	
			7,764	0,129

Yttervägg långsidor				
	tjocklek	W/mk	R m^2K/W	U-värde
Rsi+Rse	0,000		0,170	
Lättbetong	0,250	0,500	0,500	
Träregelkonstruktion	0,100	0,045	2,222	
			2,892	0,346

Yttervägg gavel				
	tjocklek	W/mk	R m^2K/W	U-värde
Rsi+Rse	0,000		0,170	
Betong	0,150	1,700	0,088	
Cellplast	0,080	0,040	2,000	
Ställplats	0,010			
Lättbetong	0,100	0,500	0,200	
Isolering/puts	0,100	0,040	2,500	
			4,958	0,202

Bottenplatta				
	tjocklek	W/mk	R m^2K/W	U-värde
Mark (genomsnitt)			3,029	
Betong	0,100	1,700	0,059	

Isolering (genomsnitt)	0,030	0,040	0,750	
			3,838	0,261

Mark - Lera, dränerad sand och dränerat grus				
	m^2		R m^2K/W	U-värde
0-1 m	163,800		1,000	
1 till 6m	699,000		3,400	
6+ m	53,100		4,400	
Summa	915,900		3,029	0,330

Bottenvåningsvägg				
	tjocklek	W/mk	R m^2K/W	U-värde
Rsi+Rse	0,000		0,170	
Spritputs	0,020	1,000	0,020	
Betong	0,270	1,700	0,159	
Isolering	0,075	0,040	1,875	
			2,224	0,450

3.1.4 Beräknad värmeförbrukning

Fokus i rapporten är ventilationsprincipen påverkan på energiförbrukningen. Elenergin för att driva ventilationssystemet presenteras med referensvärden på specifik fläkteffekt, SFP. El-uppvärmning är inte aktuellt i detta objekt, det blir endast i form av internlaster från eldrivna apparater i fastigheten. Värmeförbrukningen, fjärrvärmeanvändningen, är den stora delen av den totala energiförbrukningen och därför används Värmeberäkningens ekvation:

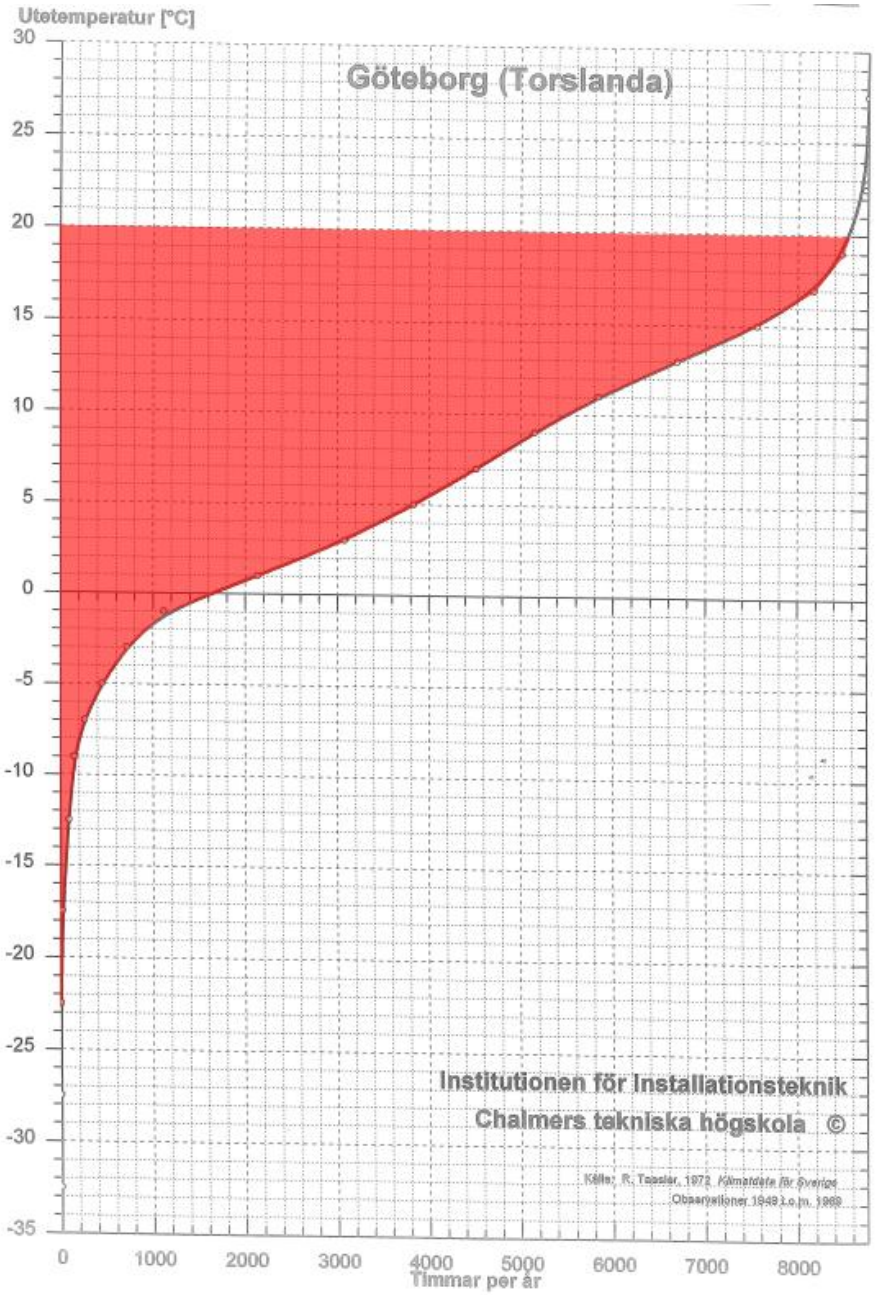
$$Q = Q_T + Q_V + Q_I + Q_{TVV} - Q_{Å} - Q_{tillskott}$$

Q	Värmeförbrukningen (Wh)
Q_T	transmissionsförluster (Wh)
Q_V	ventilationförluster (Wh)
Q_I	förluster oavsiktlig ventilation (via otätheter i klimatskal) (Wh)
Q_{TVV}	tappvarmvattensförbrukning (Wh)
$Q_{Å}$	återvunnen värmeenergi (Wh)
$Q_{tillskott}$	värmetillskott (Wh)

3.1.4.1 Varaktighetsdiagram

Varaktighetsdiagrammet visar vilket antal gradtimmar som platsen har. Gradtimmar är ett sätt att uttrycka antal timmar med olika yttertemperatur över ett år. Varaktighetsdiagrammet nedan visar normalår baserat på data mellan åren 1949–1969. Det används för att beräkna vilket uppvärmningsbehov som

krävs för en önskad temperatur inomhus i förhållande till yttertemperaturen på platsen.



Figur 3.2 - Varaktighetsdiagram Göteborg

Areamätning av markeringen visar ett värde på 117 200 gradtimmar per år. En förenklad metod att beräkna gradtimmar är att använda medeltemperaturen för aktuella orten och inomhustemperaturen för valt objekt. I detta fall medeltemperaturen för Göteborg 7,9 °C och inomhustemperaturen 20,0 °C och 8760 timmar per år. Vilket skulle ge 105 996 gradtimmar. Petersson (2004)

3.1.4.2 Normalårskorrigerat värde på Q

För att få fram ett jämförbart värde på energiförbrukningen behöver den dokumenterade förbrukningen normalårskorrigeras. Det genomförs genom att

ta fram energiindex för gällande år och normalår för att kunna justera ned eller upp värdet för att motsvara ett normalår. Energiindex används för att få fram normalårsbehovet av gradtimmar senare i beräkningen och normalårskorrigerat värde av förbrukningsvärdet på fjärrvärmen för den del som går åt till uppvärmning. Varmvattenenergin normalårskorrigeras inte.

Tabell 3-3 Energiindex Göteborg 2008, 2017, 2018 samt normalår. SMHI (2019)

Ort	År	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Summa	Korrigeringsfaktor
Göteborg	**2008**	**575**	**495**	**538**	**309**	**136**	**79**	**18**	**45**	**170**	**314**	**496**	**583**	**3758**	**0,907**
Göteborg	2017	609	542	496	378	168	65	27	54	161	312	468	543	3823	0,922
Göteborg	2018	588	620	616	324	60	34	0	45	141	307	450	549	3734	0,901
Göteborg	Normalår	653	585	543	361	194	93	39	57	174	346	489	611	4145	1,000

Förbrukad energi divideras med korrigeringsfaktor för aktuellt år för normalisering av förbrukningssiffror som är beroende av antalet gradtimmar.

Tabell 3-4 Normalårskorrigerad fjärrvärmeförbrukning.

Normalårskorrigerad totalförbrukning fjärrvärme		406,599	MWh
Fjärrvärmeförbrukning per Atemp	2008	124,494	kWh/kvm
Uppvärmningsenergi förbrukning	2008	302,960	MWh
Normalårskorrigerad uppvärmningsenergi	2008	334,159	
Varmvattenenergi per år	2008	72,440	MWh

Tabell 3-5 Summerade beräkningar för 2008 års värden.

Normalårskorrigerad förbrukning	Q	406,599	MWh	124,49	kWh/kvm
Beräknat	Q_T	213,645	MWh	65,41	kWh/kvm
	Q_V	253,152	MWh	77,51	kWh/kvm
	Q_I	15,314	MWh	4,69	kWh/kvm
	Q_TVV	72,440	MWh	22,18	kWh/kvm
	Q_Å	0,000	MWh	0,00	kWh/kvm
	Q_tillskott	148,017	MWh	45,32	kWh/kvm
	Rest	*-0,065*	*MWh*		

I tabellen ovan avläses den summerade värmeberäkningen med en rest på –0,065 MWh. Anser därmed hittat en balans i värmeberäkningen att använda till jämförelse med värden för år 2018.

3.1.4.3 Transmissionsförluster

Den värme som transmitterar genom byggnadens klimatskals olika delar. De använda beräkningarna för dessa är förenklade, köldbryggor bedöms ingå i byggnadsdelarnas U-värde.

$$Q_T = \sum_i (U_i * A_i)\,(G_T) + Q_{köldbryggor}\ (Wh)$$

U_i respektive klimatskalsdels U-värde. (W / m^2K)
A_i respektive klimatskalsdels area. (m^2)
G_T Gradtimmar.
$Q_{köldbryggor}$ summan av byggnadens köldbryggor. (Wh)

Tabell 3-6 - Transmissionsförluster beräkning. Petersson (2004)

Byggdel	U-värde	yta kvm	
Tak	0,129	916	
Långvägg 3 övre	0,346	678	
Kortvägg 3 övre	0,202	215	
vägg bv	0,450	302	
Bottenplatta	0,261	916	
Fönster/dörrar	1,687	624	
Summa	0,499	3651	kvm
		213644562	Wh

Q_T Transmissionsförluster årligt	213,645	MWh
Q_T Transmissionsförluster per Atemp	65,415	kWh/kvm

3.1.4.4 Ventilationsförluster

$Q_V = V_V \rho c_p G_T$ [Wh]
V_V styrd ventilation, totalt över året. [m^3]
ρ luftens densitet, normalt. [kg/m^3]
c_p luftens värmekapacitet. [J/kgK]

Tabell 3-7 - Ventilationsförluster beräkning

Styrd ventilation, enligt beräkning	1,800	m^3/s
Q_v – per år	253,152	MWh
Q_v - per Atemp	77,511	kWh/m^2

Tabell 3-8 Luftflöden Jalovicic (2019)

LUFTFLÖDEN enligt OVK 2018				minflöde tot		min-flöden för resp utrymme			
Lgh	våning	Antal	Yta	frånluft	tilluft	Bad+WC	klk	tvätt	Kök
2	bv	5	43,3	25	25	15			10
2	1,2,3	33	64	35	35	15		10	10
4	1,2,3	3	100,4	40	40	15	5	10	10
Källare	bv	1	342,3	200	200				
trapphus		6	49	20	20				
Tvättstuga		2	13	20	20				
toa/städ		4	4	10	10				
			Yta (m^2)	frånluft (l/s)	tilluft (l/s)				
			3266	1800	1800				

3.1.4.5 Oavsiktlig ventilation

$Q_I = V_I * 4\% * A_{om}\rho c_p G_T$ [Wh]

V_I läckage vid 50 Pa övertryck. $[\frac{m^3}{m^2 år}]$

A_{om} byggnadens omslutningsarea $[m^2]$

Läckaget genom klimatskärmen är utsett till ett normalt nybyggt hus till 0,8 l/sm^2, samt 4 % av det provtryckningsvärdet används i beräkningen om oavsiktliga ventilationsförluster. Petersson(2004)

Tabell 3-9 Beräkning av oavsiktlig ventilation. Petersson (2004)

Läckage vid 50 Pa övertryck motsvarande 3 oms/h byggnadens volym	0,00075	m^3/s
byggnadens omslutningsarea	3651	m^2

Q_I per år	15,314	MWh
Q_I per Atemp	4,689	kWh/m^2

3.1.4.6 Tappvarmvatten

Q_{TVV} är i detta fall uppskattad genom att ta fjärrvärmeförbrukningen från juni, juli och augusti då uppvärmningsbehovet är minimalt. Genomsnittet av denna förbrukning gånger tolv månader ger ett uppskattat värde av totala varmvattenenergin.

Tabell 3-10 Beräkning av genomsnittlig tappvarmvattenförbrukning. Petersson (2004)

Årtal	Månad	Förbrukning MWh
2018	Juni	6,290
2018	Juli	5,600
2018	Aug	6,220
Genomsnitt		6,037

Q_TVV per år	72,440	MWh
Q_TVV per Atemp	22,180	kWh/m^2

3.1.4.7 Återvunnen värme

$Q_Å = \eta \cdot Q_v$

$Q_Å$ Återvunnen värmeenergi (Wh)

η värmeåtervinnarens temperaturverkningsgrad (-)

Variabel η beroende av värmeväxlarens konstruktion och möjlighet till värmeåtervinning av frånluften. Warfvinge, Dahlblom (2010)

Det här värdet är inte aktuellt i beräkningen för 2008 års förbrukning då ingen återvinning eller värmeväxling sker i ventilationssystemet.

3.1.4.8 Värmetillskott

$Q_{tillskott} = Q_{inståln} + Q_{el} + Q_{pers} + Q_{vv}$

Den värme som tillkommer från elektriska apparater, kroppsvärme och solinstrålning. Denna uppgift är beräknad med hjälp av antaganden på ventilation, och oavsiktlig ventilation.

$Q_{tillskott}$	tillskottsvärme (Wh)
$Q_{inståln}$	instrålningsvärme genom fönster (Wh)
Q_{el}	överskottsvärme från elektriska appareter (Wh)
Q_{pers}	värme från personer i byggnaden (Wh)
Q_{vv}	överskottsvärme från varmvatten (Wh)

Tabell 3-11 Beräkningar och schablonvärden tillskottsvärme. Petersson (2004)

Laster tillskottsvärme summerat		148,017	MWh
		45,321	kWh/kvm

Räknar med 80% av ytan av fönstren.

$Q_{inståln} = Q_{sol} \cdot \tau \cdot (1 - \text{avskärmning})$

Q_{sol}	Solvärme (Wh)
τ	transmittans (-)
Avskärmn	(-)

Q_instrålning = Q_sol*τ*(1-avskärmning)		27,945216	MWh
	τ	0,4	
	avskärmning	0,25	

$Q_{sol} = Q_{sf} + Q_{nf} + Q_{vof}$

Q_{sf}	solvärme fönster sydfasad (Wh)
Q_{nf}	solvärme fönster norrfasad (Wh)
Q_{vof}	solvärme fönster väst- och östfasad (Wh)

Q_sol = Q_sf + Q_nf + Q_vof		116,438	MWh
fönsterytan möjliggör instrålning	Instrålningsyta (kvm)		
Söderfönster	4,440	1,598	MWh
Öster/väster-fönster	522,000	114,840	MWh
Norrfönster	0,000	0,000	MWh

Q_{pers}: Personlast 100W per person 41 pers antas	35,916	MWh

Q_{el}: Tillgodogjord värme från hushållsel	69,169 MWh
Beräknas enligt schablonvärden och lägenhetsyta	3,000 W/kvm
Q_{vv} Tillgodogjord värme från varmvatten	14,987 MWh
Beräknas enligt schablonvärden och lägenhetsyta	0,650 W/kvm

3.1.5 Beräknad förbrukning fläktenergi

För att beskriva ventilationssytemet eleffektivitet används nyckeltalet specifik fläkteffekt, SFP (specific fan power). Definieras enligt följande:

$$SFP = \frac{P_{tilluft} + P_{frånluft}}{q_{max}}$$

SFP	specifik fläkteffekt (specific fan power) $(kW/m^3/s)$
$P_{tilluft}$	tillförd el tilluftsfläkt (kW)
$P_{frånluft}$	tillförd el frånluftsfläkt (kW)
q_{max}	det största av till- och frånluftsflödena (m^3/s)

För att sedan se förbrukningen per år multipliceras det så man får fram antalet wattimmar. Och med primärenergifaktor enligt BFS 2017:5.

Tabell 9:2b Primärenergifaktorer

Energibärare	Primärenergifaktor (PE_i)
El (PE_{el})	1,6
Fjärrvärme (PE_{fjv})	1,0
Fjärrkyla (PE_{kyl})	1,0
Biobränsle (PE_{bio})	1,0
Olja (PE_{olja})	1,0
Gas (PE_{gas})	1,0

(BFS 2017:5).

Figur 3.3 Primärenergifaktorer BFS 2017:5

Tabell 9:95 Maximala värden på SFP (Specifik fläkteleffekt för ett ventilationssystem) respektive SFPv (Specifik fläkteleffekt för ett aggregat)

	SFP, [kW/(m³/s)]	SFPv [kW/(m³/s)]
Från- och tilluft med värmeåtervinning	2,0	2,0
Från- och tilluft utan värmeåtervinning	1,5	1,5
Frånluft med återvinning	1,0	1,0
Frånluft	0,6	0,6

(BFS 2011:26).

Figur 3.4 Maximala SFP-värden BFS 2011:26

Värden på SFP-talen är tagna ur Warfvinge, Dahlblom (2010), samt enligt gällande krav enligt figur ovan. BFS 2011:26

Tabell 3-12 Fläktenergi 2008

Ventilationsprincip/flöde	q_max	SFP	Fläktel MWh/år	Primärenergifaktor el x 1,6
F-system 80-tal	1,80000	2,00	35,04	56,06

Beräknad fläktenergi är således inklusive reglering med primärenergifaktor: 56,06 MWh per år.

3.2 Status 2019

Nedan redogörs för nuvarande egenskaper hos byggnaden. Sedan 2009 har det genomförts förändringar som gjort att resultatet av beräkningarna ser något annorlunda ut. Jalovicic (2019)

3.2.1 Dokumenterad energiförbrukning

Nedanstående uppgifter kommer från fastighetsägarens erhållna årsrapporter avseende förbrukning från sina leverantörer.

Tabell 3-13 Dokumenterad förbrukning 2018. Jalovicic (2019)

Fjärrvärmeförbrukning	2018	362,49	MWh
Elförbrukning	2018	37,924	MWh
Vattenförbrukning	2018	4337	m^3
Medeltemperatur Göteborg		7,9	grader Celsius
Inomhustemperatur		20	grader Celsius
Atemp		3266	m^2
Uthyrningsbar lägenhetsyta		2632	m^2
Gradtimmar varaktighetsdiagram normalår		**117200**	**gradtimmar**
Gradtimmar skillnad ute-inne		*105996*	*gradtimmar*
Energiindex normalår		4145	graddagar
Energiindex 2018		3734	graddagar

3.2.2 Ventilationssystem

Ventilationsprincipen har inte förändrats i huset sedan 2009. Det man gjort på senare tid är att man bytt ut de två gamla frånluftsfläktarna och installerat två nya. Luftflöden är kända och obligatorisk ventilationskontroll (OVK) är utförd. Jalovicic (2019)

De nya fläktarna påverkar inte ventilationsförlusterna på värmesidan. Däremot kan nya fläktar och fläktmotorer innebära minskat fläktarbete.

3.2.3 Klimatskal och U-värden

Se kapitel 3.1.3 för beskrivning av byggnadens klimatskal och de beräkningar som genomförs. Det som är ändrats sedan 2009 är att fönster bytts i byggnaden. Jalovicic (2019)
För att se förändrade transmissionsförluster i beräkningarna har genomsnittligt U-värde på fönster och dörrar räknats fram baklänges. Se kapitel 3.2.4

3.2.4 Beräknad värmeförbrukning

Värmeförbrukningen, fjärrvärmeanvändningen, är den stora delen av den totala energiförbrukningen och därför används Värmeberäkningens ekvation:

$$Q = Q_T + Q_V + Q_I + Q_{TVV} - Q_{Å} - Q_{tillskott}$$

Precis som i 3.1.4 har platsen 117200 gradtimmar per år med givna förutsättningarna. Det är den uppgift som kommer användas.

3.2.4.1 Normalårskorrigerat värde på Q

För att få fram ett jämförbart värde på energiförbrukningen behöver den dokumenterade förbrukningen normalårskorrigeras. Det genomförs genom att ta fram energiindex för gällande år och normalår för att kunna justera ned eller upp värdet för att motsvara ett normalår. Warfvinge, Dahlblom (2010)

Tabell 3-14 Energiindex SMHI (2019)

Ort	År	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Summa	Korrigeringsfaktor
Göteborg	2008	575	495	538	309	136	79	181	45	170	314	496	583	3758	0,907
Göteborg	2017	609	542	496	378	168	65	272	54	161	312	468	543	3823	0,922
Götebor		**58**	**62**	**61**	**32**					**14**	**30**	**45**	**54**		
g	**2018**	**8**	**0**	**6**	**4**	**604**	**34**	**03**	**45**	**1**	**7**	**0**	**9**	**3734**	**0,901**
Göteborg	Normalår	653	585	543	361	194	93	239	57	174	346	489	611	4145	1,000

Förbrukad energi divideras med korrigeringsfaktor för aktuellt år för normalisering av förbrukningssiffror som är beroende av antalet gradtimmar.

Tabell 3-15 Normalårskorrigerad fjärrvärmeförbrukning 2018. SMHI (2019)

Normalårskorrigerad totalförbrukning fjärrvärme		394,416	MWh
Fjärrvärmeförbrukning per Atemp	2018	120,764	kWh/kvm
Uppvärmningsenergi förbrukning	2018	290,050	MWh
Normalårskorrigerad uppvärmningsenergi	2018	321,976	MWh
Varmvattenenergi per år	2018	72,440	MWh

Tabell 3-16 Summerade beräkningar 2018 års förbrukning.

Normalårskorrigerad förbrukning	Q	394,416	MWh	120,76	kWh/kvm
Beräknat	Q_T	201,431	MWh	61,68	kWh/kvm
	Q_V	253,152	MWh	77,51	kWh/kvm
	Q_I	15,314	MWh	4,69	kWh/kvm
	Q_TVV	72,440	MWh	22,18	kWh/kvm
	Q_Å	0,000	MWh	0,00	kWh/kvm
	Q_tillskott	148,017	MWh	45,32	kWh/kvm
	Rest	*-0,095*	*MWh*		

I tabellen ovan avläses den summerade värmeberäkningen med en rest på -0,095 MWh. Det är en skillnad på 0,030 MWh jämfört med samma värde 2008. Anser därmed hittat en balans i värmeberäkningen att använda till jämförelse med värden för år 2008.

3.2.4.2 Transmissionsförluster

Den värme som transmitterar genom byggnadens klimatskals olika delar. De använda beräkningarna för dessa är förenklade, köldbryggor bedöms ingå i byggnadsdelarnas U-värde.

$$Q_T = \sum_i (U_i * A_i)\,(G_T) + Q_{köldbryggor}\ (Wh)$$

U_i	respektive klimatskalsdels U-värde. (W/m^2K)
A_i	respektive klimatskalsdels area. (m^2)
G_T	Gradtimmar. Energiindex används för att få fram normalårsbehovet av gradtimmar. Energiindex för respektive år används för att normalårskorrigera fjärrvärmeförbrukningen som är uppmätt.
$Q_{köldbryggor}$	summan av byggnadens köldbryggor. (Wh)

Tabell 3-17 - Transmissionsförluster beräkning. Petersson (2004)

Byggdel	U-värde	yta kvm	
Tak	0,129	916	
Långvägg 3 övre	0,346	678	
Kortvägg 3 övre	0,202	215	
vägg bv	0,450	302	
Bottenplatta	0,261	916	
Fönster/dörrar	1,520	624	
Summa	0,471	3651	kvm
		201431385	Wh

Q_T Transmissionsförluster årligt	201,431	MWh
Q_T Transmissionsförluster per Atemp	61,675	kWh/kvm

Nytt i ovanstående värden är genomsnittliga U-värdet för fönster/dörrar som beräknas lägre då det skett ett fönsterbyte 2010. Det U-värdet har varit variabelt för att hitta ett värde som ger balans i värmeberäkningen.

3.2.4.3 Ventilationsförluster

Dessa förluster beräknas samma som år 2008. Fläkenergin är något lägre och presenteras senare i beräkningarna.

$Q_V = V_V \rho c_p G_T$ [Wh]

V_V styrd ventilation, totalt över året. [m^3]
ρ luftens densitet, normalt. [kg/m^3]
c_p luftens värmekapacitet. [J/kgK]

Tabell 3-18 - Ventilationsförluster beräkning

Styrd ventilation, enligt beräkning	1,800	m^3/s
Q_v – per år	253,152	MWh
Q_v - per Atemp	77,511	kWh/m^2

Tabell 3-19 Luftflöden Jalovicic (2019)

LUFTFLÖDEN enligt OVK 2018				minflöde tot		min-flöden för resp utrymme			
Lgh	våning	Antal	Yta	frånluft	tilluft	Bad+WC	klk	tvätt	Kök
2	bv	5	43,3	25	25	15			10
2	1,2,3	33	64	35	35	15		10	10
4	1,2,3	3	100,4	40	40	15	5	10	10
Källare	bv	1	342,3	200	200				
trapphus		6	49	20	20				
Tvättstuga		2	13	20	20				
toa/städ		4	4	10	10				
			Yta (m^2)	frånluft (l/s)	tilluft (l/s)				
			3266	1800	1800				

3.2.4.4 Oavsiktlig ventilation

$Q_I = V_I * 4\% * A_{om} \rho c_p G_T$ [Wh]

V_I läckage vid 50 Pa övertryck. $[\frac{m^3}{m^2 år}]$
A_{om} byggnadens omslutningsarea $[m^2]$

Läckaget genom klimatskärmen är utsett till ett normalt nybyggt hus till 0,8 l/sm^2, samt 4 % av det provtryckningsvärdet används i beräkningen om oavsiktliga ventilationsförluster. Petersson (2004)

Tabell 3-20 Beräkning av oavsiktlig ventilation. Petersson (2004)

lLäckage vid 50 Pa övertryck motsvarande 3 oms/h byggnadens volym	0,00075	m^3/s
byggnadens omslutningsarea	3651	m^2

Q_I per år	15,314	MWh
Q_I per Atemp	4,689	kWh/m^2

3.2.4.5 Tappvarmvatten

Q_{TVV} är i detta fall uppskattad genom att ta fjärrvärmeförbrukningen från juni, juli och augusti då uppvärmningsbehovet är minimalt. Genomsnittet av denna förbrukning gånger tolv månader ger ett uppskattat värde av totala varmvattenenergin.

Tabell 3-21 Beräkning av genomsnittlig tappvarmvattenförbrukning. Petersson (2004)

Årtal	Månad	Förbrukning MWh
2018	Juni	6,290
2018	Juli	5,600
2018	Aug	6,220
Genomsnitt		6,037

Q_TVV per år	72,440	MWh
Q_TVV per Atemp	22,180	kWh/m^2

3.2.4.6 Återvunnen värme

$$Q_{Å} = \eta \cdot Q_v$$

$Q_{Å}$ Återvunnen värmeenergi (Wh)
η värmeåtervinnarens temperaturverkningsgrad (-)
Variabel beroende på värmeväxlarens konstruktion och möjlighet till värmeåtervinning av frånluften. Warfvinge, Dahlblom (2010)
Det här värdet är inte aktuellt i beräkningen för 2008 års förbrukning då ingen återvinning sker.

3.2.4.7 Värmetillskott

$$Q_{tillskott} = Q_{inståln} + Q_{el} + Q_{pers} + Q_{vv}$$

Den värme som tillkommer från elektriska apparater, kroppsvärme och solinstrålning. Denna uppgift är beräknad med hjälp av antaganden på ventilation, och oavsiktlig ventilation.

$Q_{tillskott}$ tillskottsvärme (Wh)
$Q_{instråln}$ instrålningsvärme genom fönster (Wh)
Q_{el} överskottsvärme från elektriska appareter (Wh)
Q_{pers} värme från personer i byggnaden (Wh)
Q_{vv} överskottsvärme från varmvatten (Wh)

Tabell 3-22 Beräkningar och schablonvärden tillskottsvärme. Petersson (2004)

Laster tillskottsvärme summerat		148,017	MWh
		45,321	kWh/kvm

Räknar med 80% av ytan av fönstren.

$Q_{instråln} = Q_{sol} \cdot \tau \cdot (1 - avskärmning)$
Q_{sol} Solvärme (Wh)
τ transmittans (-)
Avskärmn (-)

Q_instrålning = Q_sol*τ*(1-avskärmning)		27,945216	MWh
	τ	0,4	
	avskärmning	0,25	

$Q_{sol} = Q_{sf} + Q_{nf} + Q_{vof}$
Q_{sf} solvärme fönster sydfasad (Wh)
Q_{nf} solvärme fönster norrfasad (Wh)
Q_{vof} solvärme fönster väst- och östfasad (Wh)

Q_sol = Q_sf + Q_nf + Q_vof		116,438	MWh
fönsterytan möjliggör instrålning	Instrålningsyta (kvm)		
Söderfönster	4,440	1,598	MWh
Öster/väster-fönster	522,000	114,840	MWh
Norrfönster	0,000	0,000	MWh

Q_{pers}: Personlast 100W per person 41 pers antas		35,916	MWh

Q_{el}: Tillgodogjord värme från hushållsel		69,169	MWh
Beräknas enligt schablonvärden och lägenhetsyta		3,000	W/kvm

Q_{vv} Tillgodogjord värme från varmvatten		14,987	MWh
Beräknas enligt schablonvärden och lägenhetsyta		0,650	W/kvm

3.2.5 Beräknad förbrukning fläktenergi

För att beskriva ventilationssytemet eleffektivitet används nyckeltalet specifik fläkteffekt, SFP (specific fan power). Definieras enligt följande:

$$SFP = \frac{P_{tilluft} + P_{frånluft}}{q_{max}}$$

SFP	specifik fläkteffekt (specific fan power) $(kW/m^3/s)$
$P_{tilluft}$	tillförd el tilluftsfläkt (kW)
$P_{frånluft}$	tillförd el frånluftsfläkt (kW)
q_{max}	det största av till- och frånluftsflödena (m^3/s)

För att sedan se förbrukningen per år multipliceras det så man får fram antalet wattimmar. Och med primärenergifaktor enligt BFS 2017:5.

Tabell 9:2b Primärenergifaktorer

Energibärare	Primärenergifaktor (PE_i)
El (PE_{el})	1,6
Fjärrvärme (PE_{fjv})	1,0
Fjärrkyla (PE_{kyl})	1,0
Biobränsle (PE_{bio})	1,0
Olja (PE_{olja})	1,0
Gas (PE_{gas})	1,0

(BFS 2017:5).

Figur 3.5 Primärenergifaktorer BFS 2017:5

Tabell 9:95 Maximala värden på SFP (Specifik fläkteleffekt för ett ventilationssystem) respektive SFPv (Specifik fläkteleffekt för ett aggregat)

	SFP, [kW/(m³/s)]	SFPv [kW/(m³/s)]
Från- och tilluft med värmeåtervinning	2,0	2,0
Från- och tilluft utan värmeåtervinning	1,5	1,5
Frånluft med återvinning	1,0	1,0
Frånluft	0,6	0,6

(BFS 2011:26).

Figur 3.6 Maximala SFP-värden BFS 2011:26

Värden på SFP-talen är tagna ur Warfvinge, Dahlblom (2010), samt enligt gällande krav enligt figur ovan. BFS 2011:26

Tabell 3-23 Fläktenergi 2018

Ventilationsprincip/flöde	q_max	SFP	Fläktel MWh/år	Primärenergifaktor el x 1,6
F-system 2016	1,80000	0,60	10,51	16,82

Beräknad fläktenergi är således inklusive reglering med primärenergifaktor: 16,82 MWh per år.

4 Analys av tekniska lösningar

I detta kapitel kommer beräkningar av förbrukning värmeenergi och elenergi för tillämpningsobjektet presenteras och de effekter energibesparande åtgärder haft på byggnadens dokumenterade förbrukning.

4.1 10 år av förbättringar 2009-2018

Installationstekniskt har man utfört injustering av värmesystem, vattensparprojekt på sanitetsutrustning, nya energieffektivare frånluftsfläktar och styrsystem.
Byggnadstekniskt är den stora energiåtgärden det fönsterbyte som utfördes under perioden. De åtgärder som redovisas är dessa med energibesparingsambition. Jalovicic (2019)

4.1.1 Förändringar

Installationstekniskt och byggnadstekniskt har förändringar skett under perioden 2009-2018. Väljer att summera dessa i kronologisk ordning.

År	Åtgärd	Förväntad effekt
2008	Förbrukningsvärden tillgängliga	Utgångspunkt i studien
2010	Fönsterbyte	Minskad värmeförbrukning
2010	Injustering värmesystem	Jämnare värmefördelning i byggnaden
2014	Vattensparåtgärder, blandare med luftinblandning och minskat flöde.	Minskad vattenförbrukning inklusive varmvattenförbrukning, dvs energibesparingar
2016	Fläktbyte frånluftsfläktar	Minskad elenergiförbrukning fläktar
2016	Nytt styrsystem som utgår från medeltemperaturen i byggnaden. Tar bort två lägsta och två högsta mätvärdena.	Jämna ut toppar och dalar i systemet och minska onödig värmeförbrukning
2018	Förbrukningsvärden tillgängliga	Jämförelsevärden i studien

Summering av effekterna som uppvisats redovisas i nästa kapitel. Det visar effekterna av alla dessa förbättringar och inte var och en för sig.
Jalovicic (2019)

4.1.2 Energibesparing förbrukning 2008 till 2018

De värden som erhållits och tillsammans med normalårskorrigering med SMHI-energiindex har kunnat utröna effekten av de energibesparande åtgärder fastighetsägaren vidtagit. Redovisar tabell över de besparingar i förbrukning som kunnat mätas och vidare kommentarer efter det.

Tabell 4-1 Dokumenterad besparing i förbrukning 2018 jämfört med 2008.

Fjärrvärmeförbrukning				12,91	MWh
Elförbrukning				-4,584	MWh
Vattenförbrukning				832	kbm

Normalårskorrigerad förbrukning	Q	12,183	MWh	3,730	kWh/kvm
Beräknat	Q_T	12,213	MWh	3,739	kWh/kvm
-	Q_V	-	MWh	-	kWh/kvm
-	Q_I	-	MWh	-	kWh/kvm
-	Q_TVV	-	MWh	-	kWh/kvm
-	Q_Å	-	MWh	-	kWh/kvm
-	Q_tillskott	-	MWh	-	kWh/kvm
-	Rest	0,030	MWh	-	-

Ovanstående tabell är baseras på förbrukade värden av fjärrvärme. Det innebär att det sparats energi med vidtagna åtgärder. Fastighetsägaren besparar på fjärrvärmen normalårskorrigerat värde 12,183 MWh.
Om man ser till elförbrukningen blir det med primärenergifaktor 1,6 en ökad förbrukning av 7,334 MWh.
Beräkningen (12,183-7,334) MWh/Atemp ger besparingen 1,485 kWh/kvm som då är normalårskorrigerad och primärenergifaktorkorrigerad.

4.1.3 Allmännyttans ambitioner

Allmännyttan har under hösten 2018 startat ”Allmännyttans klimatinitiativ”.
Nedan är text kopierat från hemsidan:
”Klimatinitiativet har två övergripande mål:
En fossilfri allmännytta senast år 2030.
30 procents lägre energianvändning till 2030 (räknat från år 2007).
Klimatinitiativet fungerar på samma sätt som Parisavtalet: alla företag som deltar kan också sätta egna mål, som redovisas öppet och transparent inom initiativet. Resultaten summeras och ambitionen är att alla deltagande företag sedan tillsammans ska uppnå Klimatinitiativets övergripande mål.” SABO (2018)
Med analys av andra systemval på ventilation kan man presentera lösningen för denna fastighet för att uppnå målen i initiativet. Enligt summerade beräkningar har de insatser som genomförts inte gett upphov till några stora förändringar i energiförbrukning.
Jämförelseåret i denna studie blir då egenskaperna och förbrukningen för år 2008. Dessa värden använd för att se besparingsmålet och sedan vad de olika åtgärderna teoretiskt innebär för förbrukningen.

Över hela beståndet av fastigheter har Familjebostäder idag lyckats spara in 10 % av de 30 % som är målsättningen till 2030. Jalovicic (2019)

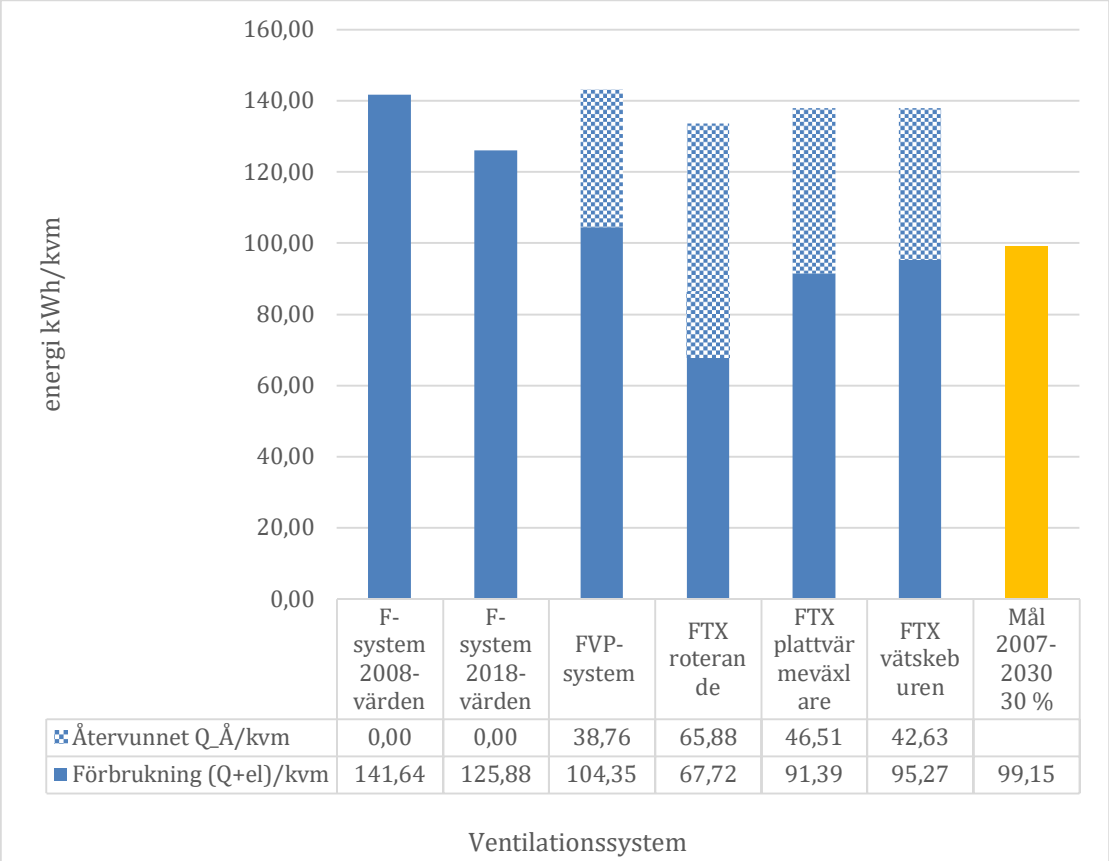
4.2 Analys beräkningar med andra systemval

Vad krävs för ventilationsprincip för att uppfylla egenambitionerna för energibesparing i denna byggnad? Fokuserat på ventilationsprincipens betydelse, värmeenergi för normalåret samt med fläktenergin med i beräkningen. Egenskaper utöver ventilationssystemets anses vara de samma som för början året 2019 och det som beräknats med förbrukningsdata från år 2018.

4.2.1 Beräkningar med återvinning

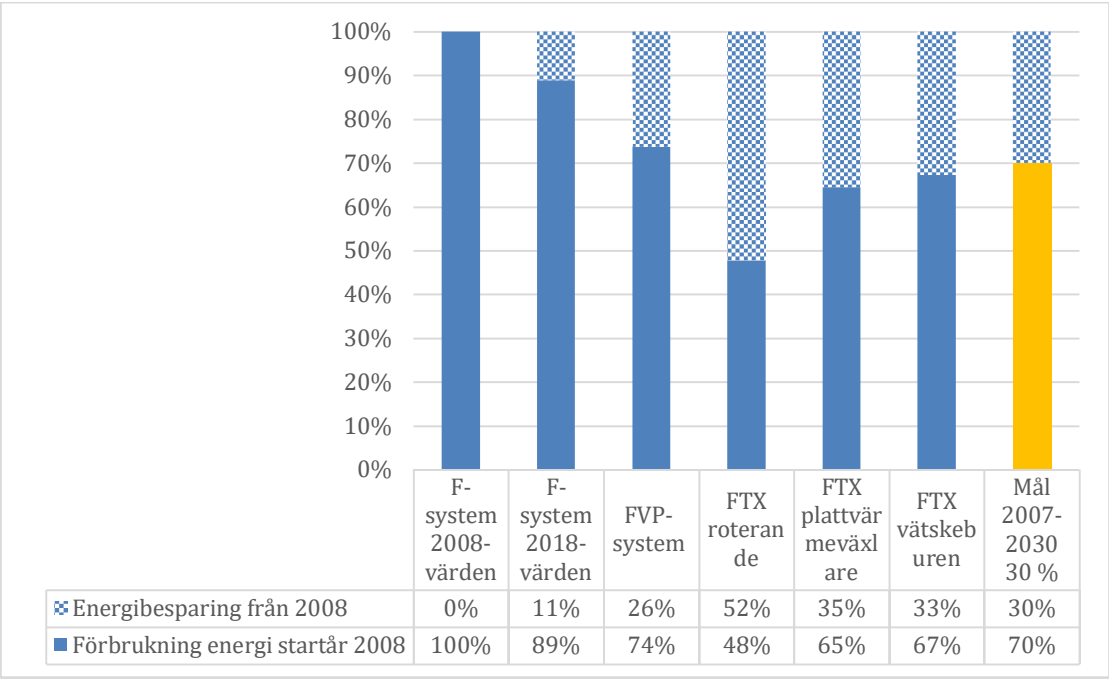
För att utreda nivåerna av återvinning med olika ventilationsprinciper måste värmeenergiförbrukning och förändringar i fläktenergi beräknas med någon utgångspunkt. Därför är utgångspunkten egenskaperna i byggnaden vid 2019 års början.
Jämförelseåret enligt 4.1.3 är 2007, de förbrukningsvärden som kommer användas är från 2008 och egenskaperna för byggnaden enligt studiebesök och ritningar från 2009. Då det inte skett några installationstekniska eller byggnadstekniska förändringar från 2007–2009 så utgås det från att uppgifterna från 2009 och förbrukningsdata från 2008 gäller som utgångsvärde.
I redovisningen nedan är först två diagram för att illustrera besparingar som utförts och de besparingar som är möjliga. De visar också den nivå av besparing som är målsättningen för år 2030 och de insatser som krävs för att nå det.

Tabell 4-2Beräkningar olika systemval



Enligt tabell 4-2 ovan redovisas den beräknade förbrukning genom variationer i principer på styrd ventilation som värmebalansberäkningen ger.

Tabell 4-3 Jämförelse av energibesparingar olika systemval med utgångsår 2008.



Tabell 4-3 visar vilka energibesparingseffekter med respektive princip får med de värden som presenteras i tabell 4-4.

Tabell 4-4 Beräknade värden ventilationsprinciper

		F-system 2008-värden	F-system 2018-värden	FVP-system	FTX roterande	FTX plattvärmeväxlare	FTX vätskeburen	Mål 2008-2030 30 %
	enhet							
q_max	kbm/s	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	
SFP	-	2,00	0,60	0,80	1,50	2,00	2,00	
Fläktel	MWh/år	35,04	10,51	14,02	26,28	35,04	35,04	
El värmepump	MWh/år			31,64				
Summa el	MWh/år	35,04	10,51	45,66	26,28	35,04	35,04	
Primärenergifaktor x 1,6	-	56,06	16,82	73,06	42,05	56,06	56,06	
Återvinningsgrad	-	0,00	0,00	0,50	0,85	0,60	0,55	
Q_Å	MWh/år	0,00	0,00	126,58	215,18	151,89	139,23	
Q_tillskott	MWh/år	148,02	148,02	148,02	148,02	148,02	148,02	
Q_T	MWh/år	213,64	201,43	201,43	201,43	201,43	201,43	
Q_V	MWh/år	253,15	253,15	253,15	253,15	253,15	253,15	
Q_I	MWh/år	15,31	15,31	15,31	15,31	15,31	15,31	
Q_TVV	MWh/år	72,44	72,44	72,44	72,44	72,44	72,44	
Q	MWh/år	406,53	394,32	267,74	179,14	242,43	255,09	284,57
Q+el	MWh/år	462,60	411,14	340,80	221,19	298,49	311,15	323,82
Återvunnet Q_Å/kvm	kWh/kvm	0,00	0,00	38,76	65,88	46,51	42,63	
Förbrukning (Q+el)/kvm	kWh/kvm	141,64	125,88	104,35	67,72	91,39	95,27	99,15
Energibesparing från 2008	%	0%	11%	26%	52%	35%	33%	30%
Förbrukning energi startår 2008	%	100%	89%	74%	48%	65%	67%	70%

Tabellen 4-4 ovan redovisas för att ge möjlighet att följa och se olikheterna i de olika systemen.
Det visar storleken i de teoretiska besparingar man gör med återvinning och de olika system som finns att välja mellan.

4.2.1.1 Frånluftsvärmepump

Denna typ av återvinning kan konstateras vara otillräcklig i sig själv för att lösa energibesparingsmålet i den här fastigheten. Med byggnadstekniska förändringar skulle en förbättring kunna nås till 30% till 2030.

4.2.1.2 Värmeväxlande principer

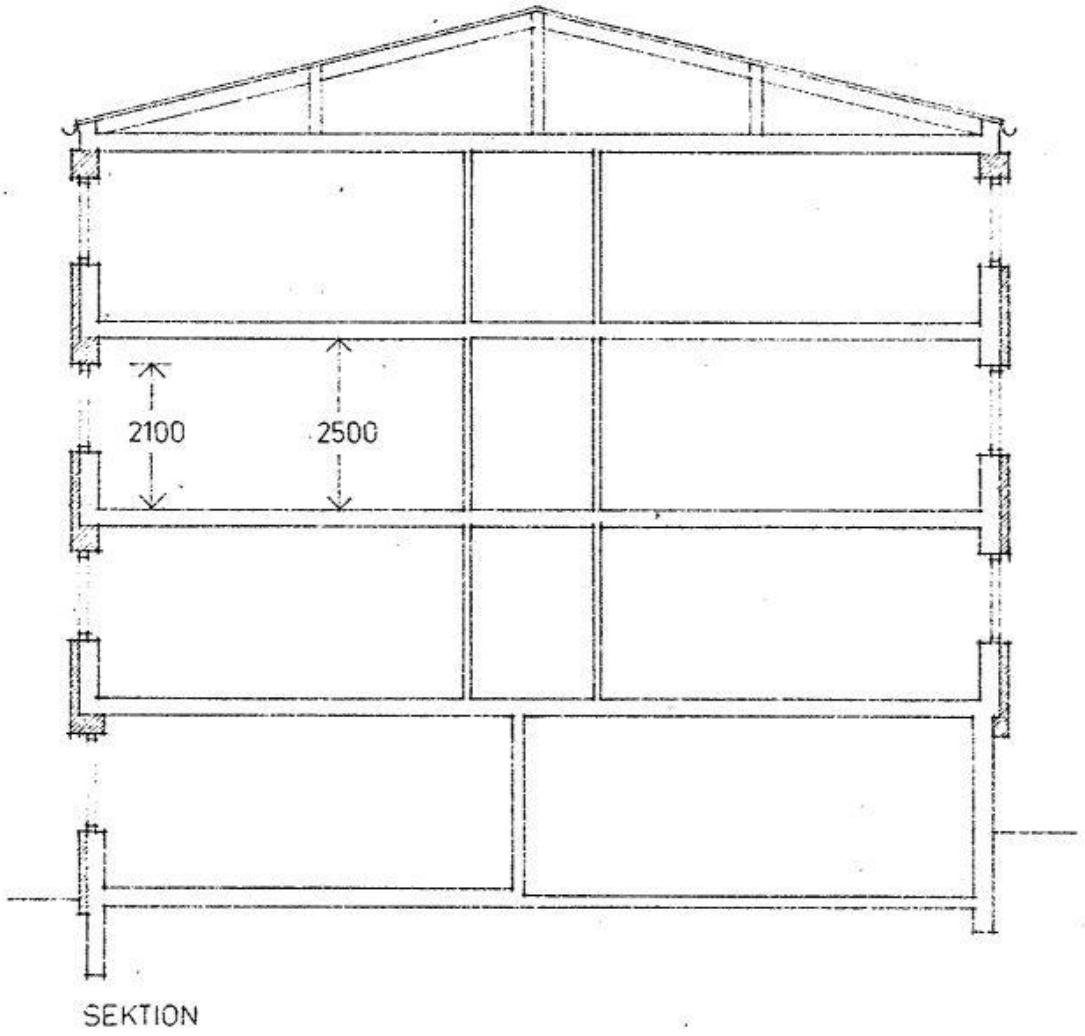
De olika principer med värmeväxling med de egenskaper som presenterats gör att byggnaden klarar energimålet till 2030. Den som uppfyller målet med stor marginal är den roterande värmeväxlaren.

4.2.2 Ekonomisk lönsamhet

Det är en kostnadsfråga om man ska göra några insatser för att förbättra energiförbrukningen. Anledningen till att utföra en åtgärd är beroende av vilken återbetalningstid man kan räkna fram och om den återbetalningstiden anses vara tillräckligt kort. De stora insatserna har en hög investeringskostnad och därför kan det innebära att åtgärden inte blir av. Det behöver inte vara aggregatet i sig som är dyrt, utan de kanaler som behöver dras i byggnaden med de byggnadstekniska åtgärder som krävs, samt spjäll och styrningar. Beräkningar av livscykelkostnader för de olika ventilationsprinciperna och i samband med andra energibesparande åtgärder visar att det inte är lönsamt att genomföra de stora energibesparande insatserna. Det blir de endast om energipriset skulle stiga kraftigt över 20 års tid. Andersson, Larsson (2013)

4.2.3 Tillämpningsobjektets förutsättningar med olika principer

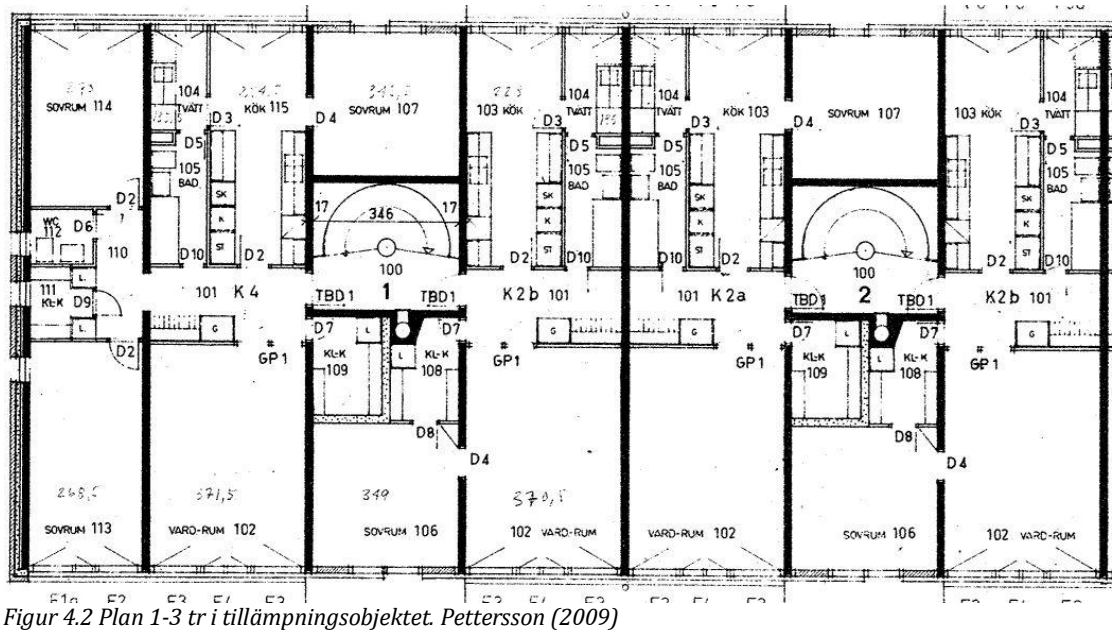
För att se till möjligheterna i tillämpningsobjektet behöver man se till vilka utrymmen som krävs för exempelvis service av aggregat och filterbyten? Vilka vägar finns att använda för att för kanalisationen?



Figur 4.1 Sektion över tillämpningsobjektet. Pettersson (2009)

4.2.3.1 Frånluftsvärmepump

Att kunna nyttja befintliga kanaler då det är ett frånluftssystem och använda befintliga fläktlägen gör att det här alternativet kan vara ekonomiskt försvarbart. Det här alternativet kan dock generera avvikelser i driftskedet avseende serviceutrymmen då man har små vindsutrymmen att disponera, eventuellt kan lokal höjning av tak vara nödvändigt. Se figur 4.1. Minimalt med åverkan krävs på byggnaden då man tar in aggregatet till vinden, den del som troligen ändå behöver rivas för att bygga driftutrymme. Att få ner värmen till fjärrvärmecentralen och koppla på värmesystemet och varmvatten är möjlig genom att exempelvis nyttja sopnedkast eller trapphus för dessa rör, se figur 4.2. Utöver injusteringen så krävs inget annat arbete inne i lägenheterna och det innebär enkel hantering för fastighetsägaren.

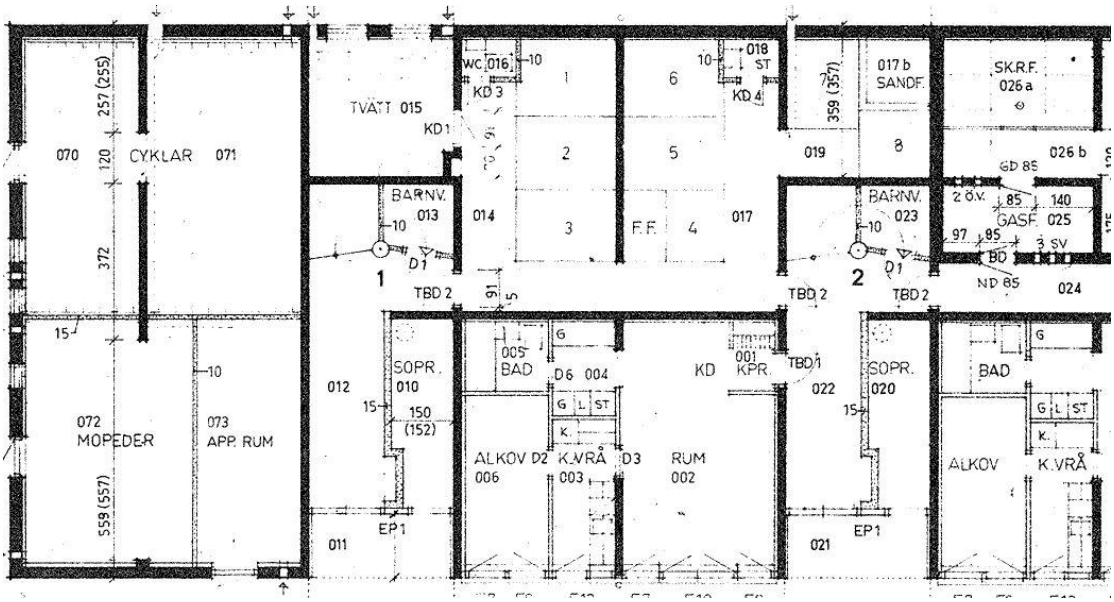


Figur 4.2 Plan 1-3 tr i tillämpningsobjektet. Pettersson (2009)

Detta ger inte tillräckligt med energibesparing för att nå 30-procentsmålet enligt beräkningarna och de uppgifter de baserats på. Dock så kan det finnas produkter som har bättre verkningsgrad än de uppgifter som använts.

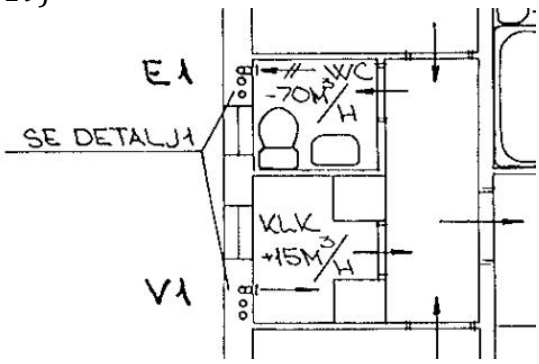
4.2.3.2 Värmeväxlare

Trots effektiv värmeåtervinning med värmeväxlande aggregat så kommer det med stor sannolikhet innebära för stora ingrepp i byggnaden för att försvara de kostnader det medför initialt. Andersson, Larsson (2013)
Det är inte aggregatet som driver upp kostnaderna, utan det är just att skapa plats för kanalisationen.

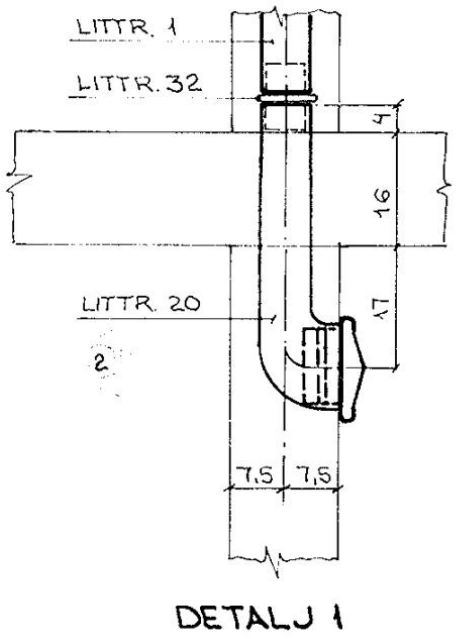


Figur 4.3 Entréplan och källare. Pettersson (2009)

Aggregat som placeras central på vindsplan (se figur 4.1) eller källarplan (se figur 4.3) kommer kräva att det byggs ett fläktrum samt att kanalerna behöver dras igenom byggnaden och schaktlägen skapas. Det är ytor som inte finns eller så krävs det att uthyrningsbar yta tas i anspråk.
Ovanstående med centrala aggregat medför även dessa att man måste in i varje lägenhet och dra kanalisation. En möjlighet i tillämpningsobjektet är dock att det finns befintlig tilluftskanalisation ingjuten i väggarna ned till varje placering av tilluftsdon, se exempel i figur 4.4 och 4.5. Det finns produkter som tätar kanaler om det skulle vara skador på den befintliga kanalisation som tagits ur bruk. Roos (2019)



Figur 4.4 kanaler i vägg, planritning. Pettersson (2009)



Figur 4.5 Kanaler i vägg, detalj. Pettersson (2009)

Lägenhetsaggregat är en möjlighet för att få till hög värmeåtervinning och slippa bryta brandcellsgränser och tillskapa schaktlägen genom byggnaden. Det är en möjlig lösning om det inte finns befintlig kanalisation att använda, eller att det inte går att skapa. Roos (2019) Det är dock omfattande arbeten med inklädnader av kanalisation inne i varje lägenhet, vilket medför stor administration och ytskiktskostnader för fastighetsägaren. Dessutom tillkommer även de filterbyten som krävs två gånger årligen.

5 Exempel på objekt där återvinning installerats.

Det finns projekt där man genomfört dessa större investeringar. Nedan är några exempel på där det genomförts och kommer genomföras. Även exempel på de utmaningar som entreprenörer stöter på vid anbudsförfaranden och idérikedomen som gör att fastighetsägare accepterar investeringskostnaden.

5.1 Förnyelse Tellusgatan

Familjebostäder har ett bra exempel på förnyelseprojekt av miljonprogramshus. På Tellusgatan i samma stadsdel som tillämpningsobjektet i den här rapporten utfördes en totalrenovering av en fastighet med 169 lägenheter. Arbetet pågick under ca 3 års tid (2015–2018) och erhöll priset som årets renoveringsprojekt från SABO (Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretags bransch- och intresseorganisation). Även nominerat i Byggindustrins tävling ”Årets bygge”. Förutom att ventilationssystemet byttes och energibesparande åtgärder utförts så ha även det estetiska fått ett lyft. Det har utformats efter synpunkter som inkommit från områdets boende och höjt säkerheten i utformningen. Ventilationssystemet var ett FTX-system med två plattvärmeväxlare i serie. Det ger en temperaturverkningsgrad på ca 90 %, SFP ca 1,5. Då det inte är en roterande växlare ger det ingen överföring av lukt.
Då det är så pass nyligen avslutat finns tyvärr ingen energiuppföljning att ta del av. Jalovicic (2019)

5.2 Innemiljöproblem som drivkraft

Ett annat projekt som Familjebostäder vill lyfta fram är i Långängen på Hisingen. Det är ett pågående projekt där man på grund av uppmätt höga radon-värden tvingats till ökad ventilationsnivå i byggnaden och därför installerat FTX-aggregat då det innebär stora ventilationsförluster av värme om återvinning ej sker. I samma projekt totalrenoveras fastigheterna och görs energieffektivare byggnadstekniskt. Jalovicic (2019) Detta är dock byggnader uppförda under 1950-talet och klassas därför inte till miljonprogramshus. Det är istället ett exempel på anledning till att installera värmeåtervinning i ventilationssystemet.

5.3 Utveckling Siriusgatan

Familjebostäders bestånd på Siriusgatan i Gärdsås i västra Bergsjön består av ca 1200 lägenheter. Dessa byggdes under 1970–1972 och är en del av den utvecklingsplan som finns för hela det bostadsområdet. Jalovicic (2019) Det är en etapp påbörjad och den innefattar 139 lägenheter. Därefter kommer ytterligare etapper att genomföras. Det är ett förnyelseprojekt som är en det av den stora satsningen som utförs i Bergsjön och Gärdsås. I det här projektet kommer det krävas FTX-system för att uppnå energikraven i form av minskad värmeenergiuppoffring.

5.4 Lägenhetsaggregat

Ett totalrenoveringsprojekt av miljonprogramshus i Linköpings kommun innebar att man valde lägenhetsaggregat för att klara energikraven och investeringskostnaderna. Anledningen till att det här blev lösningen vara att

klara av brandkrav med dess kostnader och att utrymmen för kanaldragning var kostsamma att tillskapa då de även skulle ta uthyrningsbara ytor i anspråk. Nackdelen med detta är att man har filterbyten att hantera inne i varje lägenhet två gånger per år. Det driver upp kostnaderna i driftskedet. Men fastighetsägaren ser fördel med att få en återkommande kontroll av sina ytor i beståndet.
Det skulle ändå renoveras ytskikt så att göra några inklädnader för att lösa kanaldragningen inne i lägenheten sågs inte som något problem. Den här lösningen är vanligt förekommande i bostadsrättslägenheter där ansvar för filterbyten lättare kan delegeras till respektive lägenhetsägare. Roos (2019)

5.5 Källarplacerat ventilationsaggregat med värmeväxlare

Vid ett projekt med totalrenovering av miljonprogramshus i Linköping gav en lösning med centralt placerat ventilationsaggregat i källaren på byggnaden. Detta besparade fastighetsägaren ca 8 Mkr mot den planerade lösningen med påbyggnad av fläktrum på vindsplanet. Det var också avgörande för att projektet blev av samt att entreprenören vann upphandlingen. Kanaler gick att lösa plats för i gammalt soprum och sopnedkast, samt att ta till vara på en intilliggande yta på varje plan. Det är inte alltid det finns en källare att placera aggregat i, men det gäller att se möjligheterna i varje unikt objekt. Roos (2019)

5.6 Sidoanbud Frånluftsvärmepump

Fastighetsägaren hade gått ut med en förfrågan på att byta till FTX-aggregat med vissa krav på återvinning. En entreprenör insåg orimligheten i att få ekonomi i den lösningen och lämnade istället ett sidoanbud att använda befintliga kanaler till frånluften och ansluta detta till en ny frånluftsfläkt med återvinning med frånluftsvärmepump och att koppla till uppvärmningen av huset och varmvattenförsörjningen och sedan stänga av frånluftsvärmepumpen när fjärrvärmetaxan är låg på sommarmånaderna. Det visade sig att lösning med frånluftsvärmepump passade fastighetsägaren bäst i det här fallet. Roos (2019)

6 Diskussion och slutsats

För att spara värmeenergi och driftenergi samt i förlängningen få lägre kostnader behöver ventilationssystemen bytas i Sveriges vanligaste miljonprogramshus. Karakteristiskt för denna byggnad är frånluftsventilation utan återvinning, byggnadstekniskt är värmemotståndet i klimatskalet långt under nybyggnadskrav. För att komma ner i energiförbrukning krävs insatser med återvinning på ventilationssystemet och övergripande förnyelser av byggnaden.
Anledningen till att det inte genomförs överlag är de stora investeringskostnaderna som anses ha för lång återbetalningstid. Fastighetsägarna väljer ofta att investera i de byggnader som ger bäst avkastning.
Rapportens tillämpningsobjekt hade tidigare genomgått energibesparande åtgärder under 1980-talet och 2010-talet. Under 1980-talet utfördes utvändig tilläggsisolering och byte av fönster. Fläktarna i ventilationssystemet minskades i antal. Under 2010-talet gjordes ytterligare insatser för energibesparing, de insatserna gav en minskad värmeenergiförbrukning och fastighetselförbrukning på ca 1,5 procent enligt de uppgifter som erhållits.
Fastighetsägarna har ett energisparmål på 30 procent från startåret 2007 till 2030, vilket innebär att de ska minska fastighetsbeståndets energiförbrukning med 30 procent utifrån 2007 år förbrukning. Beräkningar utfördes för att visa vilken typ av ventilationsprincip som skulle vara tillräcklig för att uppnå den minskningen i förbrukning i just tillämpningsobjektet. Det kommer inte vara så att fastighetsägaren sänker energiförbrukningen i varje enskild byggnad med 30 procent, det avser hela fastighetsbeståndet. Därför kan man inte se till ett specifikt objekt och se till att det ska uppfylla målet. Därav kommer det vara så att vissa byggnader genomgår de stora energibesparande åtgärderna innan 2030.
Energisparmålen bidrar ändå till att de ekonomiska beräkningarna förändras för att nå de av SABO uppsatta målen i tid.
Slutligen kan det konstateras att energisparmålen bidrar till en teknisk uppdatering i byggnaderna. Allmännyttan har stora möjligheter att visa framgångar i den här typen av initiativ. För att nå målen krävs att de stora insatserna med värmeåtervinning genomförs. Omfattningen av dessa insatser blir stor då det går att spara ca 50–60 procent påverkat av den ventilationsprincip som används. Det innebär att ca hälften av byggnaderna i beståndet behöver renoveras mellan 2007–2030. Ventilationsprincipens betydelse vid energibesparande åtgärder i Sveriges vanligaste miljonprogramshus är således stor. Att ha ett system med återvinning av den värmeenergi i luften som ventileras bort är nödvändig för att nå de energisparmål som har satts upp.

7 Referenser

Andersson, A, Larsson D. (2013) *Renovering av flerfamiljsbostäder inom miljonprogrammet ur ett energi- och lönsamhetsperspektiv.* Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 2013.

BFS 2011:26 Boverkets byggregler

BFS 2017:5 Boverkets byggregler

Bostadsbolaget (2009) Göteborgs stads bostadsaktiebolag, bostadsbolagets årsredovisning med fastighetsförteckning 2008

Boverket (2007) *Bostadspolitiken – Svensk politik för boende, planering och byggande under 130 år.* Publikation Boverket. https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2007/bostadspolitiken.pdf Hämtad 2019-04-02.

Familjebostäder (2009) Familjebostäder i Göteborg aktiebolag, fastighetsförteckning 2008

Google Maps (2019) *Flygfoto* https://www.google.se/maps/@57.7551263,12.0674699,225a,35y,90h,39.42t/data=!3m1!1e3 Hämtad 2019-06-02

Hall, T. (1999) *Rekordåren - en epok i svenskt bostadsbyggande*. Boverket, Malmö, Sverige. ISBN: 91-7147-568-0

Mittbygge (2008) *Välja ventilation* http://www.mittbygge.se/ Hämtad 2009-03-30

Orestål, U. (2007) *Ventilation - förr och nu.* Utgåva 4. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm. ISBN: 978-91-7333-236-1

Persson, A (2002) *Energianvändning i bebyggelsen – En faktarapport inom IVA-projektet energiframsyn Sverige.* Statens energimyndighet, Multitryck, Eskilstuna, Sverige.

Petersson, B-Å. (2004) *Tillämpad byggnadsfysik,* Andra upplagan, Studentlitteratur, Lund, Sverige. ISBN 91-44-03706-6

Poseidon (2009) Bostads aktiebolaget Poseidon, årsredovisning och fastighetsförteckning 2008.

SABO (2018) *Allmännyttans klimatinitiativ - Klimatinitiativet folder* https://www.sabo.se/hallbarhet/allmannyttans-klimatinitiativ/ Allmännyttans klimatinitiativ 2019-04-02.

SCB (1980) *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 1980.* Statistiska Centralbyrån, Stockholm, 1980.

SMHI (2019) Energiindex för Göteborg Normalår, 2008 samt 2018.

Warfvinge, C, Dahlblom, M. (2010) *Projektering av VVS-installationer*. Upplaga 1:12, Studentlitteratur AB, Lund, Sverige. ISBN 978-91-44-05561-9.

Ygberg, I. (2005) *Andnöd - en handbok om luften i våra bostäder.* Växjö: LÖWEX trycksaker AB. ISBN: 91-631-6765-4

Personliga kontakter:

Pettersson (2009) Pettersson, Mattias, Projektledare, Bergsjön centrum, Familjebostäder. Möte 2009-05-08, studiebesök, tillhandahållande av bygghandlingar och förbrukningsdata.

Jalovicic (2019) Jalovicic, Senir, Energiingenjör, Familjebostäder. Telefonintervju 2019-02-26 och 2019-05-07. Samt e-postkonversation med förbrukningsdata och dokumentation avseende fastigheten.

Roos (2019) Roos, Johan, projektledare ventilation, RHEL-gruppen AB. Samtal kring ROT-lösningar.