ENERGIANALYS
BENGT BERGQVIST

Svensk Ventilation
Bransch i samverkan

Jämförelse av FX- och FTX-system för ventilation av flerbostadshus

Rapport

2018-03-16

ENERGIANALYS
BENGT BERGQVIST

Svensk Ventilation
Bransch i samverkan

Innehåll

Förord 3

Sammanfattning 3

1 FTX-system 6

1.1 Studerad byggnad 6

1.2 Luftbehandling och ventilation 6

1.3 Värmesystem 8

2 FX-system 9

2.1 Studerad byggnad 10

2.2 Luftbehandling och ventilation 10

2.3 Värmesystem 12

2.4 Värmebehovsberäkning för ett sovrum 13

3 Mätningar 14

3.1 Mätningar i sovrum med FTX-system 14

3.1.1 Loggning av tilluftflöde 15

3.1.2 Loggning av koldioxidhalt 16

3.2 Mätningar i sovrum med FX-system 17

3.2.1 Mätning av frånluftsflöden 17

3.2.2 Mätning av tilluftsflöden 17

3.2.3 Loggning av tryck och uteluftflöde 19

3.3 Täthetsprovning 25

3.3.1 Konstaterade otätheter 26

4 Ekonomi 27

4.1 Energi 27

4.2 Kostnad för filterbyte 28

5 Primärenergifaktorns betydelse för energiprestanda 29

6 Källor 30

Förord

Denna rapport redovisar resultat från en jämförelse av FX- och FTX-system för flerbostadshus. Arbetet har genomförts av Bengt Bergqvist Energianalys AB på uppdrag av Svensk Ventilation, Arbetsgrupp Bostad.

Projektet har fått stöd och råd från en referensgrupp bestående av:

- Erik Österlund, Svensk Ventilation
- Eric Lindqvist, Gösta Schelin AB
- Niklas Centervall, Systemair
- Magnus Ljunggren, Fläktwoods AB
- Magnus Strand, Strandsluft
- Nicklas Brömster, IV-Produkt
- Per Holmqvist, Creovent AB

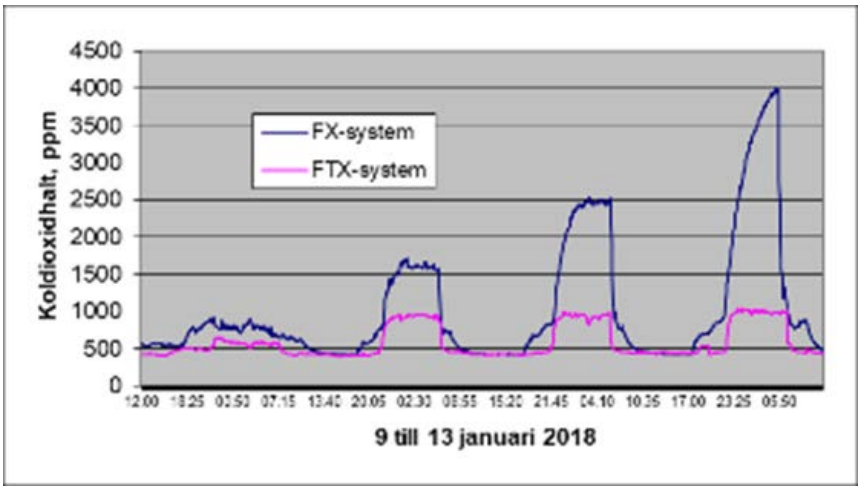
Sammanfattning

Ventilation av flerbostadshus utförs normalt med antingen FX-system eller FTX-system och i denna rapport har systemen jämförts med varandra avseende olika aspekter som systemuppbyggnad, komplexitet, robusthet, luftkvalitet, underhåll och energiekonomi.

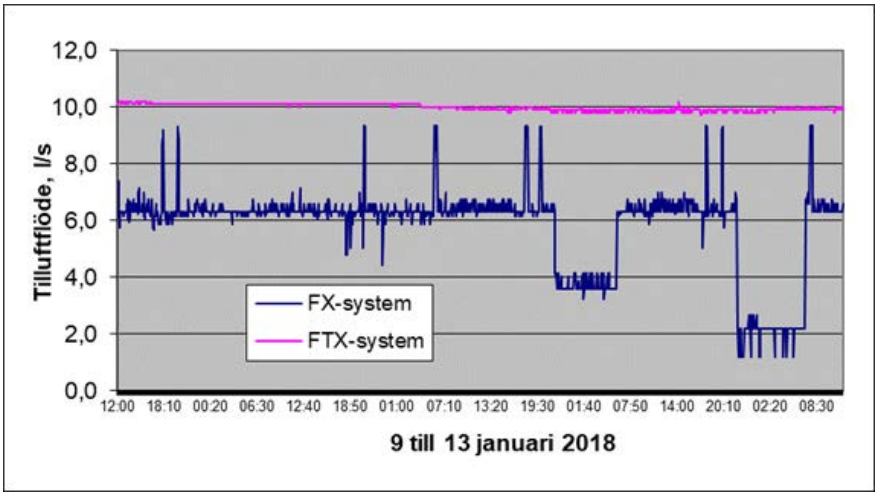
FX-systemet har frånluftsaggregat med filter, återvinningsbatteri och fläkt, som normalt placeras i fläktrum på vind. Frånluft evakueras ut från lägenheternas bad, WC och kök och uteluft tas, i denna jämförelse, in via uteluftsdon placerad bakom radiator. Uteluften kan filtreras via ett filter bakom radiatorn. Värme ur frånluft tas tillvara via en värmepump normalt placerad i undercentral i källare.

För att uteluft ska kunna sugas in till varje FX-ventilerat sovrum krävs att undertrycket i sovrummen relativt uteluften är tillräckligt stort. Om exempelvis ett fönster öppnas i ett annat sovrum kommer ventilationen av övriga rum att halveras även om sovrummet med öppet fönster har dörren stängd. Genomförda mätningar visar att uteluftflödet i ett sovrum för två personer varierar mellan 2,2 till 6,2 l/s för provade driftfall medan luftflödet i FTX-byggnadens sovrum är relativt konstant vid 10 l/s oavsett provat driftfall.

Mätningar av koldioxidhalter i sovrum visar också på högre halter i sovrummet med FX-system jämfört med motsvarande sovrum med FTX-system.



Natt	9-10 januari	10-11 januari	11-12 januari	12-13 januari
Sovrum Dörr	Öppen	Stängd	Stängd	Stängd
Annat sovrum Fönster	Stängt	Stängt	På glänt 2 cm	På glänt 2 cm
Annat sovrum Dörr	Stängd	Stängd	Stängd	På glänt 5 cm



Speciellt viktigt vid FX-system är också att uteluftsfilter i uteluftsdonet byts ofta, minst en gång per år. Annars ökar undertrycket i lägenheten och uteluften tas i stället in via de otätheter som alltid finns i byggnader.

Systemuppbyggnaden för ett FX-system är enklare vad avser ventilationssystemet jämfört med ett FTX-system som kräver ett mer omfattande tilluftssystem. Filterbyte i FTX-systemet är dock enklare eftersom samtliga filter sitter i luftbehandlingsaggregatet. I ett FX-system med 30 lägenheter kan det behövas bytas filter i 120 uteluftsdon förutom filtren i frånluftsaggregatet.

På rörsidan blir dock FX-systemet mer komplicerat jämfört med FTX-systemet. Värmesystemets radiatorer blir större eftersom de ska klara såväl värmebehovet för transmission som det för ventilation. I undercentralen tillkommer värmepumpar, cirkulationspumpar för värme, kyla och varmvattenackumulering. Dessutom tillkommer flera trevägsventiler. Det ställs därför högre krav på den/de drifttekniker som ska handha systemet.

Skillnader i energipris/kWh för el och fjärrvärme medför också att det kan vara mer lönsamt att under lågpristid, vår, sommar och höst stänga av värmepumparna och enbart utnyttja fjärrvärme. Under lågpristid, ofta sju månader per år är det inte ovanligt att elpriset är tre till fem gånger högre än fjärrvärmepriset och då är det inte ekonomiskt lönsamt att använda värmepumparna eftersom värmefaktorn kanske ligger vid ca 2,5 till 2,7. Men om värmepumparna stängs av under dessa sju månader för att minimera energikostnaden är risken stor att man inte når det mål för låg energianvändning som planerades under projekteringsstadiet.

Införande av primärenergifaktor 1,6 för el i Boverkets byggregler innebär att all fastighetsel skall räknas upp med 60 %. Detta gör att FX-system med eldrivna värmepumpar får svårare att hävda sig i jämfört med FTX-system, där värmeproduktionen uteslutande sker med fjärrvärme med primärenergifaktor 1,0. Boverket kan dock eventuellt komma att uppdatera dessa primärenergifaktorer till andra värden.

Sammantaget visar resultaten i denna utredning att FTX-systemens andel sannolikt kommer att öka framöver eftersom FX-systemen bedöms få svårare att klara framtida krav på energiprestanda och luftkvalitet.

1 FTX-system

FTX-systemet har fläktar för såväl frånluft som tilluft samt värmeåtervinnare, värmebatteri samt filter i luftbehandlingsaggregatet som ofta placeras på vind.

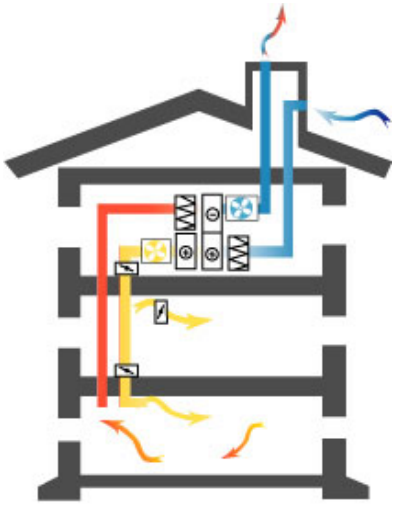


Bild 1. FTX-system. Från- och tilluftssystem med värmeåtervinning.

1.1 Studerad byggnad

Bild 1.1 På Lövstavägen i Hässelby har tre byggnader med FTX-system uppförts. Varje byggnad har fläktrum på vind med ett luftbehandlingsaggregat som betjänar respektive byggnad. En gemensam fjärrvärmecentral placerad i den mittersta byggnaden betjänar samtliga tre byggnader.

1.2 Luftbehandling och ventilation

Bild 1.2a Luftbehandlingsaggregat med till- och frånluftsfläkt, plattvärmeväxlare, värmebatteri och filter i en av de tre byggnaderna. Shuntgrupp med cirkulationspump och styrventil är placerad på vägg.

Bild 1.2b Trerumslägenhet på 63 kvm med till/frånluftsflöde 30/30-45 l/s. Bägge sovrummen och vardagsrummet har tilluftsflöde 10 l/s.

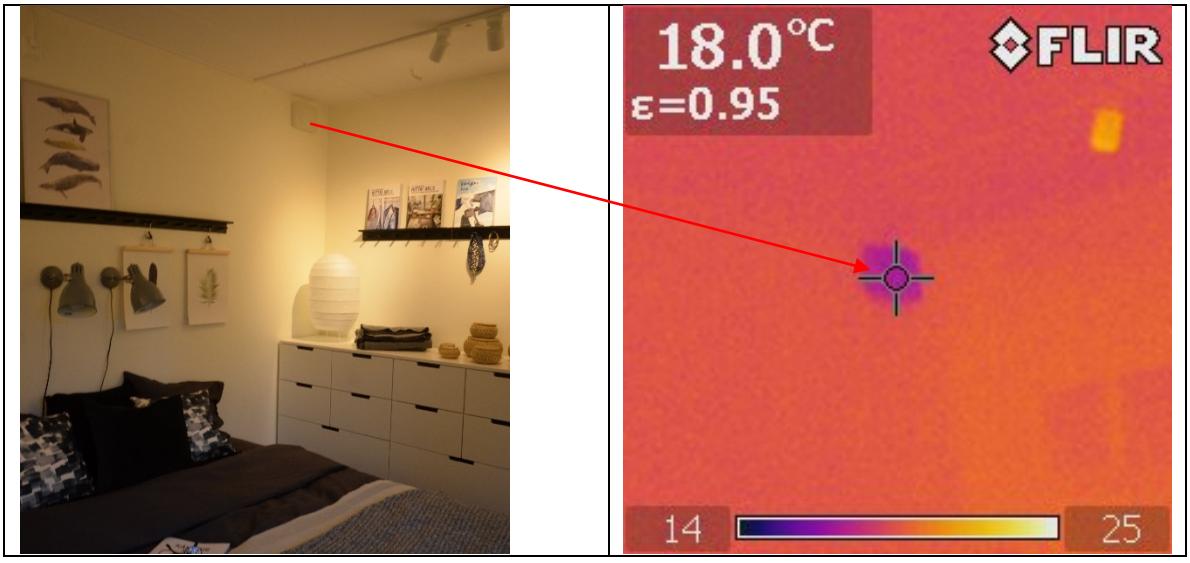


Bild 1.2c-d Sovrum med FTX-system. Tilluftstemperaturen ligger vid ca +18°C. Uppmätt ljudnivå ligger under 26 dB(A) i efterklangsfältet.

1.3 Värmesystem

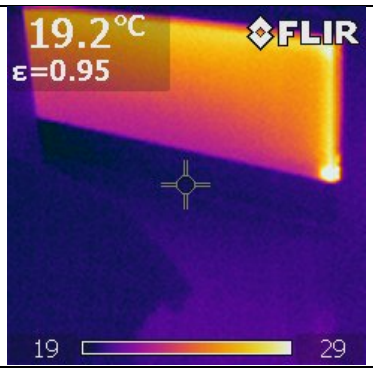


Bild 1.3a Radiatorer i rum med FTX-ventilation kan göras mindre jämfört med FX-system eftersom värmeeffekten endast behöver täcka rummets transmissionsförluster genom ytterväggar och fönster.

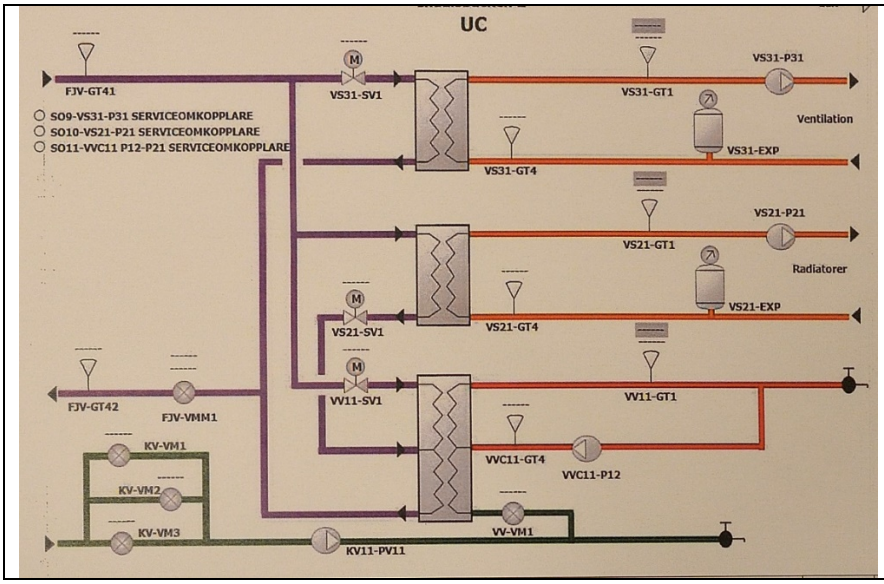


Bild 1.3b Fjärrvärmecentral för fastighet med FTX-system. Värmesystem VS21 levererar värme till radiatorer och VS31 till värmebatterier i luftbehandlingsaggregat via shuntgrupper i fläktrum. Se även nästa bild.

Bild 1.3c Fjärrvärme-centralen levererades som en färdig prefabenhet till denna fastighet med FTX-system.

2 FX-system

FX-systemet bygger på undertrycksventilation då ett frånluftsaggregat med filter, återvinningsbatteri och fläkt evakuerar ut frånluft från badrum, WC, kök och eventuell klädkammare. Via undertrycket kan uteluft sugas in genom uteluftintag i ytterväggar till vardagsrum och samtliga sovrum. Viktigt är att klimatskalet har god täthet samt att alla fönster är stängda annars kommer inte avsedda uteluftflöden att sugas in via uteluftintagen utan till stor del genom otätheter och/eller något öppet fönster.

Värme ur frånluften hämtas med ett återvinningsbatteri i frånluftsaggregatet till system för värme- och/eller varmvatten med värmepump placerad i undercentral.

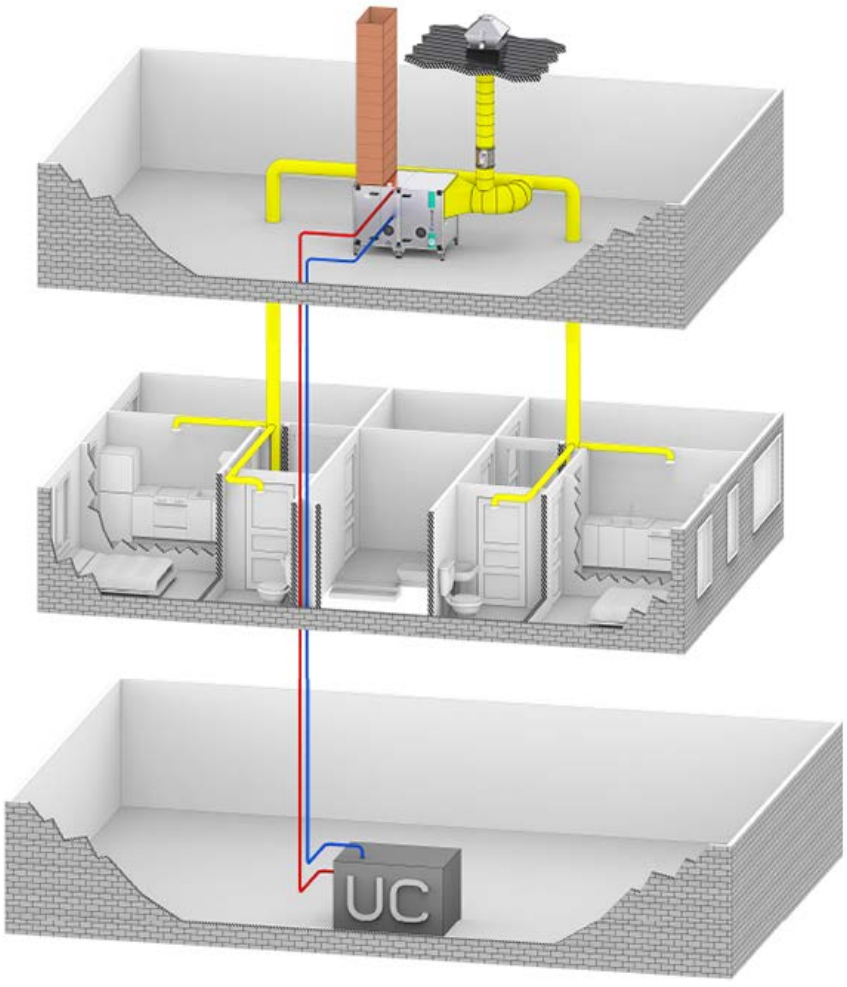


Bild 2a FX-System. Frånluftssystem med återvinning ur frånluften.

2.1 Studerad byggnad

Bild 2.1a Den studerade lägenheten har 4 rum och ligger på plan 1 tr. Lägenhetsyta 96 m^2.

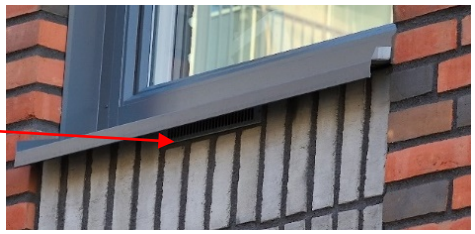


Bild 2.1b Uteluftintag är placerade under fönsterbleck.

2.2 Luftbehandling och ventilation

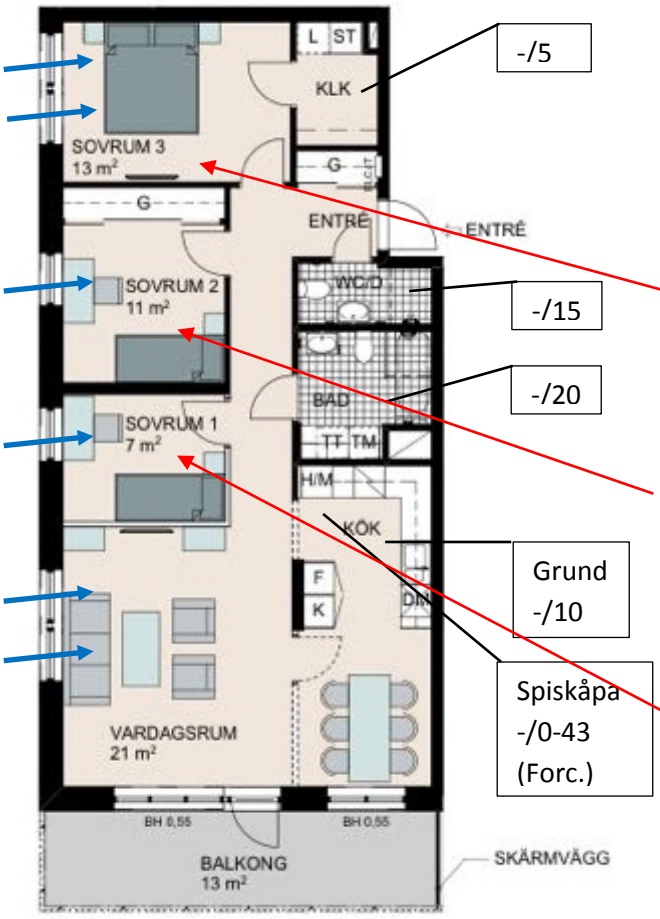


Bild 2.2a Lägenheten på Agavägen har 4 RoK och golvarea 96 m^2.

Totalt frånluftflöde uppgår till 50 l/s.

Tilluft tas in via sex uteluftsdon typ Epevent från Epecon.

Sovrum 3 är dotterns sovrum/lekrum och används av en person. Inga mätningar har utförts här.

Sovrum 2, där alla mätningar av tilluftflöde och koldioxidhalt utförts. Detta är föräldrarnas sovrum och används av två personer.

Sovrum 1, är det rum där fönster är antingen stängt eller öppet vid mätningar i sovrum 2.

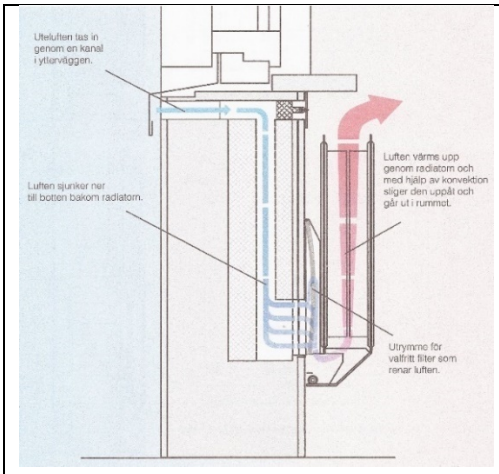


Bild 2.2b

Bild 2.2c

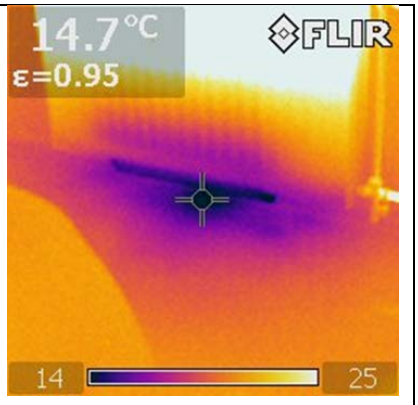


Bild 2.2d

Bild 2.2a-c. Sovrum med FX-system och inblåsning bakom radiator. Radiatorerna blir större jämfört med FTX-system eftersom radiatorn ska klara att värma både inkommande kalluft och täcka transmissionsförluster genom ytterväggar och fönster. Det kalla tilluftsdonet har lokalt viss inverkan på golvtemperaturen. Yttemperaturen på golvet ligger lokalt vid ca +15°C.

Bild 2.2e FX-system. Frånluftsaggregat med fläkt, återvinningsbatteri och filter brukar placeras i fläktrum på vind. Från återvinningsbatteriet hämtas värme via rörsystem till värmepump i undercentral.

2.3 Värmesystem

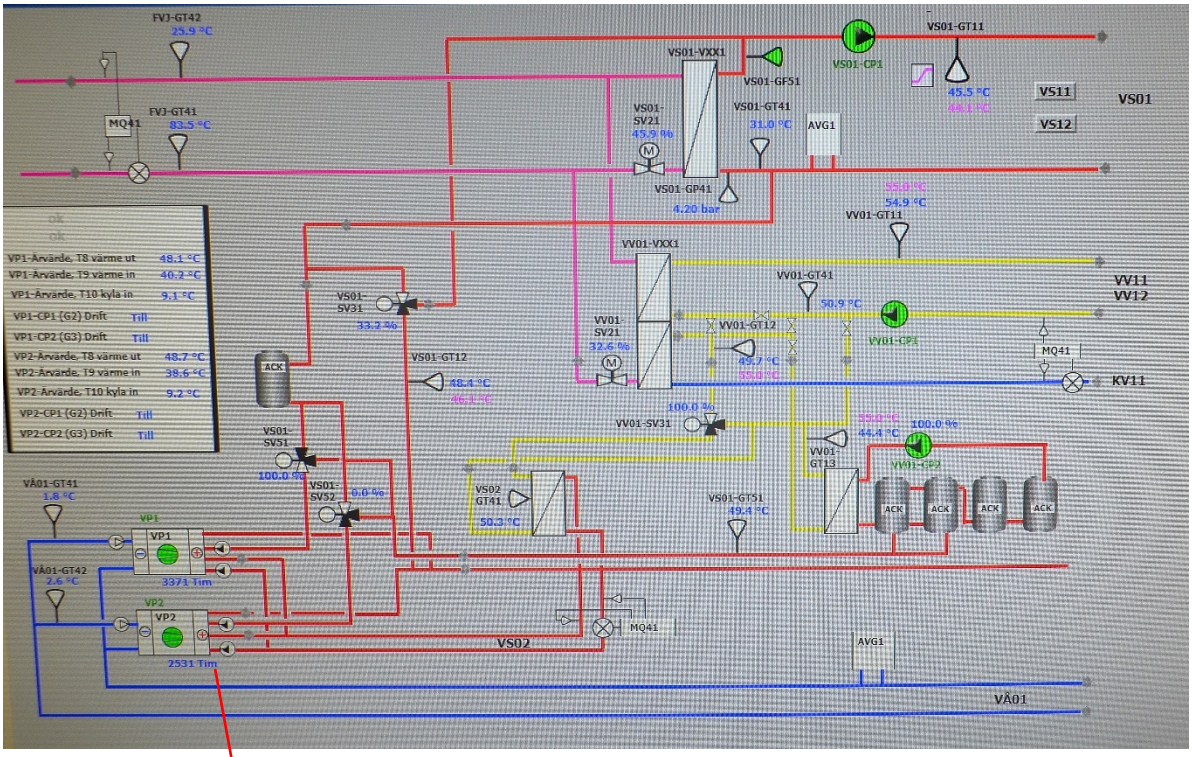


Bild 2.3a Undercentralen innehåller förutom fjärrvärmecentral även värmepumpar och ackumulatortankar för varmvatten. I detta exempel tillkommer fem cirkulationspumpar på värmesidan och två på köldbärarsidan samt fyra trevägsventiler. Systemuppbyggnaden för värmeproduktion blir därför betydligt mer komplicerad jämfört med FTX-systemet.

Bild 2.3b Rörinstallation till två värmepumpar i ett FX-system.

2.4 Värmebehovsberäkning för ett sovrum

Skillnaden i radiatorstorlek mellan ett FX- och ett FTX-system kan exemplifieras med värmebehovsberäkning för sovrum 2 i FX-byggnaden på Aga-vägen.

Bild 2.4a Erforderlig värmeeffekt blir högre för en radiator med tilluftsdon i ett FX-system jämfört med motsvarande radiator om byggnaden uppförts med FTX-system. Radiatorn ska ju också värma inkommande uteluft förutom rummets transmissionsförluster genom yttervägg och fönster.

Vi antar att värmesystemet ska dimensioneras för uppvärmning med dimensionerande vinter-utetemperatur, DVUT: -18°C och rumstemperatur: +22°C. Då kan transmissionsförlusterna beräknas som:

Fönster: U*A*dT= 1,1*1,6*40= 70 W
Yttervägg: U*A*dT= 0,18*8*40= +58 W
Summa: Transmission = 128 W

U-värde, fönster: 1,1 W/m^2,°C. Fönsterarea: 1,6 m^2.
U-värde, yttervägg: 0,18 W/m^2,°C. Ytterväggsarea: 8 m^2.
Dimensionerande temperaturskillnad, dT: (22 -- 18) = 40°C.

Ventilation:
P=luftflöde * densitet * värmekapacitivitet* temperaturdifferens= q*ϱ*c_p*dT=
8,3*1,2*1*40= 398 W

Radiatorns värmebehov
FTX-system: **128 W** (Uteluften värms i fläktrummets luftbehandlingsaggregat)
FX-system: 128 +398 = **526 W**, dvs. ca 4 ggr så stor radiator jämfört med FTX-systemet!

Med FX-system får byggnaden också längre uppvärmningssäsong på grund av kortare tidskonstant.

3 Mätningar

För att kunna jämföra hur ventilationen påverkar luftkvalitén med FTX-ventilation jämfört med FX-ventilation under en vecka måste förutsättningarna vara likadana om resultaten ska kunna bli jämförbara. Därför utfördes först mätningar i ett sovrum i FX-byggnaden under vecka 44 med förutbestämda förutsättningar. Därefter utfördes mätningar i ett sovrum med FTX-system med identiska förutsättningar i så stor utsträckning som det var praktiskt möjligt.

3.1 Mätningar i sovrum med FTX-system

För att kunna utföra mätningarna i ett sovrum med FTX-system under samma förutsättningar som för FX-systemet har loggningarna av detta system förlagts till utredarens egen bostad som har ett ungefär lika stort sovrum som lägenheten i Hässelby. Luftflödet injusterades till 10 l/s för detta sovrum innan mätningarna påbörjades.

Bild 3.1a Mätningar av FTX-systemet utfördes i detta sovrum som har golvarean 11 m2 och rumsvolym ca 28 m^3.

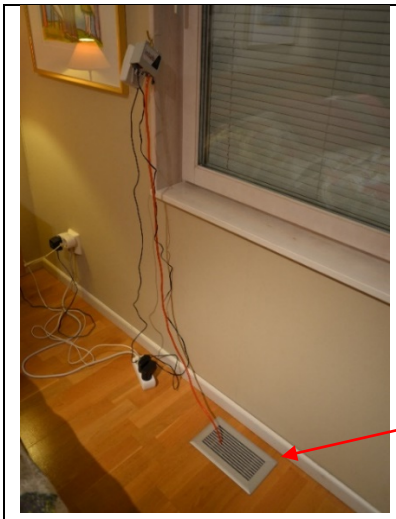


Bild 3.1b-c. Innan loggningarna i sovrum 2 påbörjades injusterades tilluftflödet till 10,0 l/s genom tejpning av ca halva donets fria area. Därefter kunde tilluftdonets K-faktor bestämmas till K=3,9.

3.1.1 Loggning av tilluftflöde

För att undersöka hur tilluftsflödet till ett sovrum varierar över tiden och hur känsligt det är för störningar har luftflödet loggats under en vecka. Flödet har loggats via tryckdifferensmätning över tilluftsdonets galler. Med K-faktor=2,24 har sedan luftflödet kunnat beräknas enligt Flöde=K*Rot(dP).

På samma sätt som för FX-systemet har systemets känslighet för störningar undersökts genom att tillämpa samma driftfall klockan 22-06 under 4 dygn, 9 till 13 januari, 2018.

Natt	9-10 januari	10-11 januari	11-12 januari	12-13 januari
Sovrum Dörr	Öppen	Stängd	Stängd	Stängd
Annat sovrum Fönster	Stängt	Stängt	På glänt 2 cm	På glänt 2 cm
Annat sovrum Dörr	Stängd	Stängd	Stängd	På glänt 5 cm

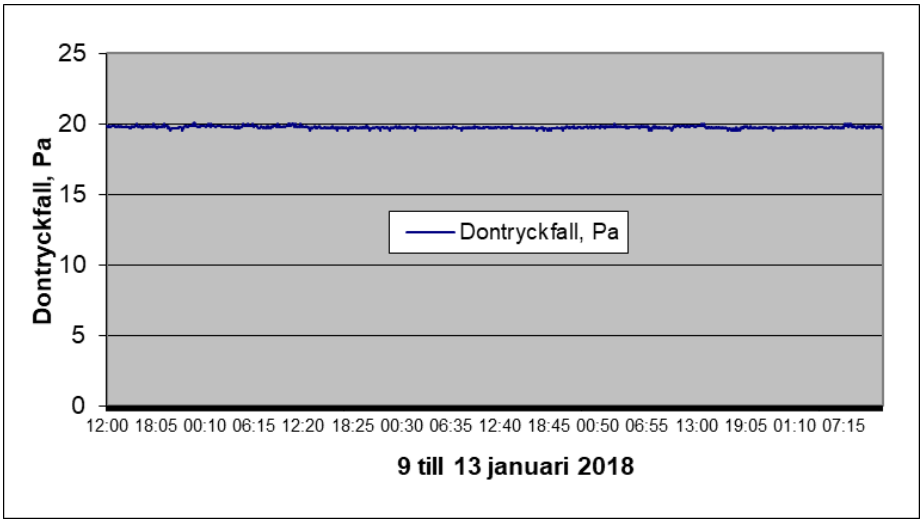


Bild 3.1.1a Uppmätt tryckfall över tilluftsdon, Pa.

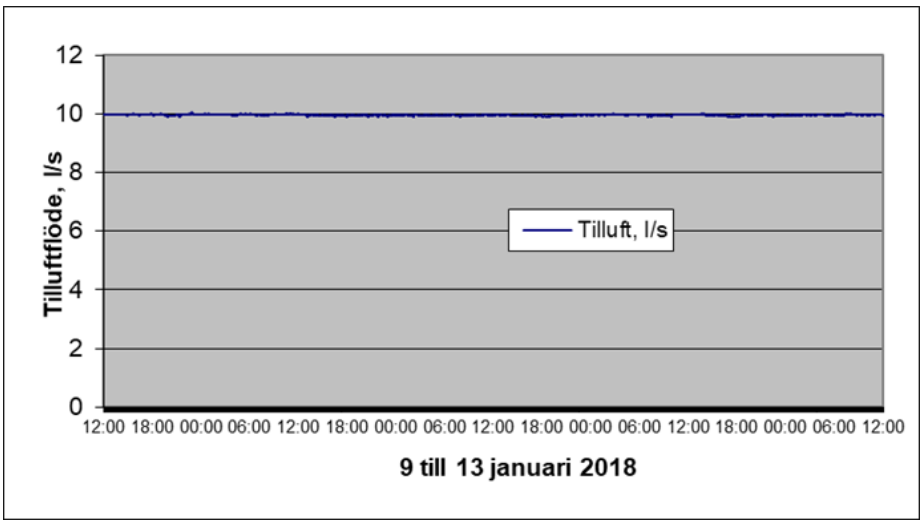


Bild 3.1.1b Loggat tilluftsflöde till sovrum baserat på uppmätt undertryck, föregående bild med k-faktor 2,24, Q=k*Rot(dP) l/s.

3.1.2 Loggning av koldioxidhalt

För att bedöma luftkvaliteten i sovrummet har koldioxidhalten loggats under fyra dygn med koldioxid-logger fabrikat Intab typ Tinytag.

Undersökta driftfall

Natt	9-10 januari	10-11 januari	11-12 januari	12-13 januari
Sovrum Dörr	Öppen	Stängd	Stängd	Stängd
Annat sovrum Fönster	Stängt	Stängt	På glänt 2 cm	På glänt 2 cm
Annat sovrum Dörr	Stängd	Stängd	Stängd	På glänt 5 cm

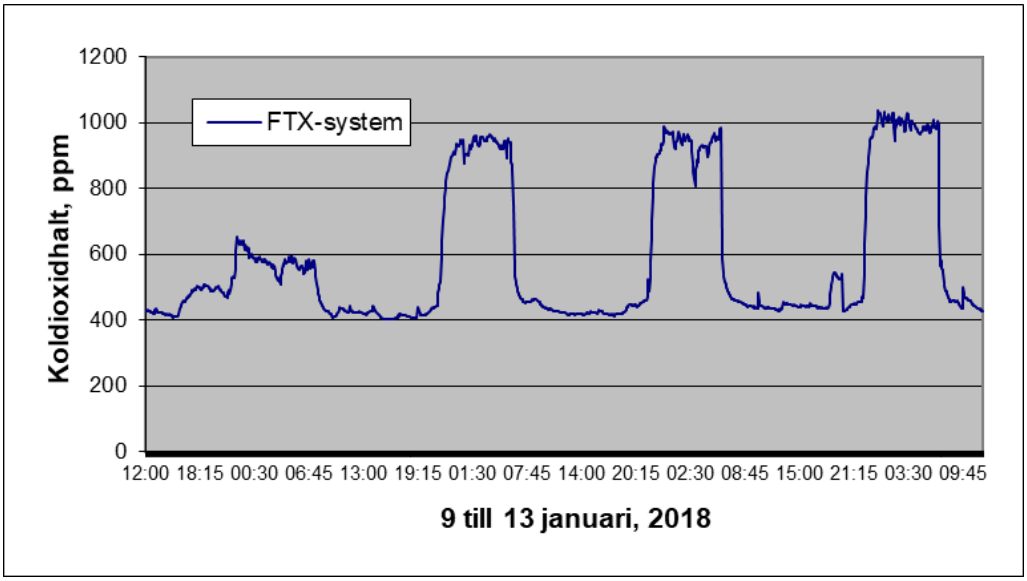


Bild 3.1.2a Loggning av koldioxidhalt i sovrum under en vecka. Vid öppen dörr till sovrummet (9-10 jan) ligger koldioxidhalten under nästan hela dygnet under 600 ppm medan den ökar till knappt 1000 ppm följande natt (10-11 jan) när sovrumsdörren är stängd. Koldioxidhalten påverkas heller inte av om fönster i andra rum öppnas utan koldioxidhaltens maxvärde är ungefär densamma i sovrummet när dörren är stängd.

3.2 Mätningar i sovrum med FX-system

Bild 3.2.a Mätningar av FX-systemet utfördes i detta sovrum som har golvarean 11 m2 och rumsvolym ca 27 m3.

3.2.1 Mätning av frånluftsflöden

Mätning av frånluftsflöden utfördes med Swema mätstos och verkar stämma väl överens med projekterade flöden.

Rum	Uppmätt frånluftsflöde vid grundflöde i kök och stängda fönster, l/s	Uppmätt frånluftsflöde vid forceringsflöde i kök och öppet fönster, l/s
Bad/Tvätt	20	17
WC/Dusch	15	11
Klädkammare	5	3
Kök, grundflöde	10	6
Kök, spiskåpa	0	43
Summa frånluft	50	72

3.2.2 Mätning av tilluftsflöden

För att möjliggöra mätning av tilluftflöde via radiatorn i valt sovrum byggdes en måttanpassad mätlåda, se bild nedan. Genom att använda mätstosen kunde sedan tilluftflödet mätas upp och även tryckdiffens över hela ytterväggen samt över uteluftintagets galler. Härvid kunde en punkt i ett Tryck/Flödesdiagram bestämmas.

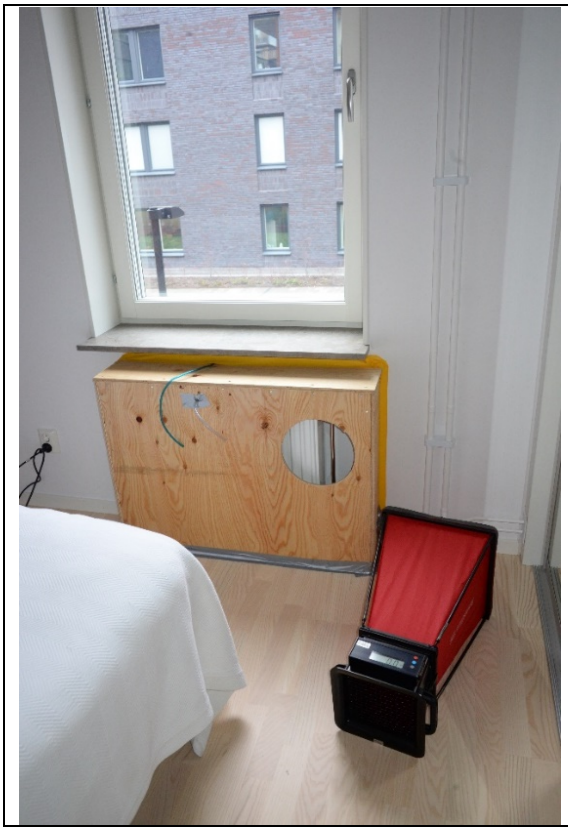


Bild 3.2.2b-c Montering av slang för mätning av undertryck i rum motsvarande totaltryck-differens över uteluftintag och tilluftsdon.

Bild 3.2.2a Mätlåda som möjliggör mätning av tilluftsflöde. På bilden syns också slangen för mätning av undertryck samt undertryck innanför uteluftintag.

Därefter tejpades ett av de fyra frånluftsdonen igen varvid undertrycket minskades till ett nytt värde samtidigt som tilluftsflödet mättes och en ny punkt erhölls. Därefter togs frånluftsdonens tätningar bort, istället tejpades uteluftintagen igen, ett efter ett och nya tryck/flödesmätningar utfördes. Härigenom kunde tilluftsdonets tryck/flödesdiagram ritas upp och tilluftsdonets K-faktor bestämmas. Resultaten från tryck/flödesmätningarna framgår av tabellen nedan.

Uppmätt undertryck över yttervägg, Pa	Varav över ytterväggsgaller, Pa	Luftflöde, l/s	Övertryck i mätlåda, Pa
7,2	1	4,3	0,1
12,1	2	5,9	0,15
17	3	7,1	0,2
24	4,6	8,8	0,3
31	5,7	10,2	0,6
39	7,7	12	0,7

Övertrycket i mätlådan när mätstosen används är lågt, endast ca 1-2% av total tryckdifferens varför inverkan av mätlåda/mätstos på mätningen kan anses vara försumbar.
Utifrån dessa mätresultat kan tilluftsdonets K-faktor bestämmas till 1,7 i sambandet $q=K*\Delta P^{½}$ dvs. $q=1,7*\Delta P^{½}$

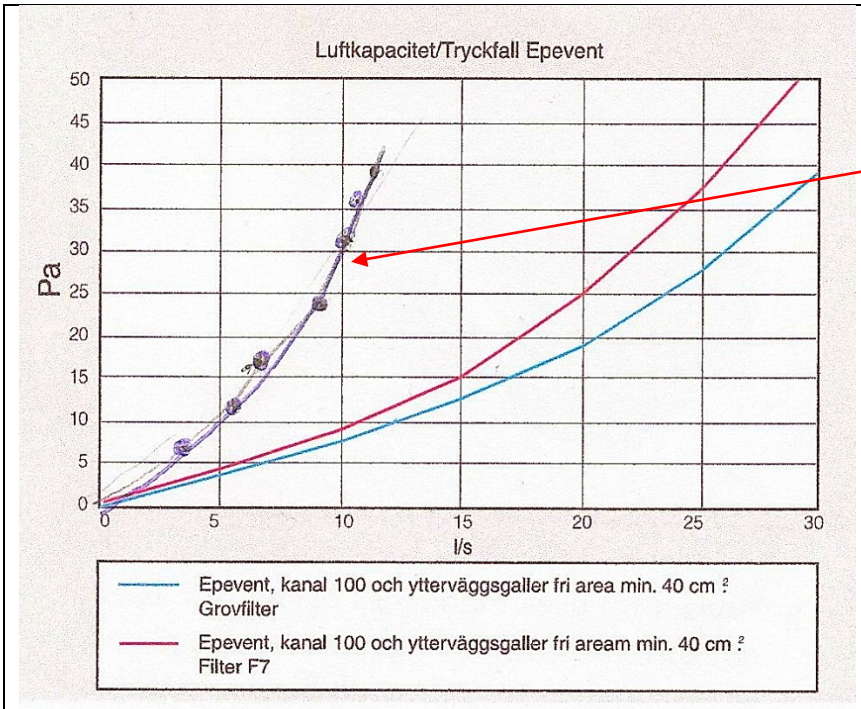


Bild 3.2.2d Uppmätt a luftflöde över tilluftsdonet vid olika tryckfall över ytterväggen. K-faktorn bestämdes empiriskt till 1,7. (Observera att diagrammet inte gäller generellt utan beror av filtrets försmutningsgrad.)

Enligt Epecons projekterings-handbok är motsvarande totaltryckfall endast ca 25% av dessa uppmätta värden om filtren är nya. Blå och röd kurva. (För F7-filter är tryckfallet endast ca 10 Pa vid 10 l/s.)

Bild 3.2.2e F7-filtret i uteluftsdonet har frontarean 0,35*0,3=0,105 m2.

Totalt har lägenheten, 4 RoK, 96 m2, 6 st radiatorer med uteluftsfilter. Nominellt tilluftflöde ca 8,3 l/s, don.

Jämfört med FTX-byggnaden som har ett luftbehandlingsaggregat med tilluftflöde 1000 l/s så krävs här ca 120 st filter för samma tilluftsmängd.

Bostadsrättsföreningen tillhandahåller nya filter en gång årligen utan kostnad för de boende i denna fastighet.

3.2.3 Loggning av tryck och uteluftflöde

För att undersöka hur tilluftsflödet till ett sovrum varierar över tiden och hur känsligt det är för störningar har luftflödet loggats under en vecka. Flödet har loggats via tryckdifferensmätning över yttervägg och luftflödet har sedan beräknats med känd K-faktor=1,7.

Bild 3.2.3a Trycklogger, Intab typ Tinytag, loggar undertryck i sovrum relativt ute var 5:e minut under mätveckan. Dessutom loggas koldioxidhalt, rumstemperatur samt fram- och returtemperatur på värmestam.

Prövade driftfall

För att bestämma känslighet för störningar har följande driftfall tillämpats mellan klockan 22-06 under mätveckan:

Undersökta driftfall

Natt	9-10 januari	10-11 januari	11-12 januari	12-13 januari
Sovrum 2 Dörr	Öppen	Stängd	Stängd	Stängd
Annat sovrum 1 Fönster	Stängt	Stängt	På glänt 2 cm	På glänt 2 cm
Annat sovrum 1 Dörr	Stängd	Stängd	Stängd	På glänt 5 cm

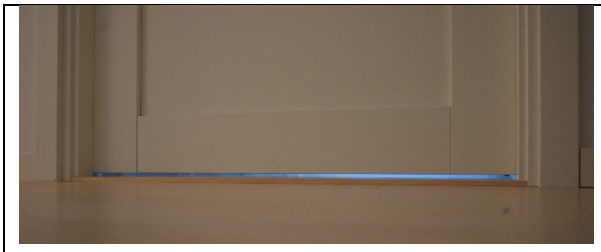


Bild 3.2.3b Den uteluft som kommer in sovrummen evakueras sedan via överluftspringa under dörrblad.

Dörrspringans storlek är ca 8*800 mm.

Vid uteluftflöde 6,4 l/s uppmättes tryckfallet till ca 0,6 Pa över dörrens överluftspringa. Undertrycket i sovrum 2 relativt ute var då ca 15 Pa.

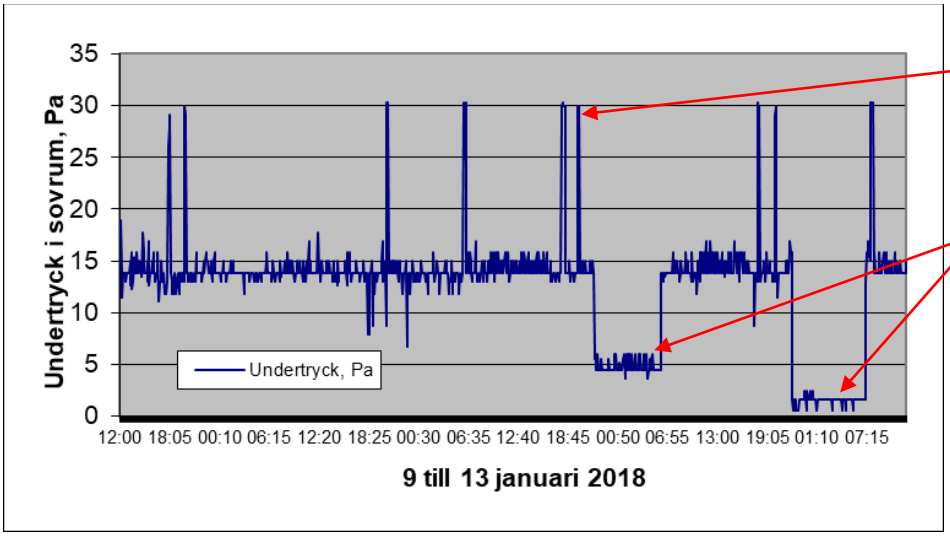
Om ett fönster i t ex sovrum 1 öppnas så minskar tryckfallet över fönstret till noll. Istället kommer allt tryckfall att hamna över överluftspringan och överluftflödet ökar kraftigt från detta rum. Samtidigt halveras undertrycket i övriga lägenheten, se bilder nedan. Uteluftflöden till övriga sovrum kommer då att minska.

Genom att fönster i sovrum 1 ställs på glänt kommer undertrycket i hela lägenheten att minska. Men genom att dörren till sovrum 1 alltid är helt stängd kommer den ändå alltid att finnas ett litet undertryck i lägenheten. Överluftspringan under dörren till sovrummen är ju relativt liten ca 8 mm*800 mm.

Bild 3.2.3c Undertryck= 15 Pa i sovrum 2 när fönstret är stängt i sovrum 1.

Bild 3.2.3d Undertryck=7 Pa i sovrum 2 när fönstret är öppet i sovrum 1 och dörren stängd till sovrum 1.

Bild 3.2.3e Inget undertryck i sovrum 2 när fönstret är öppet i sovrum 1 och även dörren öppen till sovrum 1.



Forcering av spiskåpa vid matlagning ökar tillfälligt undertryck i lägenheten.

Fönster (12/1) och även dörr (13/1) på glänt i annat sovrum 1 minskar undertryck och därmed drivkraft för ventilation av sovrum 2.

Bild 3.2.3f Uppmätt undertryck i sovrum relativt uteluften. Under nätterna till 12/1 och 13/1 står fönstret på glänt i sovrum 1 men med stängd dörr. Därför minskar undertrycket i lägenheten dessa nätter och även drivkraften för luftomsättning i sovrum 2. De korta perioderna med förhöjt undertryck orsakas av forceringsfrånluft via kökets spiskåpa. Undertrycket i lägenheten når då ca -40 Pa.

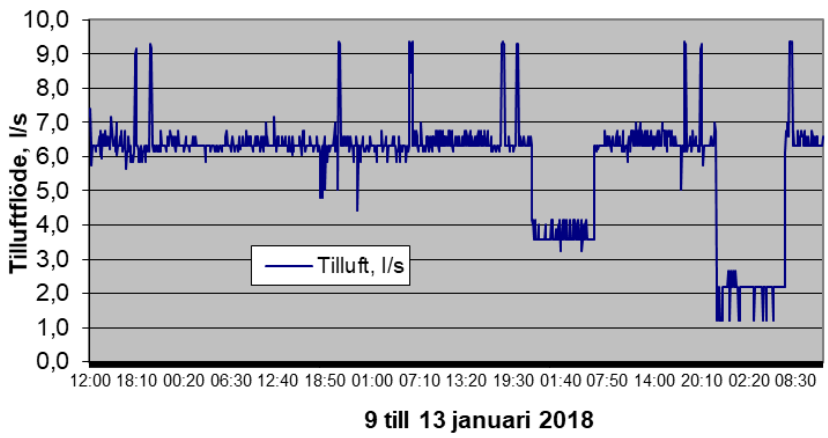


Bild 3.2.3g Loggat uteluftflöde i sovrum 2 baserat på uppmätt undertryck, föregående bild. Om fönstret öppnas i sovrum 1 minskar uteluftsflödet i sovrum 2 från ca 6,2 l/s till endast 3,5 l/s. Öppnas även dörren till sovrum 1 vid fönstervädring faller undertrycket i lägenheten till nära noll och uteluftflödet i sovrum 2 minskar ytterligare till 2,2 l/s.

Enligt Folkhälsomyndigheten bör inte uteluftsflödet understiga 4 l/s, person i bostäder. Därför bör uteluftflödet inte understiga 8 l/s i sovrum för två personer.

Utdrag ur ”Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation”. FoHMFS 2014:18.

Olägenhet för människors hälsa

Vid bedömningen av om bristande luftkvalitet i bostäder och lokaler för allmänna ändamål innebär olägenhet för människors hälsa enligt 9 kap. 3 § miljöbalken bör följande riktvärden vara vägledande.

I bostäder bör det specifika luftflödet (luftomsättningen) inte understiga 0,5 rumsvolymer per timme (rv/h). Uteluftsflödet bör inte understiga 0,35 liter luft per sekund per kvadratmeter (l/s per m^2) golvarea eller 4 l/s per person.

3.2.4 Loggning av koldioxidhalt i sovrum

För att bedöma luftkvaliteten i sovrum 2 har koldioxidhalten loggats under den aktuella mätveckan med koldioxidlogger Intab typ Tinytag.

Undersökta driftfall

Natt	9-10 januari	10-11 januari	11-12 januari	12-13 januari
Sovrum 2 Dörr	Öppen	Stängd	Stängd	Stängd
Annat sovrum 1 Fönster	Stängt	Stängt	På glänt 2 cm	På glänt 2 cm
Annat sovrum 1 Dörr	Stängd	Stängd	Stängd	På glänt 5 cm

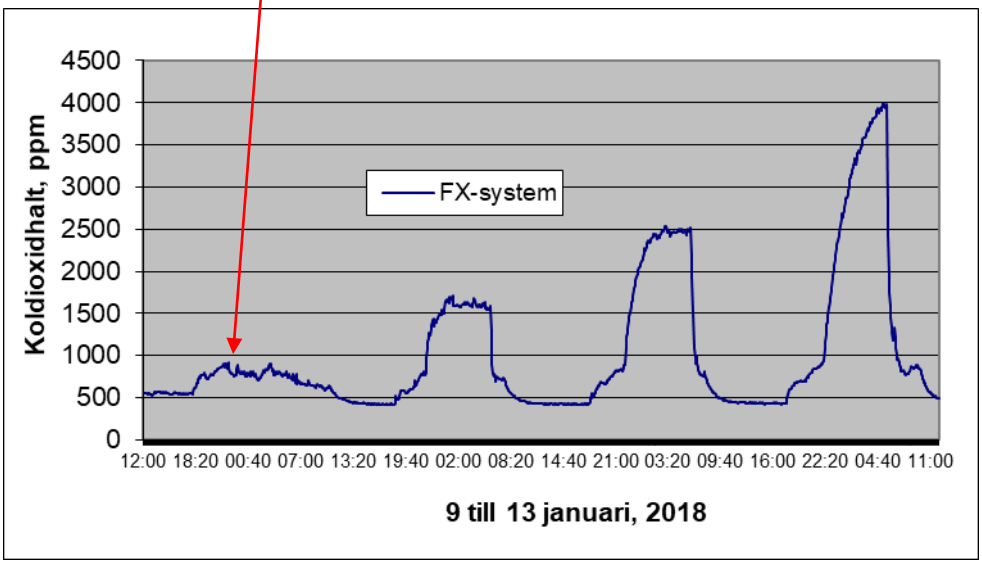


Bild 3.2.4a Loggning av koldioxidhalt i sovrum 2 under en vecka. Vid öppen dörr till sovrummet (9-10 jan) ligger koldioxidhalten hela dygnet under 1000 ppm medan den ökar till drygt 1500 ppm följande natt (10-11 jan) när sovrumsdörren är stängd. Om fönstret i annat sovrum ställs på glänt med 2 cm fönsterspringa ökar halten till 2500 ppm (11-12 jan) och ställs dörren på glänt i annat sovrum med fönster på glänt stiger koldioxidhalten till 4000 ppm (12-13 jan).

Mätresultaten visar alltså på höga koldioxidhalter i sovrum 2 om dess dörr är stängd och kraftigt höjda värden om fönstret i det andra sovrummet 1 öppnas (eftersom detta minskar uteluftflödet till sovrum 2).

Under de tre första dygnens loggningar av koldioxidhalter i sovrum 2 är dörren till sovrum 1 stängd. Under det fjärde dygnet öppnas dessutom dörren till sovrum 1 samtidigt som dess fönster fortfarande står på glänt. Då blir det nästan inget undertryck kvar i lägenheten och därmed praktiskt taget ingen drivkraft alls för ventilation av sovrum 2, som mestadels har dörren stängd.

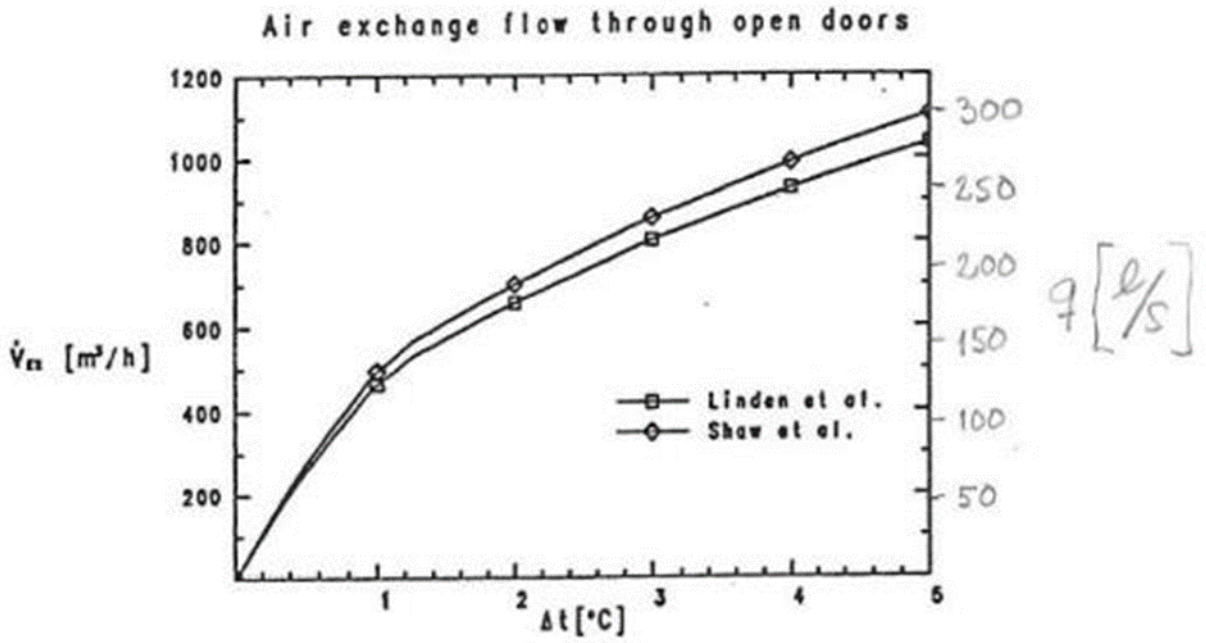


Bild 3.2.4b Luftflödet genom en öppen dörr är avsevärt och nornalt mycket större än uteluftflödet genom tilluftsdon. Som framgår av figuren uppgår luftflödet, redan vid en grads temperaturskillnad över öppen dörr, till ca 500 m^3/h motsvarande ca 140 l/s, alltså ca 20 gånger mer än uteluftflödet. Därför stiger inte koldioxidhalten i ett sovrum så mycket om dörren är öppen, se föregående figur 3.2.4.
Källa: Linden et al (1985) och Shaw et al (1974).

Att ha öppen dörr till sovrummet förbättrar alltså luftkvalitén avsevärt eftersom luftflödet via den öppna dörren är flera gånger större jämfört med vad som kommer in via tilluftsdonet!

3.3 Täthetsprovning

God täthet hos klimatskalet är viktig för att frånluftssystem ska fungera tillfredsställande. Uteluften ska ju tas in via uteluftintagen och inte via otätheter i klimatskalet eller från trapphus. Innan mätningar av tilluftsflöden påbörjades utfördes därför täthetsprovning.

Bild 3.3a Provtryckningsfläkt av typ ”Blower Door” monterades i dörröppning för balkongdörr.

Före täthetsprovning tätades samtliga uteluftintag, frånluftsdon, golvbrunnar och avlopp.

Täthetsprovning utfördes sedan med undertrycken:
-15, -20, -30, -40, -50 och -60 Pa.

Mätresultat

Provtryck, Pa	Uppmätt läck-luftflöde, l/s	Uppmätt läck-luftflöde, l/s,m^2
-15 Pa	13	0,044
-20 Pa	17	0,058
-30 Pa	25	0,086
-40 Pa	34	0,12
-50 Pa	40	0,14
-60 Pa	47	0,16

Resultatet från täthetsprovningen visade att lägenheten har relativt god täthet. Resultaten är beräknade på en total omslutande area av 290 m2 varav ytterväggar utgör ca 100 m². Normalt undertryck i lägenheten låg vid besöken kring ca 16 Pa och därför bör läckflödet

ligga vid ca 13 l/s. Vi kan alltså dra slutsatsen att av det totala flödet på ca 50 l/s bör ca 13 l/s komma via otätheter vid ett undertryck i lägenheten på 16 Pa. Resterande 37 l/s bör alltså komma via de totalt sex uteluftsdonen, alltså ca 6, 2 l/s per uteluftsdon. Detta verkar också stämma relativt väl med uppmätta luftflöden över uteluftsdonen.

3.3.1 Konstaterade otätheter

Bild 3.3.1a

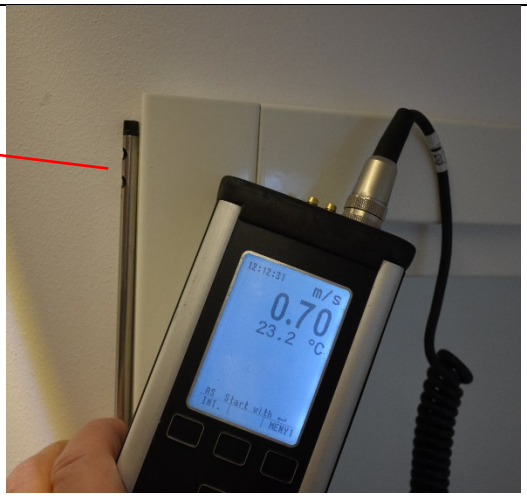


Bild 3.3.1.b Det största noterade läckstället var mellan dörrkarm och vägg till trapphus.

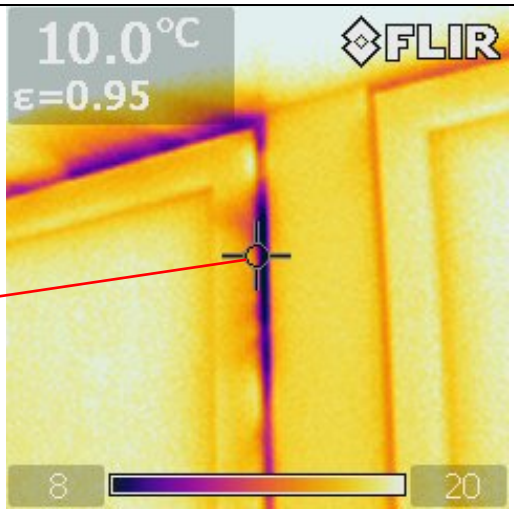


Bild 3.3.1c. Mindre läckage mellan karm och båge vid några fönster.

4 Ekonomi

Investeringskostnader för FX- respektive FTX-system kan naturligtvis variera beroende om projektet gäller nybyggnads- eller ombyggnadsprojekt eller om det aktuella projektet avser låga lamellhus eller höga punkthus.

Även driftkostnaderna kan skilja en hel del även om energiprestanda i kWh/m^2 är lika för ett FX- respektive FTX-projekt. Detta kan då bero på att energipriset för fjärrvärme och el kan variera beroende på exempelvis årstid och vilken kommun byggnader ligger i.

Kostnader för filterbyte kan också vara olika. I ett FX-system behövs ju bara frånluftsfilter i frånluftsaggregatet medan FTX-aggregatet innehåller såväl tilluftsfilter som frånluftsfilter. Å andra sidan kan tilluftsdon vid radiatorer innehålla filter och då krävs utbyte av flera filter i varje lägenhet.

4.1 Energi

I flerbostadshus med FTX-system används normalt endast fjärrvärme som värmekälla till radiatorer, luftbehandlingsaggregat och varmvattenvärmning. Användning av el behövs endast till fläktar och pumpar.

I flerbostadshus med FX-system återvinns värmen i frånluften med värmepump som drivs med elenergi. I normalfallet brukar värmepumpen dimensioneras för att sänka temperaturen på frånluften cirka 15°C. Tillvaratagen värme används då till att bereda varmvatten samt att höja returtemperaturen från radiatorer. När detta inte räcker till används sedan fjärrvärme som spetsenergi.

Denna systemlösning medför dock att temperaturen på fjärrvärmereturen blir högre och därför krävs ett större fjärrvärmeflöde per värmeenhet jämfört med om all värmeproduktion hade gjorts med fjärrvärme. Därför blir också fjärrvärmepriset högre.

Skillnaden i energipris mellan fjärrvärme och el är ofta speciellt stor sommartid, då elenergin ofta kan ligga tre till fem gånger högre jämfört med fjärrvärmepriset per kWh. För att det då sommartid ska vara lönsamt att använda värmepumpar och elenergi måste värmefaktorn vara högre än prisskillnaden. Normalt ligger dock värmepumpars värmefaktor sällan högre än 2,5-2,7 vid varmvattenproduktion och då kan det vara ekonomiskt mer lönsamt att använda fjärrvärme sommartid även om totala antalet kilowattimmar då blir högre jämfört med den energiberäkning som låg till grund för byggnadens energiprestanda.

Bild 4.1a. Årsvärmefaktorn för ett värmepumpsystem antas här uppgå till ca 2,5 till 2,7. Den definieras som nyttiggjord årlig värmeenergi dividerat med summa tillförd elenergi till kompressorer, cirkulationspumpar och extra fläktel till frånluftsaggregat.

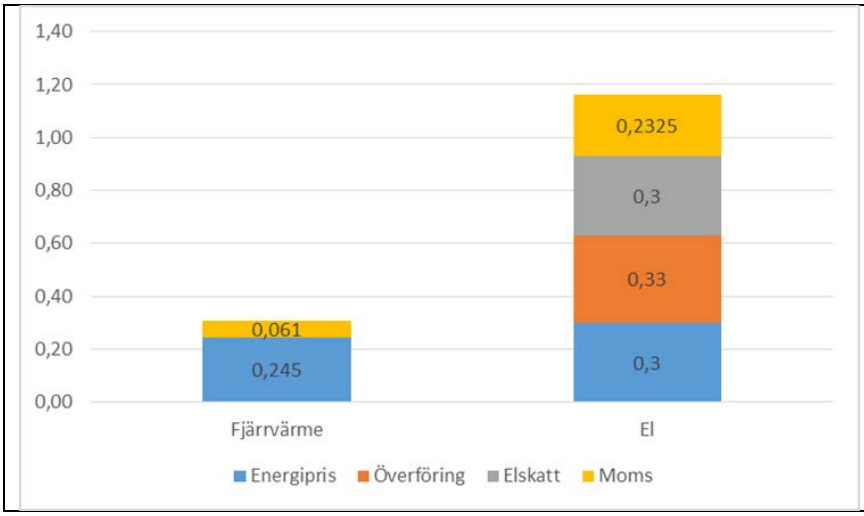


Bild 4.1b. Exempel på hur prisbilden kan se ut för fjärrvärme och el under lågpristid i Stockholm.

Under lågpristid, 7 månader/år kostar drift av värmepump 1,16 kr/kWh dvs. 1,16/0,31= **3,7 ggr** mer än fjärrvärme som kostar 0,31 kr/kWh.

Av bild 4.1a och 4.1b framgår att det kan vara mer ekonomiskt lönsamt att stänga av värmepumpar under vår, sommar och höst, ca 7 månader per år eftersom det då kan vara billigare att använda fjärrvärme än el. Men energipriserna varierar mellan olika kommuner i Sverige och därför måste ställningstagande ske från fall till fall.

4.2 Kostnad för filterbyte

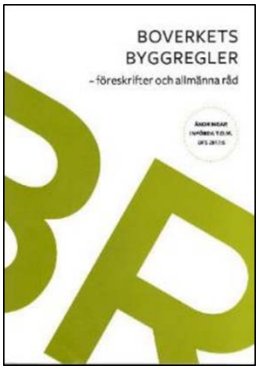
I ett FTX-aggregat med totalluftflödet 1 m^3/s krävs normalt två tilluftsfilter 592*592 mm á 500 kr/st, alltså totalt 1000 kr exklusive moms men med ca 50 % rabatt.

Ett frånluftsaggregat i ett FX-system behöver enbart frånluftsfilter men dessa antas vara lika som frånluftsfiltren i FTX-aggregatet så då bör kostnaden vara lika. I det aktuella projektet Agavägen, Lidingö är nominellt luftflöde 8,3 l/s per filter vilket innebär att det krävs 1000/8,3 = 120 st tilluftsfilter. Bruttokostnaden för dessa ligger vid ca 165 kr exklusive moms vilket motsvarar ca 165*0,5*1,25= ca 100 kr/st med 50 % rabatt inklusive moms. Tilluftsfiltren kostar i så fall 120*100= 12000 kr/år, alltså cirka tolv gånger mer än tilluftsfiltren i FTX-systemet vid filterbyte en gång per år.

5 Primärenergifaktorns betydelse för energiprestanda

Primärenergi är den energi som finns i olika bränslen och andra naturresurser. Denna primärenergi kan sedan omvandlas till el, bensin, osv. Om det krävs 2,5 kWh bränsle eller naturresurs för att producera 1 kWh el blir primärenergifaktorn = 2,5.

I Boverkets ByggRegler, BBR, ska hänsyn tas till energibärarens primärenergifaktor för bygglov som inlämnas efter 2019-01-01. För el gäller primärenergifaktor= 1,6 och för fjärrvärme gäller primärenergifaktor = 1,0. Eventuellt kan primärenergifaktorn för el komma att höjas ytterligare framöver.



Tabell 9:2b Primärenergifaktorer

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

(BFS 2017:5).

Bild 5a. För bygglov som inlämnas efter 1 januari 2019 gäller primärenergifaktorn 1,6 för fastighetesel och 1,0 för fjärrvärme.

Att primärenergifaktor 1,6 ska användas för el innebär att all fastighetsel ska räknas upp med 60% vid bestämning av byggnaders energiprestanda. Eftersom FX-system normalt använder eldrivna värmepumpar för att hämta värme ur frånluft så kommer FX-system framöver att få svårare att klara Boverkets energikrav jämfört med FTX-system.

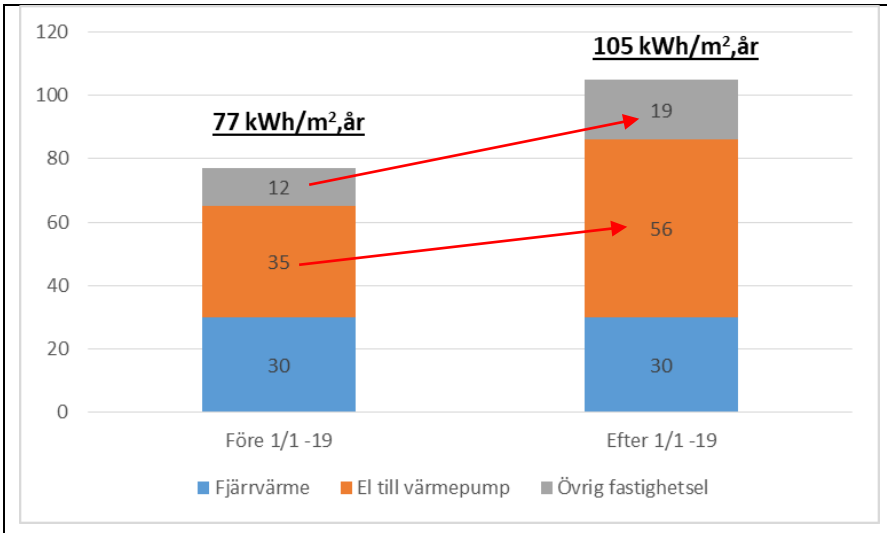


Bild 5b. Exempel på hur energiprestanda räknas upp efter införande av primärenergifaktor 1,6 för fastighetsel.

Det aktuella flerbostadshuset har i nuläget energiprestanda 77 kWh/m² per år.
Efter införandet av primärenergifaktor 1,6 kommer energiprestanda att ökas till 105 kWh/m² per år för denna byggnad med FX-system.

Exemplet i figur 5b visar att energiprestanda för flerbostadshuset ökar med 28 kWh/m² eller 36 % efter införande av primärenergifaktor 1,6 för fastighetsel. Om motsvarande byggnad

istället hade FTX-system bör fastighetselen öka från ca 15 kWh/m^2 per år till ca 24 kWh/m^2 per år, alltså med ca 9 kWh/m^2 per år motsvarande 12 % om energiprestanda före omräkning var lika med FX-systemets (77 kWh/m^2 per år).

Att fastighetselen i FTX-byggnaden uppgår till 15 kWh/m^2 per år i stället för 12 kWh/m^2 per år som gällde för FX-byggnaden beror på att FTX-systemets tilluftsfläkt som antas använda 1 kW per m^3/s vilket med luftflöde 0,35 l/s per m^2 och drifttid 8760 timmar/år motsvarar 0,35*8760/1000 = 3 kWh/m^2 per år.

6 Källor

Enberg, H: Minimikrav på luftväxling. Utgåva 9, 2012.

Epecon projekteringshandbok. Tilluftsdon Epevent. Januari 2015.

Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation. FoHMFS 2014:18. Folkhälsomyndighetens författningssamling.

Linden, P.F. and Sipson, J.E: Buyoncy driven flow through an open door. Air Infiltration Review Vol 6, No 4, 4-5, 1985.

Shaw, B.H. and Whyte, W: Air movement through doorways – the influence of temperature and its control by forced aitflow. Building Services Engineering. Vol 42, 210-218. 1974

Lidwell, O.M: Air exchange through doorways. The effect of temperature difference, turbulence and ventilation flow. Central Public Health Laboratory, London. 1974