The background is a photograph of a modern building with a prominent red facade. In the foreground, there are branches with white flowers, possibly cherry blossoms, which are slightly out of focus. The overall scene is bright and clear.

Förstudie

Innovationsupphandling

Bostads-FTX i flerbostadshus

FTX med Effektiv avfrostning med låg energi-
och effektanvändning

Version: 1

Alla BeBo-rapporter finns att hitta på www.bebostad.se

2022_03

Per Kempe, Margot Bratt, Jens Penttilä

Granskad av: Göran Werner

WSP Sverige, PE Teknik & Arkitektur

2022-12-21

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	3
1. Inledning.....	4
1.1 Syfte och mål	4
1.2 Avgränsning	4
1.3 Genomförande.....	5
2. Förutsättningar och problem.....	5
2.1 Fördelning av energi i energieffektiva flerbostadshus	5
2.2 Fukt i bostäder skapar utmaningar.....	6
2.3 Avvikande luftflöden, luftflödesbalans och tryck.....	7
2.4 Hur fukt påverkar olika typer av FTX-aggregat.....	8
2.5 Verkningsgrad för ventilationsaggregat över året.....	10
2.6 Mätning och analys av luftbehandlingsaggregat i flerbostadshus	11
2.7 Fastighetsägares erfarenheter och önskemål för funktion för FTX- aggregat	14
3. Kravspecifikation	16
4. Förslag på fortsättningsprojekt	16
4.1 Genomförande av tekniktävling.....	17
4.2 Nyttiggörande av resultat.....	19
5. Bilagor.....	21
5.1 Bilaga 1 Luftflödesbalansen betydelse för verkningsgrader och temperaturer	21
5.2 Bilaga 2 – Mätningar av luftbehandlingsaggregat	22
5.3 Bilaga 3 – Mentifrågor workshop – Fastighetsägare.....	25
5.4 Bilaga 4 - Resultat enkät fastighetsägare	28
5.5 Bilaga 5 - workshop 2 – Branschen 2022-12-08.....	37
5.6 Bilaga 6 Kravspecifikation centrala bostads-FTX för flerbostadshus, v.o.9.....	7

Förord

BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) har varit verksam sedan 1989 och är ett nätverk av några av Sveriges mest framträdande fastighetsägare och med Energimyndigheten som finansiär. Huvudinriktningen är att minska beroendet av energi i form av värme och el i flerbostadshus, samt att därmed minska påverkan på miljön. BeBos aktiviteter ska genom en samlad beställarkompetens leda till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknaden.

Denna rapport är en del av en förstudie om ventilation i energieffektiva flerbostadshus som har genomförts inom ramen för BeBos under 2022. Förstudien initierades av BeBo medlemsföretag då ämnet diskuterats bland annat på medlemsmöten. Ett stort tack riktas till alla som medverkat i genomförandet av förstudien.

Sammanfattning

Den tekniska potentialen för energibesparing med värmeåtervinning via FTX-ventilation är stor och lösningen bidrar till ett bättre inomhusklimat. Erfarenheter från installationer av FTX-aggregat pekar på att de inte alltid levererar projekterad och efterfrågad funktion utan använder mer energi än beräknat, både el och värme. Bland annat har påfrysning och avfrostning i FTX-aggregat identifierats som problem, samt att fukten i frånluften är ett större än vad som tidigare förutsatts. Vid ökad avfrostning krävs mer eftervärme vilket leder till en kraftigt ökad energianvändning.

Förstudien har genomförts inom ramen för BeBo för att identifiera bakomliggande problem utifrån ett fastighetsägarperspektiv för flerbostadshus och för att ta fram en kravspecifikation utifrån de problemområden och funktioner som har identifierats för utvecklingsbehov.

Fastighetsägare inom Energimyndighetens nätverk BeBo efterfrågar utveckling och förbättring av bostads-ftx som bättre lever upp till förväntningar om ett robust, energi- och effekteffektivt ventilationssystem.

En beställargrupp av fastighetsägare har varit med och givit sina synpunkter, erfarenheter och identifierat områden för utveckling som gett grund för framtagande av en genomtänkt kravspecifikation som arbetats fram i denna förstudie. Målsättningen är att kravspecifikationen ska utgöra underlag och grund för eventuellt fortsättningsprojekt, där en tekniktävling planeras att startas uppför bostads-FTX i flerbostadshus under 2023.

1. Inledning

Den tekniska potentialen för energibesparing med värmeåtervinning via FTX-ventilation är stor och lösningen bidrar till ett bättre inomhusklimat. Erfarenheter från installationer av FTX-aggregat pekar på att de inte alltid levererar projekterad och efterfrågad funktion utan använder mer energi än beräknat, både el och värme. Bland annat har påfrysning och avfrostning i FTX-aggregat identifierats som problem, samt att fukten i frånluften är ett större än vad som tidigare förutsatts. Vid ökad avfrostning krävs mer eftervärme vilket leder till en kraftigt ökad energianvändning.

Förstudien har genomförts inom ramen för Bebo för att identifiera bakomliggande problem utifrån ett fastighetsägarperspektiv och för att ta fram en kravspecifikation utifrån de problemområden och funktioner som har identifierats för utvecklingsbehov.

1.1 Syfte och mål

Syftet med förstudien är att sammanställa och beskriva fastighetsägares problem med nuvarande systemlösningar för bostads-FTX samt de behov av prestanda, egenskaper och funktioner som behöver utvecklas.

En kravspecifikation har tagits fram i samråd med fastighetsägare som deltar i en beställargrupp i denna förstudie.

Målsättningen är att kravspecifikationen ska utgöra underlag och grund för eventuellt fortsättningsprojekt, där en innovationsupphandling alternativt tekniktävling planeras att genomföras för bostads-FTX i flerbostadshus under 2023.

1.2 Avgränsning

Projektet omfattas inte lägenhetsvisa ventilationsaggregat, då flertalet fastighetsägare väljer bort dessa utifrån att de genererar många servicepunkter som är svåra att komma åt för service och det är enklare för lägenhetsinnehavare att manipulera inställningar för temperatur och doninställningar.

Värmeåtervinningsprinciper för bostads-ftx som denna förstudie avgränsar till är;

- Motströms värmeväxlare
- Dubbel korsströms värmeväxlare
- Roterande värmeväxlare

1.3 Genomförande

Underlag som ligger till grund för problemformulering och kravspecifikation har inhämtats genom:

1. Erfarenheter från projekt inom LÅGAN¹ och Bebo²

Redovisning av mätningar av luftbehandlingsaggregat som genomförts i 100 flerbostadshus under 2021, samt utmaningar och problem som identifierats inom projektet.

2. Workshop samt enkät riktade till fastighetsägare

En workshop har genomförts och enkät skickats ut till Bebos medlemmar och andra intresserade fastighetsägare för att ta del av deras erfarenheter och önskemål av funktionskrav för bostads-FTX. Synpunkter har inhämtats från 13 fastighetsägare vid workshop och åtta fastighetsägare via enkät.

3. Beställargrupp

Kravspecifikation för bostads-FTX har tagits fram tillsammans med en beställargrupp där följande företag och organisationer deltagit: Einar Mattsson, Familjebostäder Göteborg, Familjebostäder Stockholm, Heimstaden, Lundbergs, Stockholmshem, Svenska bostäder, Sveriges allmännyttan och Willhem.

4. Workshop riktad mot leverantörer och andra aktörer i ventilationsbranschen

En workshop genomfördes för att ta del av leverantörers och ventilationsbranschens erfarenheter och synpunkter samt för att stämma av om kraven som tagits fram för bostads-FTX är rimliga. Dokumentation finns redovisad i bilaga 5.

2. Förutsättningar och problem

I detta avsnitt beskrivs problemområden och vilka förutsättningar som är aktuella för framtagande och utveckling av kravspecifikation.

2.1 Fördelning av energi i energieffektiva flerbostadshus

Energieffektiva lufttäta flerbostadshus använder vanligtvis centrala ventilationsaggregat med hög temperaturverkningsgrad mellan 80% och 90%, för att uppnå låg energianvändning för ventilation. Centrala ventilationsaggregat är att föredra för att få färre underhållspunkter och

¹ GLAPPET MELLAN PROJEKTERAD OCH UPPMÄTT ENERGIPRESTANDA Varför och hur minska glappet - felsökning, metoder och arbetssätt, Per Kempe, PE Arkitektur, LÅGAN

² Geotermisk förvärmning, Inventering, analys av mätdata vinter och sommar samt dimensioneringsråd, Bebo

mindre värmeförluster mellan utomhusluftkanaler och avluftskanaler till omgivande inomhusluft.

Flerbostadshus med hög energieffektivitet, köpt energi $60 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år erhåller ungefär följande fördelning på delsystemen varmvatten, fastighetsel och värme:

- Varmvatten (standardiserat brukande, BEN/ Sveby) är $25 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år
- Fastighetsel ca $10 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, varav ca hälften är fläktel ca 5 kWh/m^2 , år A_{temp} .
- Värme ca $25 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, varav icke tillgodogjord VVC-förlust är någon $\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år, vädring $4 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år samt säkerhetsmarginal på energiberäkningen, där många använder runt 10 %. Radiatorsystem och eftervärme för ventilation utgör ungefär $13+4 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år och fördelningen beror primärt på temperaturen i tilluften från ventilationssystemen.

I energieffektiva flerbostadshus är det viktigt att säkerställa hög kvalitet i varje delsystem, eftersom varje avvikelse kan öka energianvändningen. Det är inte ovanligt att den uppmätta (verkliga) värmeanvändningen summerar upp till 50% högre än den beräknade (förväntade) i flerbostadshus. Ventilationsaggregat med en effektiv värmeväxlare som inte är i behov av avfrostning minskar inte bara byggnadens värmebehov utan även behovet av värmeeffekt. Ett lågt effektbehov av fjärrvärme minskar i regel de fasta abonnemangskostnader för fjärrvärme som oftast är effektberoende.

2.2 Fukt i bostäder skapar utmaningar

Luftens fukthalt i flerbostadshus är en utmaning för att upprätthålla ventilationssystemets och dess komponenters funktion och prestanda. Det beror delvis på att fukt i luft är temperaturberoende. Fukt i frånluften genereras från människor, dusch, matlagning, tvätt- och tork av kläder, krukväxter mm. I svenska flerfamiljshus är fuktalstringen ca $2,0 \text{ g/kg}$ luft (varierar över dygnet $1 - 3 \text{ g/kg}$ luft) och beroende på den boendes beteende kan den bli ännu större.

Under uppvärmningssäsongen kommer fukt att kondensera när den möter ytor med lägre temperatur än dagtemperaturen. Om det är övertryck i lägenheterna så kommer fuktig inneluft att läcka ut genom klimatskärmen (väggar, tak, etc.) och kondensera när den möter ytor med lägre temperatur med risk på sikt för fuktskador. Detsamma gäller när detta sker i värmeväxlaren och det kan då även ge påfrysning som påverkar temperaturverkningsgraden hos FTX-aggregatet. Nedan i Tabell 1 visas Exempel på fukthalt i inomhusluften vid olika utomhustemperaturer och med 2 g/kg i fuktalstring i flerbostadshuset.

Tabell 1 Exempel på fukthalt i utomhusluften vid olika utomhustemperaturer och en fuktgenerering på 2,0 g/kg luft i byggnaden ger en relativ luftfuktighet för 21°C frånluft med motsvarande daggpunktstemperatur.

Utomhusluft	0°C, 80%RH	-5°C, 80%RH	-10°C, 80%RH	-20°C, 80%RH
Fukthalt utomhusluft	3,0 g/kg luft	2,0 g/kg luft	1,3 g/kg luft	0,5 g/kg luft
Fukthalt i frånluft med fuktgenerering 2,0 g/kg luft	5,0 g/kg luft	4,0 g/kg luft	3,3 g/kg luft	2,5 g/kg luft
Relativ luftfuktighet 21°C frånluft	32,5 % RH	26,0%RH	21,5 % RH	16,3%RH
Utsugsluftens daggpunktstemperatur	3,9°C	0,8°C	-1,6 °C	-4,9°C

2.3 Avvikande luftflöden, luftflödesbalans och tryck

Luftflödesbalansen i lägenheter påverkar över respektive undertryck och värmeanvändning i lägenheterna samt värmeanvändningen i ventilationsaggregaten. Det behövs god uppföljning för luftflöden och luftflödesbalans för att kunna kontrollera och verifiera ventilationsaggregats funktion, energianvändning och prestanda.

Det är viktigt att ha ett visst undertryck i byggnader för att minska risken att fuktig inomhusluft läcker in i klimatskärmen och kondenserar med risk för fuktskador. Tio procent lägre tilluftsflöde relaterat till frånluftsflödet i varje lägenhet eftersträvas ofta, vilket i ett flerbostadshus med hög lufttäthet ger ett undertryck på ca 5 Pa. Om underskottet blir större ökar undertrycket snabbt och när det överstiger 25 Pa har barn, äldre och andra med nedsatt styrka problem att öppna dörrar pga. att de sugts fast av tryckskillnaden mellan utrymmen. I Tabell 2 nedan visas flerbostadshus värmebehov beroende av kvalitet i injusteringen av luftflödesbalans för respektive lägenhet.

Tabell 2 Flerbostadshus värmebehov beroende av kvalitet i injusteringen per lgh +/- 15% resp. +/- 20%.

Luftflödesbalans	Rad	Ventilation	Totalt
0,95/0,95	8,04	5,61	13,65
0,80/1,10	9,95	5,85	15,81
0,75/1,15	11,92	6,09	18,01

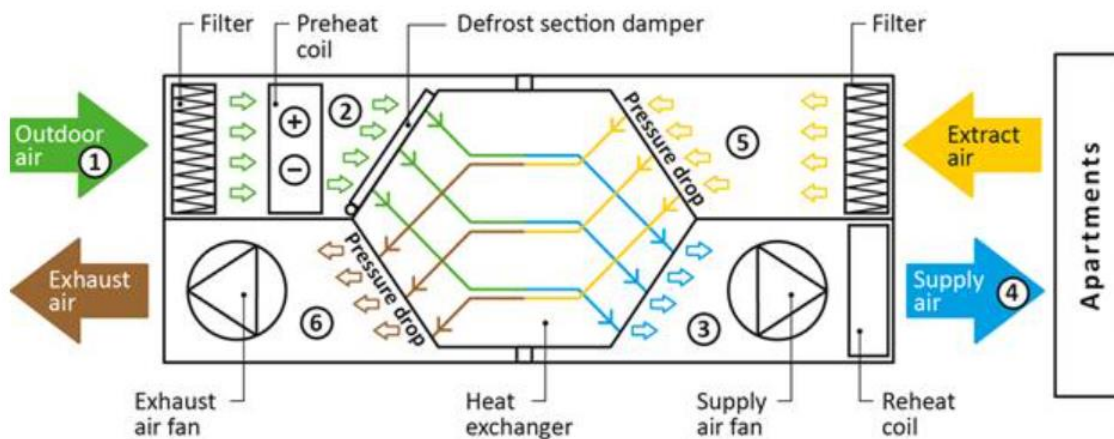
2.4 Hur fukt påverkar olika typer av FTX-aggregat

Ventilationssystem för flerbostadshus med roterande värmeåtervinning fungerar bättre på några områden på vintern jämfört med plattvärmeväxlare, eftersom tekniken har betydligt mindre risk för påfrysning. Roterande värmeväxlare ger en viss fuktåtergång vilket gör att inomhusluften inte blir lika torr under framförallt vintern. En nackdel är att de medför en relativt stor risk för att lukt sprids mellan från- och tilluft. Lukt kan föras över på två sätt:

1. Via luft som läcker över mellan från- och tilluft. Det har varit en aktuell fråga under pandemin där man av Covid-skäl har givit fokus till bättre styrning av trycken i aggregaten för att minska kontaminering mellan luftflöden i ventilationssystemet.
2. Vid för liten renblåsningssektor där luften inte hinner bytas ut "luktpartiklar" som fäster på vvx-ytan och förs över från frånluften till tilluften.

Bostadsventilationsaggregat med motströms- eller dubbel korsströmvärmeväxlare har därför varit att föredra i flerbostadshus för att minska risken för luktspridning. Men värmeåtervinningen behöver avfrostas i större utsträckning, när utomhustemperaturen är kallare än några minusgrader och beroende av temperaturverkningsgrad och luftflödesbalans.

I Figur 1 visas en principskiss för ett ftx-ventilationsaggregat med motströmsvärmeväxlare.



Figur 1 Principskiss av ventilationsaggregat med motströmsväxlare. (1)Utomhusluftens temperatur (T_{Out}); (2)Fövärm� lufttemperatur (om sådan används); (3)Lufttemperatur efter värmeväxlare; (4)Tilluftstemperatur; (5)Frånluftstemperatur; (6)Frånluftstemperatur (T_{Exh}).

Under vintern, när temperaturen på värmeväxlarplattornas yta ligger under daggpunktstemperatur i frånluften, kondenserar frånluftsfukten på värmeväxlarplattorna och fryser.

Värmeväxlare i energieffektiva flerbostadshus har normalt en verkningsgrad mellan 80% och 90% vid luftflödesbalans. Med den temperaturverkningsgraden kommer värmeväxlarens platttemperatur på ute/avluftssidan att bli $\pm 0^{\circ}\text{C}$ eller lägre, när utetemperaturen ligger mellan -1°C till -3°C främst beroende på temperaturverkningsgraden på frånluftssida och den faktiska luftflödesbalansen. Detta ger övervägande risk för påfrysning i värmeväxlaren och ökat värmebehov som följd.

Exempel: För ett aggregat med 80% verkningsgrad, luftflödesbalans 0,9 och 21°C frånluftstemperatur bildas kondens och frostning vid -3°C utomhustemperatur och frånluft med relativ luftfuktighet på 25%. För att förhindra att värmeväxlaren blir full av is och tappar sin funktion behövs en avfrostningsfunktion för att smälta isen i värmeväxlaren.

Framförallt behövs bra avfrostningsfunktioner i luftbehandlingsaggregat för flerbostadshus belägna i norra och mellersta Sverige för att de ska fungera korrekt och energieffektivt. Det gäller särskilt om fuktalstringen är hög i byggnaden. Ju längre norrut byggnaden ligger desto viktigare blir därför valet av utrustning för värmeåtervinning. I bilaga 1 finns mer detaljerad information om flödeseffektiviteten för till- och frånluftvärmeväxling vid olika luftflödesbalanser.

Nedan i Tabell 3 visas byggnadens placering i olika städer och antal timmar med låga utetemperaturer.

Tabell 3 Antal timmar då utomhustemperaturen är under temperaturer har utvärderats för ett normalår för olika svenska städer (Sveby/SMHI 1981-2010).

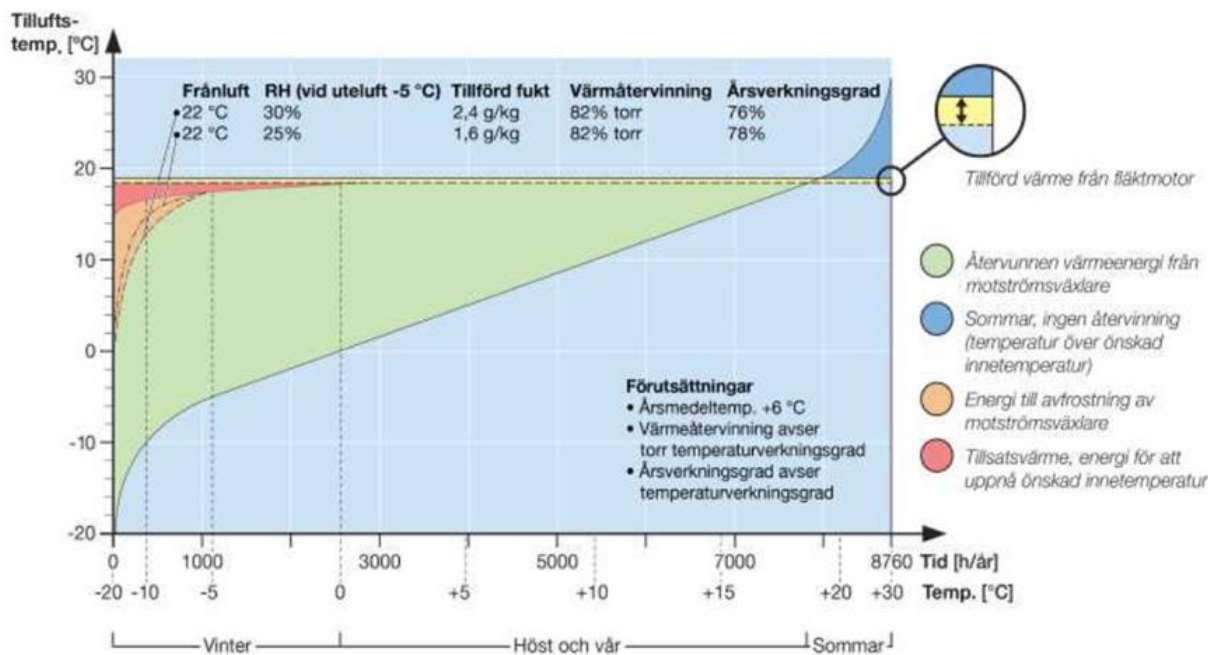
Svenska städer	Utomhustemperatur			
	-1°C	-2°C	-3°C	-4°C
Malmö	480	310	190	100
Göteborg	780	530	340	250
Stockholm	1 300	990	750	590
Örebro	1 730	1 410	1 110	850
Umeå	2 400	2 000	1 700	1 500
Kiruna	4 180	3 850	3 510	3 200

2.5 Verkningsgrad för ventilationsaggregat över året

I Figur 2 nedan visas hur verkningsgraden hos en motströmsvärmväxlare varierar över året³. Ju varmare det är ute desto mindre värme bör återvinnas för att undvika att önskad varm luft inte tillförs till lägenheter. När det börjar bli kallt ute ökar avfrostningsbehovet, vilket tydligt framgår längst upp till vänster i Figur 2. I teorin skulle värmväxlaren kunna generera upp mot 90 procents verkningsgrad, men i praktiken genom avfrostningsproblematiken sjunker verkningsgraden istället avsevärt.

Figur 2 visar också att ju fuktigare inomhusluften är desto lägre blir återvinningsgraden vid utetemperaturer under -7°C, trots att fuktigare luft i teorin innehåller mera energi än torrare luft. Det är i dessa fall endast värt att beakta den torra verkningsgraden, då det i praktiken bara är den som kan återvinnas. Fuktutfällningen genererar vid lägre utetemperaturer endast ett avfrostningsproblem som minskar värmeåtervinningen.

³ Källa: [Avfrostning sänker verkningsgrad \(byggjanst.se\)](http://www.byggjanst.se)



Figur 2 Årsverkningsgrad för motströmsvärmeväxlare. Diagrammet visar hur energianvändningen varierar över året för en motströmsvärmeväxlare. Notera hur behovet av energi för avfrostning ökar drastiskt vid utetemperaturer under -7°C på grund av att frost och is i värmeväxlaren måste avlägsnas.

Vid sommar drift för FTX-aggregat finns och utnyttjas funktioner för t.ex. nattkyla. För dessa driftfall finns ibland problem med att spjäll inte tätar eller att bypass-kanaler har för liten dimension vilket skapar onödiga tryckfall och tvingar luft genom värmeväxlaren. Sammantaget leder dessa problem till att tilluften blir varmare än önskat vilket ger sämre inneklimat än vad som skulle varit möjligt med givna förutsättningar.

2.6 Mätning och analys av luftbehandlingsaggregat i flerbostadshus

Inom två projekt SBUF 14025/LÅGAN⁴ respektive en Bebo-förstudie om geo-förvärmning analyserade mätningar för ca 100 luftbehandlingsaggregat i flerbostadshus i främst Stockholm, Göteborg och Örebro under uppvärmningssäsongen⁵. Uppmätta data tillhandahölls av fastighetsägare och bestod i huvudsak av mätdata med 5- eller 10-minuters samplingsintervall för luftbehandlingsaggregat samt driftbilder för aggregaten, för att veta var respektive temperatur med mera var mätt.

Mätningar av frånluftens relativa luftfuktighet är inte standard utan lades till på ett par av ventilationsaggregat. Mätningarna visar att hög fuktalstring kan vara en utmaning för

⁴ GLAPPET MELLAN PROJEKERAD OCH UPPMÄTT ENERGIPRESTANDA Varför och hur minska glappet - felsökning, metoder och arbetssätt, Per Kempe, PE Arkitektur

funktioner i luftbehandlingsaggregaten vid låga utomhustemperaturer. Därför är det viktigt att mäta frånluftens relativa luftfuktighet samt analysera tidsserier för mätningar från aggregatens styrsystem (temperatur, styrsignaler, luftflöden osv) och utifrån påvisade avvikelser optimera funktionerna i aggregaten.

Mätdata från ett ventilationsaggregat i ett nyrenoverat flerbostadshus visade Luftflödesbalans på 0,82, vilket innebär ca +5 kWh/ m²A_{temp} och år, totalt.

Temperaturverkningsgraden på tilluftssidan var mellan 30 och 40 procent under en längre period, vilket är lågt. En trolig förklaring är att byggnaden haft en hög fuktalstring. RF-mätning för frånluft saknas (sådana finns ytterst sällan i ventilationsaggregat i flerbostadshus), men byggnaden hade hög varmvattenanvändning och området har hög boendetäthet.

Nedan redovisas några av de viktigaste resultaten. I bilaga 2 redovisas mätresultaten i detalj med figurer.

- Ventilationsaggregat fastnade i avfrostning när utomhustemperaturen gick under -5°C, vilket leder till låg effektivitet (30 - 40%) och högt tryckfall, 200 - 250 Pa. Temperaturen efter värmväxlaren sjunker, vilket kräver mer eftervärmningsenergi och värmeeffekt.
- Mycket avfrostning och underdimensionerat eftervärmebatteri kan ge låga returvattentemperaturer från eftervärme, vilket kan leda till att aggregat stannar för att förhindra frysning av eftervärmningsbatteriet.
- För två ventilationsaggregat hade båda en bra avfrostningsfunktion men för långa rör mellan shuntgruppen och eftervärmebatteriet. Då aggregaten fick flera avfrostningscykler nära varandra fick eftervärmesystemet långa tidsfördröjningar så att eftervärmningsbatteriet fick låg returvattentemperatur. Därför stannade aggregatet för att förhindra att eftervärmebatteriet frös.
- Aggregat hade en något för litet eftervärmningsbatteri, vilket ledde till att de inte kunde hålla börvärdet för tilluftstemperaturen under avfrostning. Som ett resultat blev tilluftstemperaturen ett par grader för låg.
- Ventilationsaggregat med förvärmning med fjärrvärme och inget eftervärmningsbatteri använde mycket värmeenergi, när de behövde höja tilluftstemperaturen, vilket berodde på värmeförluster i frånluftskanalen mellan lägenheterna till ventilationsaggregatet. Utan ett eftervärmningsbatteri och behov av att höja tilluftstemperaturen behövs cirka 5 gånger mer värmeenergi till ett förvärmningsbatteri, när den förvärmda luften är över 0 °C.

- Ventilationsaggregatet med sektionsavfrostning som aktiveras när utetemperaturen är under 0°C och en minskning av tilluftsflödet sker när utetemperaturen är under -2°C . I detta fall började frånluftsflödet och verkningsgraden minska på grund av frostning under början på februari då aggregatet stannade pga. att värmeväxlaren hade betydande påfrysning. Idag har avfrostningsfunktionen uppdaterats och ska nu ha god funktion.

Exempel för jämförelse av teoretiskt och uppmätt tilluftstemperatur efter värmeväxlaren: Ventilationsaggregatet är princip i konstant avfrostning under 2,5 veckor med mycket stort behov av eftervärme. Temperaturen efter värmeväxlaren är ca 12°C lägre temperatur en stor del av tiden. Vid ett luftflöde på 1 km/s ger det cirka 14 kW större eftervärmebehov, vilket motsvarar ca $3 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Jämfört med beräknade ca $13 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år för ventilation och transmission. Detta extra effektbehov kan bidra till byggnadens dimensionerande värmeeffektbehov kraftigt ökar, vilket påverkar abonnemangskostnaden.

Ju effektivare en värmeväxlare är, desto större tenderar problemen med påfrysning att bli. Det beror på att fukten i den varma frånluften kondenserar. Under perioder med låg utomhustemperatur fryser kondensatet till is i värmeväxlaren. För att värmeväxlaren inte ska frysa ihop helt och bli obrukbar måste den avfrostas.

Det finns olika tekniker och strategier för att hantera avfrostning, men de har alla gemensamt att under avfrostningen minskar mängden energi som kan återvinnas och aggregatet tappar verkningsgrad. I vissa fall tillförs även energi för att avfrostningen ska gå fort. Avfrostningsperioderna sänker i regel väsentligt den totala energimängd som kan återvinnas.

Nedan följer beskrivning av ett par vanliga avfrostningsfunktioner

- Förvärmning av utomhusluften till -1°C till -4°C , för att undvika kondensering och behov av avfrostning, med geoenergi, fjärrvärme eller elvärme.
- Sektionsavfrostning styrs av tryckfallet över frånluftssidan av värmeväxlaren. Vid avfrostning kan värmeåtervinningen halveras med ökat behov av eftervärme.
- Sektionsavfrostning som styrs av utomhustemperatur med ökat behov av eftervärme, vilket kan kombineras med tilluftsflödesminskning.
- Sektionsavfrostning styrs av utetemperatur och frånluftsfukten med ökat behov av eftervärme, vilket kan kombineras med tilluftsflödesminskning. Frånluftsdagtemperaturen beräknas och jämförs med värmeväxlarens

platttemperatur på ute/avlufftsidan för att kontrollera avfrostningen.

- Vid mycket låga utomhustemperaturer kan en kombination av förvärmning och sektionsavfrostning behövas.
- Optimering av värmeväxlarens design och avfrostningsfunktion / förvärmning krävs för att erhålla en hög årsenergifaktor, litet behov av eftervärme samt låg andel fläktel.

2.7 Fastighetsägares erfarenheter och önskemål för funktion för FTX-aggregat

Här redovisas erfarenheter och önskemål från 13 fastighetsägare som deltog vid en workshop i juni 2022. Frågor ställdes för att få deltagarnas synpunkter på orsaker till att dagens FTX-aggregat inte levererar utlovad funktion vid nyproduktion och renovering, samt vad en innovationsupphandling eller tekniktävling för bostads -FTX bör omfatta. Svaren finns redovisade i bilaga 3 och 4.

Erfarenheter av varför FTX-aggregat inte levererar utlovad funktion vid nyproduktion

- Indata till produktvalsprogram är ofta orealistiska, vilket leder till att beräkningarna inte blir tillförlitliga. Det behövs bättre underlag för att de ska stämma överens med verkligheten.
- Svårigheter vid dimensionering i byggnader med många mindre lägenheter (< 60 m²), där högre luftflöden krävs. Det leder till mer ljudalstring, vilket i sin tur leder till att brukarna manipulerar donen för att det låter för mycket. Ett förslag som kom upp var att placera donen vid fönster eller dörr, då blir ljudet från dessa inte lika tydlig för brukarna eftersom det finns en annan källa som alstrar ljud.
- Flertalet av fastighetsägarna anser att problemen handlar om att förutsättningar inte är utredda i förarbetet, problem med idrifttagning, att funktionerna inte kontrolleras och att uppföljning i löpande drift är eftersatt.

Andra problem vid renovering och ombyggnad

- Platsbrist anges som en betydande faktor vid övergång från F-ventilation till FTX-ventilation, då det behövs mer utrymme för kanalsystem på tilluftssidan.

- Underlag inför projektering och upphandling är bristfälliga.
- Klena kanaldimensioner.
- Svårt att styra placering av don i rotprojekt.
- För att få kontroll över hur energin används framfördes vikten av att mätningar genomförs ungefär ett år före projektering, samt att de kan behöva kompletteras med en ytterligare mätning. Exempelvis kan luftflöden vara för låga innan. När luftflöden och VVC-förluster korrigeras och byggnaden normeras för normal drift kan rätt effekt av åtgärderna redovisas.

Tre viktigaste aspekterna för att få en god funktion för bostads-FTX

De problem som upplevs vara orsaken till att funktionerna i dagens FTX-aggregat inte fungerar som tänkt anser flertalet fastighetsägare kan undvikas genom att säkerställa goda rutiner för det egna arbetet från projektering och upphandling till driftsättning och underhåll.

Brukarnas påverkan på funktionen för bostads-FTX

- Fuktgenerering i lägenheterna är en återkommande faktor men även vädring och att brukarna manipulerar systemen och justerar
- Problem med att brukarna inte rengör donen tillräckligt ofta, att inställningar ändras och att luftbalansen då förändras och byggnadens energianvändning påverkas.
- Stora skillnader på lägenhetsaggregat och centrala aggregat. När brukarna har möjlighet att påverka ändrar de ofta inställningar, exempelvis att de höjer tilluftstemperaturen. En fastighetsägare beskrev att de inte lämnar ut kontrollpaneler till brukare i hus där de har lägenhetsaggregat, utan att det sköts centralt, samt att el kopplas till kyl och frys för att undvika att brukarna försöker styra.

Omfattning av vad en innovationsupphandling eller tekniktävling för bostads - FTX bör innehålla

Här hade fastighetsägarna inledningsvis lite olika uppfattning vad som ska ingå. Vissa ansåg att den ska omfatta själva aggregatet men också ansvar för idrifttagning och funktionsansvar. Andra att det också vore bra att inkludera kanaler och installation i en totalleverans. Diskussionen landade i att det bästa är att bara köra på aggregat och att ha som tillägg att

tillverkarna ansvarar för idrifttagning och energioptimering första vintern med efterföljande kontroll.

3. Kravspecifikation

En kravspecifikation har tagits fram utifrån problemställningar och erfarenheter som inhämtats från fastighetsägare se avsnitt 2 ovan. Samt vid diskussion med leverantörer och andra aktiva i branschen. Kraven som listas utgår från problemställningar och identifierade utvecklingsområden. I bilaga 6 återfinns kravspecifikationen.

Kravspecifikationen uttrycks som funktionskrav och tekniska krav samt behov som fastighetsägaren har. Utgångspunkten har varit att inte låsas in för mycket mot en förbestämd lösning. Tanken är ge frihet till leverantörerna att vara innovativa och komma med förslag på hur behovet i kravställningen kan tillgodoses.

Fortsatt arbete med kravspecifikationen för att ytterligare förfina kravdetaljerna kan behöva göras, främst med kompletterande beräkningar och mätningar för fuktinnehåll i frånluften per timme eller motsvarande tidsperiod över dygnet.

Ambitionen med kravspecifikationen är att den ska kunna utgöra grund för en BeBo och branschstandard som kan användas av alla, medlemmar och icke medlemmar. Detta förväntas medföra att beställarkompetensen ökar genom att fler kan få tillgång till förslag till kravställande och framtagande av upphandlingsunderlag.

4. Förslag på fortsättningsprojekt

I förstudien har det kartlagts och påvisats att det finns problemområden och utvecklingsbehov hos ventilationssystem med FTX-aggregat i flerbostadshus.

Fastighetsägare inom Energimyndighetens nätverk BeBo efterfrågar en utveckling av bostads-ftx som bättre lever upp till förväntningar om ett robust, energi- och effekteffektivt ventilationssystem.

En beställargrupp av fastighetsägare har varit med och givit sina synpunkter, erfarenheter och identifierade områden för utveckling som givit grund för framtagande av en genomtänkt kravspecifikation som skett i denna förstudie.

Ett förslag till fortsättning är att genomföra en tekniktävling för systemlösningar för bostads-ftx med grund i den framtagna kravspecifikationen. Tekniktävlingens syfte blir att stimulera och påskynda teknikutvecklingen på området som underlättar för fastighetsägare att erhålla en bra och väl fungerande ventilationssystemlösning.

Tanken med tekniktävling är inte nödvändigtvis att en fastighetsägare köper och installerar ett nytt system i befintliga flerbostadshus, utan att få den befintliga leverantören att förbättra sitt system så att det matchar fastighetsägarens behov.

Med dessa förutsättningar bedöms en tekniktävling i detta fall vara ett bättre val jämfört med en teknikupphandling. En tekniktävling ger möjlighet att, genom att samla en stor grupp beställare, påverka leverantörernas utvecklingsplaner så att dessa i högre grad stämmer överens med beställarens behov. Dessutom kan fastighetsägare hålla sig uppdaterade inom vilka lösningar och innovationer som finns på marknaden samt bli bättre på att kravställa och ta fram bra upphandlingsunderlag.

Robusta, energi- och effekteffektiva bostads-ftx minskar energibehovet och miljöpåverkan på samhällsnivå samt bidrar till att uppnå organisationens egna energieffektiviseringsmål genom att ge energibesparing. Tack vare välfungerande systemlösningar får fastighetsägare och driftorganisationer möjlighet att hitta rätt driftstrategier och sunda investeringar.

Genom dialog med fastighetsägare och leverantörer kommer den framtagna kravspecifikationen att användas som underlag för tekniktävling där leverantörer utvecklar sina systemlösningar utifrån beställarnas behov. I denna förstudie har intresse visats både från fastighetsägare och leverantörer att medverka i en tekniktävling.

För leverantörerna skulle ett deltagande i tekniktävlingen innebära en möjlighet att nå ut till ett stort antal potentiella kunder och få uppmärksamhet för sina produkter. För deltagande fastighetsägare skapas genom tekniktävlingen en kunskapsbas för systemlösningar som finns på marknaden, hur dessa möter upp den gemensamt framtagna kravställningen och värdefull input till kommande upphandlingar gällande vilka krav som kan ställas i dem.

Grunden i tekniktävlingen är en enhetlig kravspecifikation med krav och önskemål på funktioner baserat på deltagande fastighetsägares behov. Både beställare och leverantörer ser positivt på denna gemensamma kravställning.

Att samla ett stort antal beställare och leverantörer för att tillsammans diskutera behov, krav och vilka insatser som krävs för att utveckla systemlösningar bäddar för ett bättre samarbete och kommunikation. Detta innebär att leverantörerna får större insyn i beställarnas behov och kan ta in det i utvecklingen av sina verktyg och behovsanpassade lösningar. På samma sätt skapas förståelse och insyn hos beställarna vad kravställning och önskemål innebär för leverantörerna i utvecklingen av systemen.

4.1 Genomförande av tekniktävling

En fortsättning med genomförande av en tekniktävling kan göras i förslagsvis fyra delar;

1. Inramning av tekniktävling, tävlingsvillkor och utvärderingskriterier

Genom att samla medlemsföretag och BeBo skapas en stark beställargrupp och ett större incitament för leverantörerna att utveckla och anpassa sina produkter efter just de specifikationer som beställarna efterfrågar, vilken har en god grund i denna förstudies genomarbetade kravspecifikation och önskemål hos fastighetsägare. Utöver det tas tävlingsvillkor fram vars syfte är att utgöra upplägg och ramverk för tekniktävlingens genomförande. Genom diskussioner med beställargruppen och leverantörer förankras tävlingen och blir ambitiös och realistisk samt ger en bra spridning och utlysning i branschen.

2. Tävlingsfas och efterföljande utvärdering

Startseminarium för lansering av tävlingen och dess villkor genomförs för tilltänkta leverantörer. Utskick och spridning av tävlingsinbjudan görs via bransch-tidskrifter och relevanta plattformar och forum. Under tävlingsperioden ges tillverkare tid att utveckla och förfina sina systemlösningar under ca 6-8 månader. Insatser från projektgruppen under tävlingstiden kommer vara att administrera en fråga-svar funktion och utgöra stöd till deltagare genom en expertgrupp. Referensgruppsmöten hålls för planering av utvärderingsfasen.

Vid tävlingstidens slut hanteras inkomna tävlingsbidrag och en inledande granskning och sortering genomförs för att sälla ut bidrag som uppfyller tävlingsvillkoren och kravställningarna. Efter detta sker en fördjupad granskning av en expertgrupp som bereder inkomna tävlingsbidrag för bedömning och poängsättning av en referensgrupp bestående av t.ex. ett urval av beställargruppens samlade tekniska kompetenser. Vinnande bidrag koras utifrån kravställningarnas uppfyllande. Det kommer utses flera vinnare och hedersomnämningen beroende på olika behovsområden hos beställargruppen. Ett slutseminarium genomförs för presentation av kvalificerade och vinnande tävlingsbidrag. Detta görs med fördel i samband med ett större externt event som t.ex. en branschmessa eller liknade.

3. Verifiering och tester av vinnande systemlösningar

Ett urval av vinnande och kvalificerade tävlingsbidrag genomgår tester genom tester i laboratoriemiljö. Detta för att verifiera systemlösningarnas utlovade funktion, driftmetoder och prestanda. Det kan t.ex. vara att kontrollera utformning av VVX-design och avfrostningsfunktion och eller förvärmning av tilluft för att erhålla en hög energi- och effekteffektivitet. Parametrar kan testas praktiskt för att verifiera årsenergifaktor med dygnsvariation på temperaturer och fuktalstring. Då praktiska tester utförda i labb är kostsamma görs ett väl avvägt urval av systemlösningar för detta.

4. Pilotinstallation och driftutvärdering i verklig miljö

Ur verifierade systemlösningar väljs en eller flera ut och i samverkan med en eller flera fastighetsägare genomförs pilotinstallationer av dessa. Syftet är att i ett

verklighetsanknutet fall utvärdera och få erfarenhet i helheten från installationsentreprenaden till verifiering av prestanda i verklig drift. Systemlösningen drifas under en mätperiod med insamling av mätdata via sensorer väl anpassade för analys av aktuell driftparameter och studerat prestandaområde. Analys av mätdata tillsammans med samanställning av genomgåendeerfarenheter ger en god grund för rekommendationer för systemlösning och installationsförfarande.

4.2 Nyttiggörande av resultat

Fortsättningsprojektets primära målgrupp är fastighetsägare (beställare). I första hand riktar projektet sig till beställare, dvs roller inom organisationen som upphandlar och eller ansvarar för fastighetsdrift och då specifikt ventilationssystem för flerbostadshus med ftx-lösning. Roller som berörs är t.ex. energistrategier, upphandlare, energiingenjörer, energikontroller, tekniska förvaltare, drifttekniker och andra som har ansvar över fastighetens tekniska system.

En sekundär målgrupp är leverantörer av ventilationssystem och ventilationsaggregat. Hos leverantörerna riktar sig projektet till roller som står för utveckling och försäljning.

För beställare förväntas projektets resultat leda till en bättre förståelse och kontroll över ventilationssystemets funktioner, egenskaper och prestanda som t.ex. avfrostning, driftfunktioner, värmeåtervinningsprinciper och skillnader i prestanda kopplade till dessa områden. Detta i sin tur underlättar för energieffektiviseringsinsatser. Fastighetsägare kommer att uppdatera sig inom vilka lösningar och innovationer inom ventilationssystem som finns på marknaden. Fastighetsägarna kan genom detta projekt också få en större möjlighet att påverka leverantörernas utvecklingsplaner så att dessa stämmer överens med egna behov.

Ambitionen är att den framtagna och genomarbetade kravspecifikationen i projektet blir en Bebo och branschstandard som kan användas av alla, medlemmar och icke medlemmar. Detta gör att beställarkompetensen ökar genom att fler kan få tillgång till kravspecifikation och leder i sin tur till bättre upphandlingsunderlag.

För leverantörer förväntas projektet leda till en ökad kännedom om fastighetsägares behov och kravställning som leder till mer träffsäkert arbete med utveckling av den egna systemlösningen. Deltagande i tekniktävlingen leder till att leverantörernas system uppmärksammas, vilket kan användas i leverantörernas egen marknadsföring.

Sammanfattningsvis är ett fortsättningsprojektets syfte att, utifrån en genomtänkt kravbild, stimulera och skynda på utvecklingen av systemlösningar för bostads-ftx och funktioner som ökar systemets prestanda och robusthet.

Tekniktävlingen kommer underlätta kommunikation mellan beställare och leverantörer, genom att gemensamma behov från fastighetsägare samlas in och förmedlas på ett tydligt

sätt till leverantörer av systemlösningar för bostads-ftx. Leverantörer i sin tur får en genomtänkt kravbild som kan användas i den egna utvecklingen av systemlösning.

Kravställningen i tekniktävlingen kommer att uttryckas som funktionskrav och beskriva problem och behov som fastighetsägaren har, och inte låsas in för mycket mot en förbestämd lösning. Tanken är ge frihet till leverantörerna för att vara innovativa och komma med förslag på hur behovet kan tillgodoses.

Kontinuerligt under projektets gång kommer kommunikationsinsatser genomföras för att sprida resultat och erfarenheter via BeBo kommunikationskanaler. I nätverken arrangeras kontinuerligt seminarier och nätverksträffar där fastighetsägare och branschaktörer deltar. Specifika seminarier öppna för alla kommer också att arrangeras. Utöver dessa kommer artiklar spridas via branschtidningar.

Projektets resultat kommer således att nå ut till ett stort antal aktörer som kan använda kunskap, resultat och erfarenheter för att själva förbättra sin beställarkompetens gällande systemlösningar för bostads-ftx och därigenom minska sin energianvändning.

5. Bilagor

5.1 Bilaga 1 Luftflödesbalansen betydelse för verkningsgrader och temperaturer

Värmeväxlare i flerfamiljshus har normalt en verkningsgrad mellan 80 % och 90 % vid luftflödesbalans och då kommer $T_{plate} = 0\text{ °C}$, vvx-plåtens temperatur, att ge en utomhuslufttemperatur på -1 °C till -3 °C , främst beroende på frånluftsverkningsgraden och den faktiska luftflödesbalansen.

Tabell nedan visar beräknad idealisk motflödeseffektivitet med olika luftflödesbalanser.

Effektivitet vid balans / Luftflödesbalans		Tilluftsflöde/Frånluftsflöde			
		1.00	0.90	0.80	0.70
70%	EffSup	70%	75%	80%	85%
	EffExt	70%	67%	64%	60%
80%	EffSup	80%	85%	90%	94%
	EffExt	80%	76%	72%	66%
90%	EffSup	90%	95%	98%	99%
	EffExt	90%	85%	78%	70%

Utetemperaturen för att få $T_{platta} = 0\text{ °C}$ (tabell 3) beror på värmeväxlarens effektivitet på frånluftssidan och frånluftstemperaturen, Eff Ext (tabell 2).

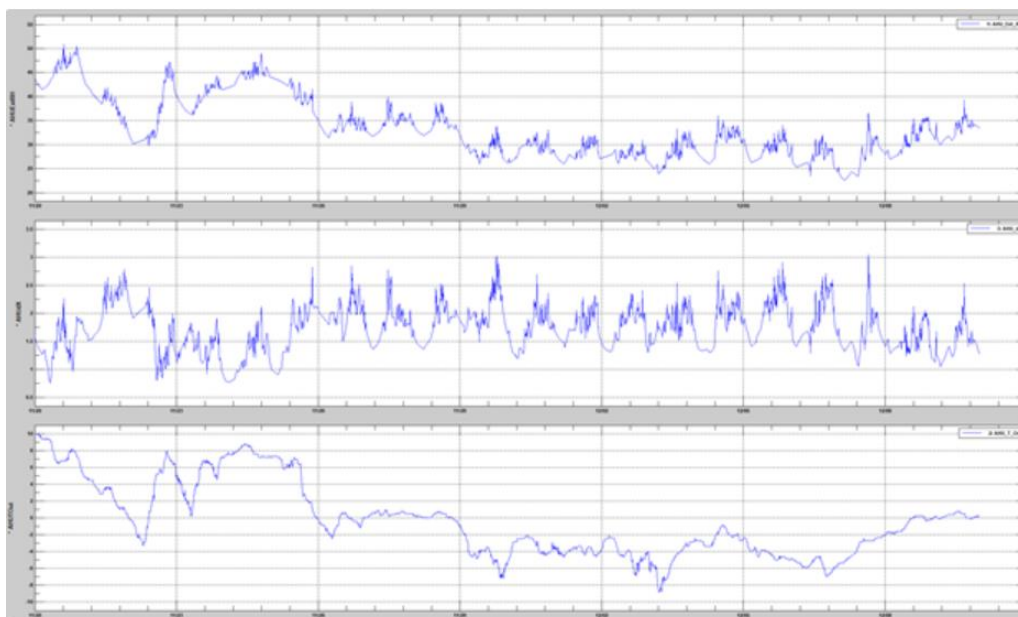
Tabell nedan visar idealisk utomhuslufttemperatur för motströmsvärmeväxlare för att få $T_{platta} = 0\text{ °C}$.

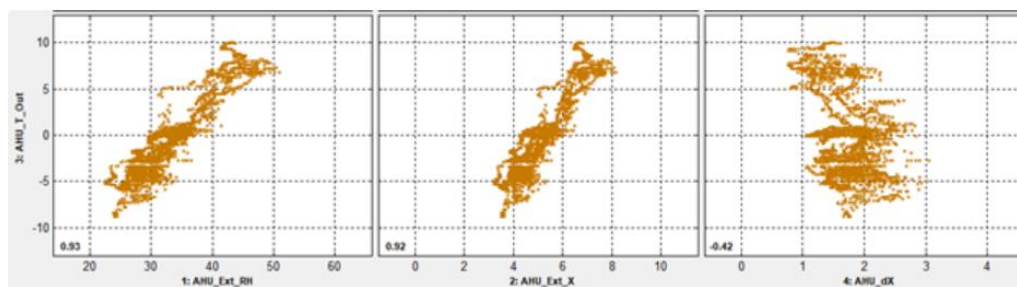
EffExt / Text	21°C	22°C	23°C
65%	-4,5 °C	-4,7 °C	-4,9 °C
70%	-3,7 °C	-3,9 °C	-4,1 °C
75%	-3,0 °C	-3,1 °C	-3,3 °C
80%	-2,3 °C	-2,4 °C	-2,6 °C
85%	-1,7 °C	-1,8 °C	-1,9 °C
90%	-1,1 °C	-1,2 °C	-1,2 °C

5.2 Bilaga 2 – Mätningar av luftbehandlingsaggregat

Mätdata från ett nybyggt flerbostadshus i Göteborg.

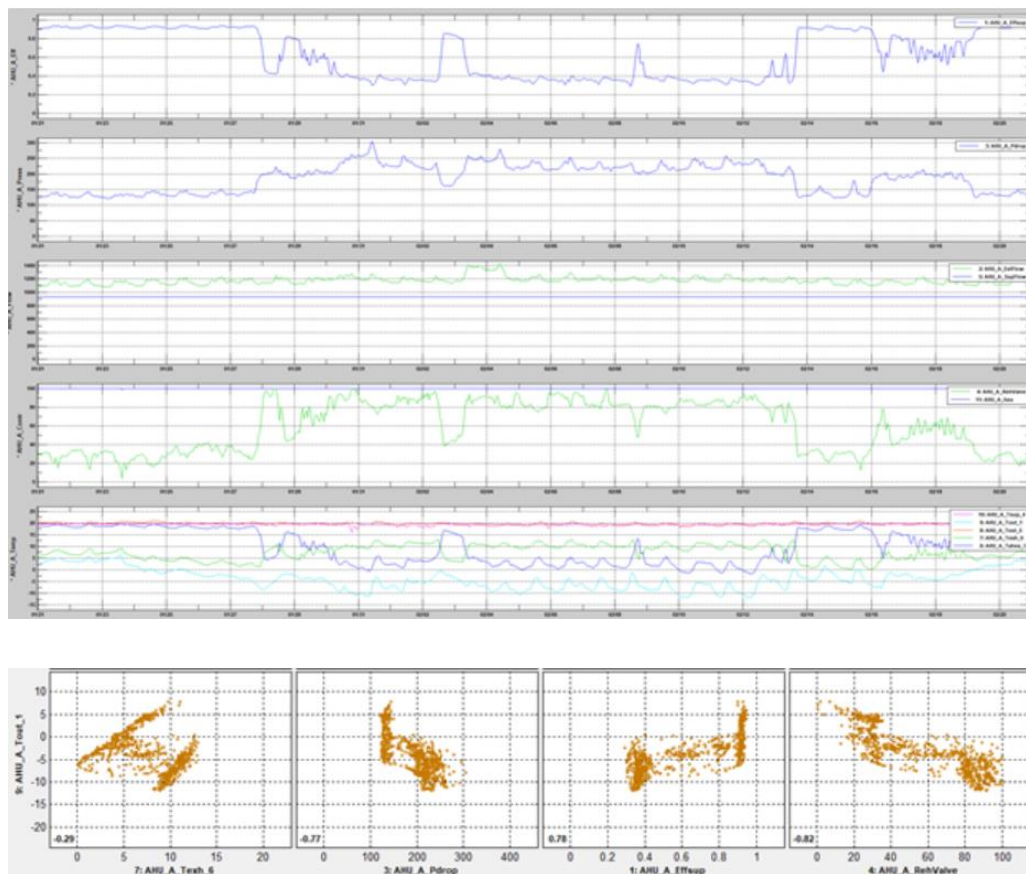
Figur nedan visar Mätning av frånluftsrelativ luftfuktighet, RH, extraktfukthalt, X, fuktgenerering, dX och utomhustemperatur för ett luftbehandlingsaggregat den 20 nov. till 10 dec. 2021.





I figur nedan visas tidsserier med uppmätta 10-minutersdata för frånluftens relativa luftfuktighet, fuktproduktion (extraktfukthalt – tillför fukthalt) och utomhustemperatur med korskorrelationer.

Figur. Mätningar för värmeåtervinningsaggregat A under 21 januari – 21 februari 2021.



5.3 Bilaga 3 – Mentifrågor workshop – Fastighetsägare

(Fråga 1). Vad anser ni är orsaken till att dagens FTX-aggregat inte levererar utlovad funktion vid nyproduktion?

Feldimensionering	Ej rätt luftflöde	Orealistiska värden i produktvalsprogrammen
Idriftsättning	Fukt	Igångkörning och funktioner är ibland inte utredda
Tester utförs på optimala förutsättningar	Uppföljande kontroller	Fel vid driftsättning och för lite uppföljning
Aggregatkörningar bygger på komponent-leverantörernas beräkningar. Få gör riktigt fullskaletest och bygger beräkningar utifrån dem	Brist i injustering, felaktigt driftsatt aggregat, problem med styr	Igångkörning

Tabell 6. (fråga 2) Finns andra problem vid renovering/ombyggnad?

Platsbrist	Dyra kostnader gällande byte till FTX-system	Effektbrist, el
Hyresgästernas lägenheter blir mindre	Tomställning av lägenheter vid större ventilationsentreprenader	Bristfälligt underlag
Klena kanaldimensioner	Platsbrist – svårt att komma fram med ett tilluftssystem – högre fuktalstring	Nya schakt
Placering av don svåra att styra i rotprojekt	Platsbrist samt brandkrav	

(fråga 3) Vad anser ni är de tre viktigaste aspekterna för att få en god funktion för bostads-FTX?

Skötsel – och åtkomlighet av systemen	Reglermetod: från- och tilluft samt utkompenserad reglering, Aggregatplacering, Undvika kalla kanaler i tempererade utrymmen	Idrifttagning, uppföljning, funktionskontroll
Kanaldimensionering, injustering, skötsel	Bra luftföring	Bra dimensionering, bra avfrostning, och bra injustering
Injustering, tryck, isolering i kalla utrymmen	Korrekt idrifttagning, energioptimering av ventilationsaggregaten under vinter, anpassad avfrostning/fövärmning relaterad till fuktalstring i flerbostadshus	Projektering, förutsättning, efterkontroll

(fråga 4) Anser ni att brukarnas beteende påverkar funktionen för bostads-FTX?

Hyresgästerna klagar på att det drar kallt och då höjer vi tilluftstemperaturen	Mer fuktillskott än vi trott från boende	Om brukarna generar stort fuktillskott blir det problem med avfrostning
Manipulering av TF/FF-don	Frånluftsfukt	Fuktalstring, vädring
Vädring	Brukarna uppfattar drag och ljud i lägenheterna, vilket även kan bero på fönster med höga U-värden och upplevelsen kan avta efter fönsterbyte	Vid lägenhetsaggregat (ej centralt ftx) ändras börvärden, kablar dras ut, felanmäler inte alltid vid haverier. Vid central FTX, justering av don

(fråga 5) Vad bör en innovationsupphandling för bostads -FTX omfatta?



5.4 Bilaga 4 - Resultat enkät fastighetsägare

Efter workshopen skickades en enkät ut till Bebo-medlemmarna som besvarades av åtta fastighetsägare. Inledningsvis besvarades frågor där de svarande fick betygsätta olika alternativ från noll till fem, där noll motsvarar att alternativet inte medför några problem och fem motsvarar stort problem. Det fanns också möjlighet att svara med ett eget alternativ under "Annan orsak".

Orsaken till att dagens FTX-aggregat inte levererar utlovad funktion vid nyproduktion

Betygsatta alternativ	0	1	2	3	4	5
Funktioner är ibland inte utredda av fastighetsägaren	2		1	3	1	1
Konsulter har ibland inte tillräcklig kunskap om / förståelse för olika problem i verklig drift	1		2	2	1	2
Feldimensionering	1		2	4	1	
Tester utförs på optimala förutsättningar		1		2	1	4
Fel vid idriftsättning		4		3		1
Bristfällig optimering vid vinterdriftfall	1		1	1	2	3
Uppföljande kontroller	1		1	1	1	4
För lite uppföljning i löpande drift, tex att luftflöden är fel inställda	1	1		1	2	3
Felaktig tryckmätning (avvikelse i nolltryck) ger felaktiga luftflöden om man styr på tryck	1	1	2	2	1	1
Fuktalstring	1	2	1	1	2	1
Avsaknad av mätning för relativ fuktighet i frånluft	1	2	1	2	1	1
Annan orsak					1	1

Fastighetsägarnas svar var relativt jämnt fördelade avseende orsaker till att dagens FTX-system inte levererar utlovad funktion. Flera ansåg dock att ”tester utförs på optimala förutsättningar” är ett stort problem. Även uppföljande kontroller och för lite uppföljning i löpande drift angavs som ett relativt stort problem. Under ”annan orsak” angavs avfrostning som problem. Se *tabell 9*.

Problem vid renovering/ombyggnad

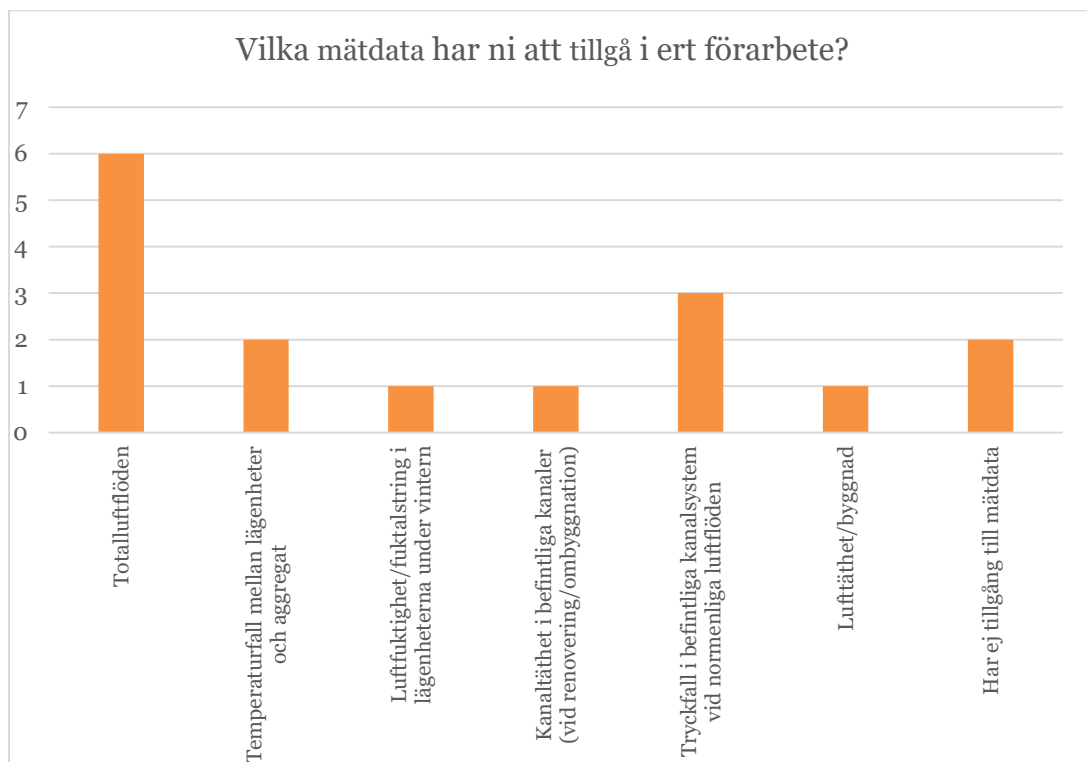
Betygsatta alternativ	0	1	2	3	4	5
Bristfälligt underlag i förarbetet		1	4	3		
Lämplig placering av don	1	1	2	4		
Boende ändrar doninställningar samt bristfällig rengöring av frånluftsdon			1	2	3	2
Platsbrist för nya schakt				5	2	1
Utrymme för tilluftkanaler			2	3	2	1
Klena kanaldimensioner		1	1	2	4	
Placering av don svåra att styra		1		4	1	2
Brandkrav	1	1	4	1	1	
Högre fuktalstring		3	1	2	1	1
Effektbrist, el	5		1		2	
Hyresgästernas lägenheter blir mindre	2	2	3	1		
Tomställning av lägenheter vid större ventilationsentreprenader	1	1	1	4		1
Dyra kostnader gällande byte till FTX-system	1		1	1	2	3
Annat problem	1					

Vid renovering anser flest fastighetsägare att det största problemet är att boende ändrar doninställningar, samt bristfällig rengöring av frånluftsdon. Även platsbrist för nya schakt och dyra kostnader gällande byte till FTX-system anges som ett större problem. Utöver de givna alternativen angavs att det sällan är lönsamt att byta till FTX från annan typ av ventilationssystem om inte andra parametrar, exempelvis radon, vägs in. Se *tabell 10*.

Brukarnas påverkan för funktionen av bostads-FTX

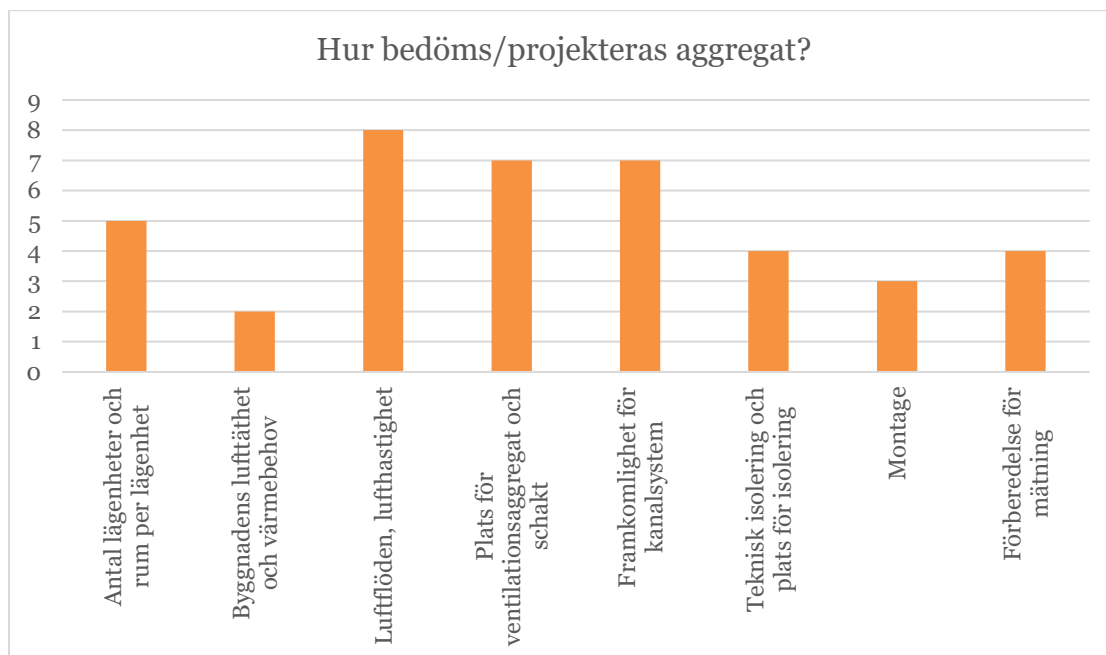
Betygsätt alternativ	0	1	2	3	4	5
Hyresgäster klagar på drag från tilluftsdon, vilket leder till att temperaturen höjs		1	4	1		2
Manipulering av tillufts/frånluftsdon			1	4	1	2
Fukttillskott/fuktalstring		3		3	1	1
Vädring	2		2	2	1	1

Figur nedan, tillgång till mätdata vid förarbete inför upphandling



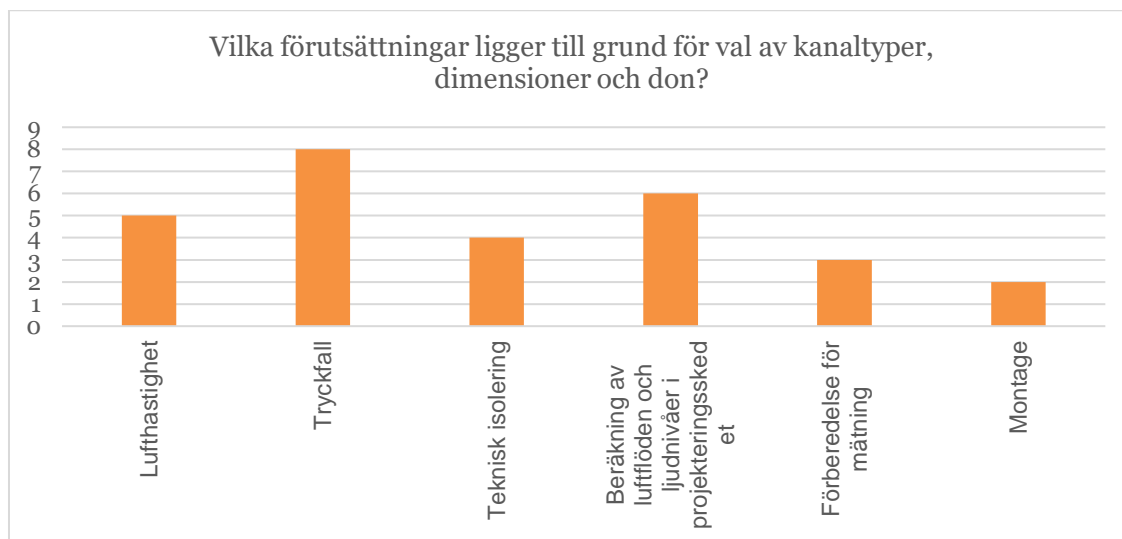
Sju av åtta fastighetsägare anger att de har tillgång till totalluftflöden i förarbetet. Tre personer har även tillgång till information om tryckfall i befintliga kanalsystem vid normenliga luftflöden. Övriga svarsalternativ är mer spridda. Två har angett att de har tillgång till information om temperaturfall mellan lägenheter och aggregat och två fastighetsägare anger att de inte har tillgång till någon mätdata över huvud taget. Resterande alternativ har fått en röst vardera. Under alternativ "Annat" nämns mätdata som verkningsgrad och flöden från uppmätta värden från OVK samt teoretiska projekterade värden från ritning. Se figur 6.

Figur nedan. Bedömning och projektering av aggregat



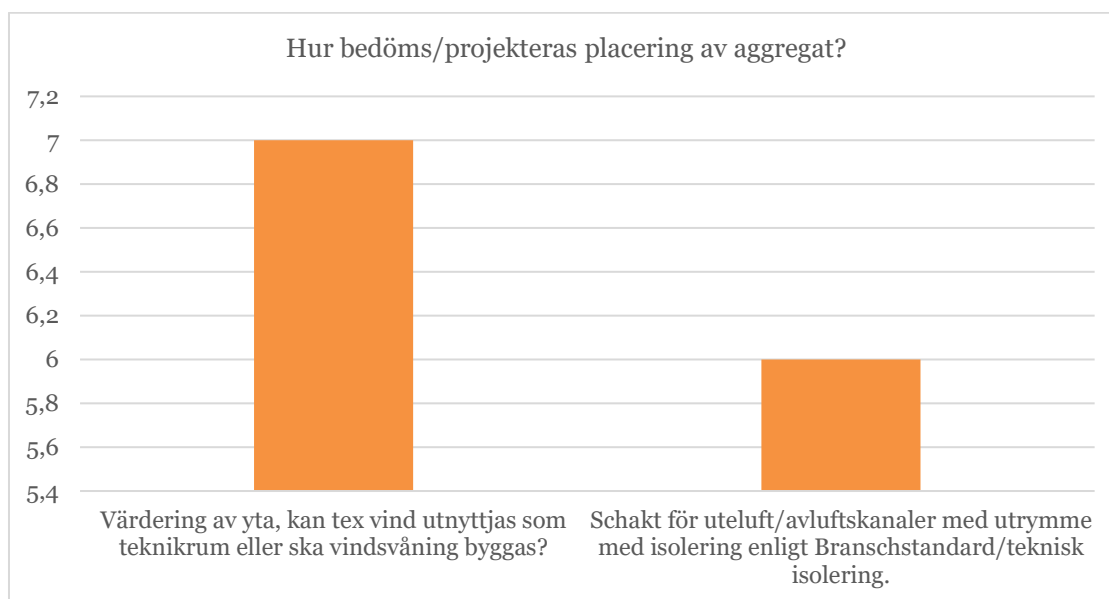
Samtliga åtta fastighetsägare anger att luftflöden är av hög relevans vid projektering av aggregat och sju av åtta anger att plats för ventilationsaggregat och schakt samt framkomlighet för kanalsystem är viktiga vid bedömningen. Ungefär hälften ser också antal lägenheter och rum, teknisk isolering och plats för denna samt förberedelse för mätning, som relevanta för projektering av aggregat. En anser att det är sällan antal rum i en lägenhet spelar någon roll utan att det är kök och WC som är underlag för dimensionering. Se *figur 7*.

Figur nedan. Förutsättningar för val av kanaltyper dimensioner och don



Vid val av kanaltyper, dimensioner och don anser alla åtta fastighetsägare att tryckfall är av hög relevans. En majoritet (6) har angett att även beräkning av luftflöden och ljudnivåer i projekteringskedet samt lufthastighet är viktiga förutsättningar. Ungefär hälften anger teknisk isolering och förberedelse för mätning som relevanta val av kanaltyper, dimensioner och don. Under alternativ ”Annat” nämner en fastighetsägare att denne inte förstår vad val av kanaltyper, dimensioner och don har för relevans för själva FTX-aggregatet. Se figur 8.

Figur nedan. Bedömning och projektering av placering av aggregat



Vid bedömning av placering av aggregat anger sju av åtta fastighetsägare att värdering av yta är viktigt. Det kan exempelvis handla om att en vind kan utnyttjas som teknikrum alternativt för att bygga en vindsvåning. En fastighetsägare anger att de använder befintliga installationsytor och en annan att de undviker placering av aggregat som medför schakt för av- och utluftskanaler. Se *figur 9*.

Vilka krav bör ställas på leverantörer vad gäller aggregat?

Betygsatta alternativ	0	1	2	3	4	5
SFP				2	1	5
Funktion för förvärmning relaterad till fuktalstring	1		1	4	2	
Eftervärmning	1			3	4	
Fukt: Aggregatet ska klara xx % max Rh xx g/m ³ i frånluftskanal	1		1	3	2	1
Ljudklass				1	4	3
Brand		1			3	4
Styrning				1	3	4
Väl fungerande sommarbypass					4	4
Möjlighet till sval tilluft sommartid för att sänka inomhustemperaturen		1		1	4	2
Anpassad avfrostning				1	1	6
Vattenavstötande beläggning på värmväxlarytor som inte spricker vid låga temperaturer	1			1	3	3
Design av VVX-tytor och avstånd mellan VVX-plåtarna för att minska problem med fukt, kondensering och påfrysning				1	2	5

Här har i princip alla föreslagna krav på leverantör angetts som viktiga vid val av aggregat. De alternativ som sticker ut som viktigast är anpassad avfrostning, krav på SFP, design av VVX-tytor och avstånd mellan VVX-plåtar.

Krav att ställa på leverantör vad gäller mätning av fukt, CO₂, luftflöden och temperatur

Betygsatta alternativ	0	1	2	3	4	5
Mätning av: Fukt	1		1	4	2	
Mätning av: CO ₂	1	2	1	2	1	1
Mätning av: Luftflöden					2	6
Mätning av: Temperatur		1			1	6
Annat					1	3

Deltagarna angav i hög grad att mätning av luftflöden och temperatur är viktigast vid kravställning på mätning. Under ”Annat” angavs värmeåtervinning och tryck över värmeväxlare för avfrostning samt mätning av SFP.

Leverantörsansvar

Betygsatta alternativ	0	1	2	3	4	5
Ansvar för idrifttagande	1		1	1	2	3
Ansvar för optimering/injustering	1	1		2	2	2
Garanti kopplat till att funktion är uppfylld efter 2 år i drift?					1	7

Det viktigaste att leverantören ansvarar för var enligt enkätsvaren garantin. Majoriteten av alla deltagare (7/8) ansåg att garanti kopplat till uppfylld funktion efter 2 år i drift var det absolut största ansvaret för leverantören.

Vägledning

Betygsatta alternativ	0	1	2	3	4	5
Vägledning: Förarbete	1	2	2	1	2	
Vägledning: Projektering		1	2	2	2	1
Vägledning: Installation			2		1	5
Vägledning: Idrifttagning			1		2	5
Vägledning: Energoptimering vinterdriftfall			1		1	6
Vägledning: Uppföljning och injustering		1	1		2	4
Vägledning: Drift- och underhållsinstruktioner; frekvens filterbyte, rengöring av värmeväxlare och ventilationskanaler m.m.			2		1	5
Annat						1

På frågan om leverantören ska ansvara för att ta fram vägledning för ovanstående alternativ ansåg en majoritet att det är viktig respektive mycket viktigt. Vägledning för energioptimering vid vinterdriftfall ansåg flest vara viktigast.

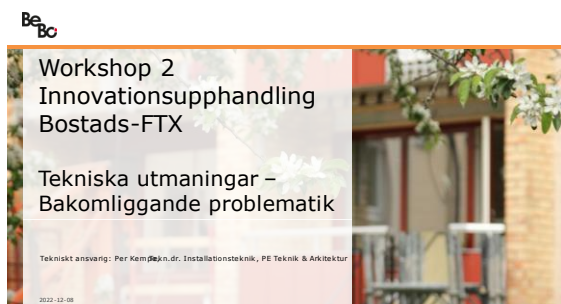
5.5 Bilaga 5 - workshop 2 – Branschen 2022-12-08

Vid workshopen deltog personer från: Enervent Zehnder, Nibe, IV Produkt, Växjö, Funkis, Energirevisor, ERW, Utbildning & Innovation, PE Teknik & Arkitektur, WSP samt elever från STI

Inledning – Göran Werner, Koordinator Bebo (WSP)

Den tekniska potentialen för energibesparing med värmeåtervinning via FTX-ventilation är stor och lösningen bidrar dessutom till ett bättre inomhusklimat. Erfarenheter från installationer av FTX-aggregat pekar på att de inte alltid levererar projekterad och efterfrågad funktion utan använder mer energi än beräknat, både el och värme. Bland annat har påfrysning och avfrostning i FTX-aggregat identifierats som en orsak till den ökade energianvändningen. En förstudie pågår nu inom Bebo där en kravspecifikation för en kommande innovationsupphandling alt tävling för FTX-aggregat i flerbostadshus tas fram tillsammans med en referensgrupp av fastighetsägare. Som del i förstudien analyseras fuktalstring i flerbostadshus med hjälp av mätdata insamlad från fastighetsägare. Resultat från analysen kommer användas för att bedöma hur och om fuktalstring ska beaktas i den kommande kravspecifikationen.

Tekniska utmaningar - presentation av bakomliggande problematik, Per Kempe, PE Teknik & Arkitektur



Bebo Fördelning värme

- Detta betyder att man behöver **god kontroll på luftflödena och luftflödesbalansen i varje lägenhet och för ventilationsaggregatet** att **erhålla en låg energianvändning för flerbostadshuset**.
- Hur värmeenergin fördelas mellan värmesystemet och eftervärmningen av ventilationen (exklusive vädring) med Tav+ (efterlängta avfrostningsfunktion) beror huvudsakligen på ventilationens tillufttemperatur och luftflödesbalansen för ventilationsaggregatet.

Exempel på värmeanvändningens beroende av luftflödesbalans och tilluftstemperatur **20°C**mp och **å**

	Rad+Vent+Tot		Rad+Vent+Tot	
Till/Från	Till 18C	Till 20C	Till 18C	Till 20C
1	9,15+3,26=12,41	6,40+6,53=12,93		
0,9	12,52+1,69=14,21	9,83+4,80=14,63		
0,8	16,46+0,66=17,12	13,81+3,39=17,20		

Till 18C => 20C gör att 3 kWh/kvm,år går från rad till vent

Luftflödesbalans 1,0 => 0,9 ger + 2 kWh/kvm,år

Luftflödesbalans 1,0 => 0,8 ger + 5 kWh/kvm,år



Fördelning av energi i energieffektivt fbh

Flerbostadshus med hög energieffektivitet, köpt energi 60 kWh/m²temp och år erhåller ungefär följande fördelning på delsystemen värmvatten, fastighetsel och värme:

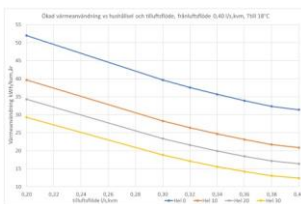
- Värmvatten (standardiserat brukande, BEN/ Sveby) är 25 kWh/m²temp och år
 - Fastighetsel ca 10 kWh/m²temp och år varav ca hälften är fläktel, ca 5 kWh/m²temp och år.
 - Kvarstår till värme 25 kWh/m²temp och år (varav icke tillgodogjörd Vv-brust är någon kWh/m²temp och år, vädring 4 kWh/m²temp och år samt säkerhetsmarginal på energiberäkningen, där många använder runt 10 %.
- Så radiatorsystem och eftervärme blir ungefär 13 kWh/m²temp och år och fördelningen beror primärt på tilluftstemperaturen och luftflödesbalansen. Radiatorsystemet får även täcka vädring 4 kWh/m²temp och år

Ventilation

- Ett **laxt undertryck** önskas i varje lägenhet (25% underröskott på tilluft) för att minska risken att inneluft ska läcka ut i klimateksträmen och att inneluften fukt under vinterhalvåret ska kondensera i klimateksträmen med risk för fuktskador.
- **Luftflödesbalansen ökar värmebehovet** i lägenheterna där uteluft läcker in samt minskar eftervärmebehovet då tilluftverkningsgraden ökar och luftflödet som behöver eftervärma minskar. Totalt ökar värmebehovet för flerbostadshuset

Avvikande luftflöden, luftflödesbalans och tryck

Flerbostadshus värmebehov beroende av total luftflödesbalans resp. hushålls värmebehov beroende av kvalitet i luftflödesbalans på 25% i 10% resp. +750kWh



Luftflödesbalans lgh	Råd	ventilation	Totalt
0,95 / 0,95	8,04	5,61	13,65
0,88 / 1,10	8,95	5,85	14,81
0,75 / 1,15	11,98	6,09	18,07

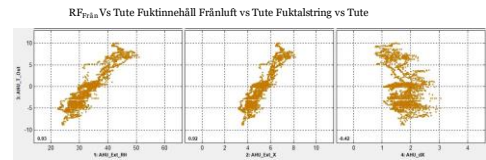
Luftflödesbalansen i lägenheterna påverkar trycken och värmeavledning i lägenheterna samt värmeavvänt i ventilationssystemet.
Större obalans ger större undertryck samt risk att luft sprids i flerbostadshuset
Viktigt att det finns goda möjligheter att justera och mäta luftflödena med bra noggrannhet.
Är styrensystem tillräckligt för efterdragna raksträckt luftflödesmätning?

Antal timmar då värmeväxlarplåten erhåller yttemperatur under 0°C

Antal timmar under normalår som Tute är under 0°C enligt Sveby/SMHI 1981-2010

Ort	Utomhustemperatur			
	-1°C	-2°C	-3°C	-4°C
Malmö	480	310	190	100
Göteborg	780	530	340	250
Stockholm	1300	990	750	590
Örebro	1730	1410	1110	850
Umeå	2400	2000	1700	1500
Kiruna	4180	3850	3510	3200

Exempel på fuktalstring i flerbostadshus - 2



Ventilationsaggregat antas ha antingen rotor, motströms eller dubbel korsströmsvärmeväxlare samt eventuellt med förvärmning.

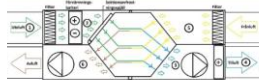
Bostadsventilationsaggregat med rotor fungerar "bättre" på vintern, jämfört med plattvärmeväxlare, eftersom de har betydligt mindre påfrysning och en viss fuktåterföring. Inomhusluften blir inte lika torr under vintermånaderna jämfört med rotor hade tidigare en relativt stor risk för att lukter sprids i flerbostadshuset, men... (Samt vara försiktiga med reducerade luftflöden vintertid)

Bostadsventilationsaggregat med motströms- eller dubbel korsströmsvärmeväxlare har därför varit att föredra i flerbostadshus för att minska risken för luktspredning, men kan behöva avrostning av värmeväxlaren när utomhustemperaturen är under någon minusgrad. Beror på frånluft/RF (Tidag).

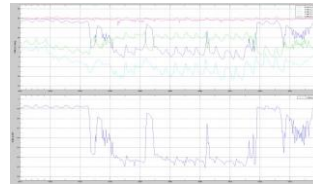
Principiellt ventilationsaggregat med motströms värmeväxlare nedan.

Under vintern, när temperaturen på ytan av värmeväxlarpåsen är under frånluftens dagtemperatur kommer frånluftsfukt att kondensera i VVX och frysa om värmeväxlarpåsen temperaturen är under 0°C. För att förhindra att värmeväxlaren blir en isklump behövs en avrostningsfunktion för att smälta isen i värmeväxlaren.

VVX-plåtens temperatur är ungefär ett medel av temperatur "2" och "5", där "5" beror på bl.a. frånluftverkningsgraden



"Hög" frånluftsfukts påverkan på eftervärmebehovet när kallt ute



I SBUF14025/LÅGAN projekt analyserade bland annat ett stort antal ventilationsaggregat under jan/feb 2021, när det var kallt ute. Nedan visas mätdata från ett ventilationsaggregat i ett nyrenoverat flerbostadshus, vilket troligast har haft en hög fuktalstring (förvärmning från luft saknas och finns ytterst sällan i ventilationsaggregat i fbh), men flerbostadshuset hade hög varmvattenanvändning.

Luftflödesbalans på 0,82 (vilket innebär ca +5 kWh/m²temp och år, totalt för fbh). Temperaturverkningsgraden på tilluftssidan var mellan 30 och 40 procent under en längre period, vilket är lågt.

Luftflödesbalansen betydelse för verkningsgrader och temperaturer

Beräkna idealisk innetemperatur verkningsgrad vid olika luftflödesbalanser.

Temperaturgrad vid balansen i luftflödesbalansen	Tilluftflöde / Frånluftflöde			
	1,00	0,90	0,80	0,70
70%	70%	75%	80%	85%
80%	80%	85%	90%	94%
90%	90%	95%	98%	99%

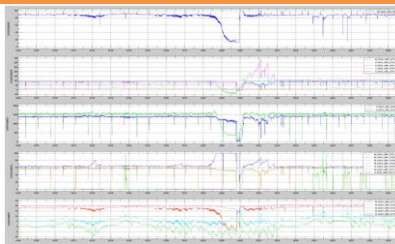
Luft med 2°C, 25% RF har Tdag 0,2

Uteluftstemperatur när vatten blir 0°C vid olika frånluftverkningsgrader och frånlufttemperaturer

Verkningsgrad	Tdag	21°C	22°C	23°C
65%		-4,5°C	-4,7°C	-4,9°C
70%		-3,7°C	-3,9°C	-4,1°C
75%		-3,0°C	-3,1°C	-3,3°C
80%		-2,3°C	-2,4°C	-2,6°C
85%		-1,7°C	-1,8°C	-1,9°C
90%		-1,1°C	-1,2°C	-1,2°C

Värmeväxlare i flerbostadshus har normalt en verkningsgrad mellan 80 % och 90 % vid luftflödesbalans och då fortfarande plåten 0 temperatur, att ge en utomhuslufttemperatur 3°C, främst beroende på frånluftverkningsgraden och den faktiska luftflödesbalansen.

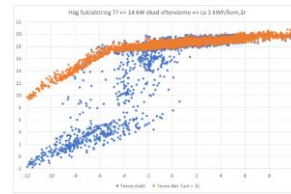
VVX som blev en isklump och FTX som stannade



BeBC Utmaningar - 1

- Det behövs bättre/realistiska indata till aggregatkörningarna
- Viktigt att ventilationsaggregatet driftsätts korrekt samt att det ges tid samt Energioptimering av Bostads-FTX under vintern
- Placering givare, verifiera givare, bra förutsättningar för luftflödesmätningar
- Uppföljning under garantitid (eller annan överenskommen tid, vinterdrift)
- Etervärme: Enkelt att mäta men komplicerat ta fram korrekt teoretisk etervärmsenergi pga luftflödesbalans, tilluftstemperatur, avfrostning, mm ...
- Frånluftsfukt viktig för kondensering och avfrostning, så den bör mätas och fuktalstringen beräknas
- Varför mer avfrostning i verklig drift? Hur kontrollera, verifiera? Fastighetsägare önskar "avfrostningsfri" FTX (läga värmeenergi och värmeeffektbehov)
- Känslighet för höga fukt mängder i VVX som gör att VVX "fastnar" i avfrostning (janfeb 2021)
- Hur beter sig VVX vid en tillfälligt stor fuktlast? Kan vara intressant då fuktalstringen varierar mycket över dygnet t33 gr.
- Indikering av återkommande avfrostningar (kan bero på givarfel, läckande spjäll mm)

BeBC Teoretiskt och uppmätt tilluftstemperatur efter värmväxlaren

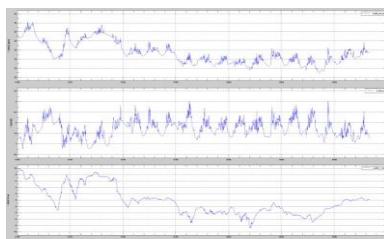


Ventilationsaggregatet är principiellt konstant avfrostning under **25 veckor** med mycket stort behov av etervärme. Temperaturen efter värmväxlaren är **ca 12°C lägre temperatur** en stor del av tiden och ett luftflöde på 1 km³ gör **ca 14 kW större etervärmebehov**, vilket motsvarar **ca 9 kWh/m² och år**.

Jämfört med runt 13 kWh/m² och år för ventilation och transmission.

Detta extra effektbehov kan bidra till byggnads dimensionerande värmeeffektbehov (abonnemangskostnad).

BeBC Exempel på fuktalstring i flerbostadshus - 1



RF Från

Fuktalstring

Utomhustemperatur

BeBC Ett par vanliga avfrostningsfunktioner

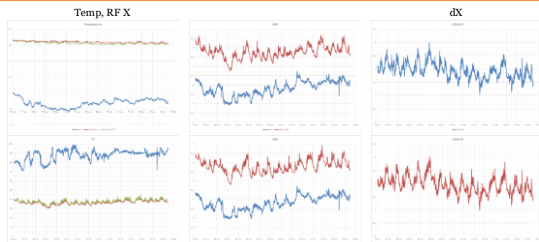
Avfrostningsfunktioner plattvärmväxlare

- **Förvärmning** av utomhusluften med geovärme, fjärrvärme eller elvärme till -4°C, för att undvika påfrysning och behovet av avfrostning. GeoFTX ger möjlighet till förkyllning (sväl tilluft)
- Sektionsavfrostning som styrs **av tryck** lever frånluftssidan av värmväxlaren. Vid avfrostning kan värmeåtervinningen halveras med ökat behov av uppvärmning.
- Sektionsavfrostning styrd **automatiskt** med ökat behov av uppvärmning, vilket kan kombineras med tilluftsfödesmätning, vilket ökar rumsuppvärmningen.
- Sektionsavfrostning styrd av utomhustemperatur och frånluftens luftfuktig **steg** med ökat behov av uppvärmning, vilket kan kombineras med födesmätning av tilluften, vilket ökar rumsuppvärmningen. Frånluftens dagtemperatur beräknas och jämförs med värmväxlarens platttemperatur för att kontrollera avfrostningen.
- Stoppavfrostning ...

Vid mycket kallt klimat kan en kombination av förvärmning och sektionsavfrostning behövas

Optimering av VVX-design och avfrostningsfunktion / förvärmning för att hålla en hög ärsenergi faktor, lågt behov av etervärme samt låg fläktel

BeBC Exempel på fuktalstring i flerbostadshus



BeBC Utmaningar - 2

- Ta hänsyn till luftflödesbalans även vid avfrostning (risk för undertryck)
- Hur tillförlitliga är luftflödesmätningarna? Kvalité på injustering
- Önskvärt att kontinuerligt mäta prestanda och funktion för ventilationen.
- Täthet spjäll: Läckage förbi spjäll påverkar funktionen. Hur verifiera och få bättre kontroll?
- Styrproblem pga mindre lämpliga placeringar av givare (Tute vid geoTX)
- Förluster i befintliga frånluftskanaler påverkar funktion och energianvändning vid renovering
- Rökdetektorer med för låg tgh ger ibland bristande väv under vintern pga felaktig detektering (för låg tgh) så VVX bypassas och betydligt mer värme erfordras.
- Frostvakt/ Fryskydd (GT81) som kan stoppa ventilationen om GT81-temperaturen blir för låg. Om fläkt i drift som skydd mot brandgasutbredning kan den funktionen slås ut. Möjliga orsaker: Underdimensionerad etervärme, för låga VSDen, för långa rör mellan shuntgrupp och etervärmsbatteri, vilka göra att temperaturen GT81 sjunker för mycket när aggregatet byter "driftmode" (normal/avfrostning). Kontroll/analys av larm när det finns risk ...

Fråga och inlägg: Varför utreds eller beaktas inte lägenhetsspecifika FTX-aggregat med närvarostyrning?

Finns det någon sammanställning eller utredning som visar på skillnaden mellan dessa och centralt placerade FT-aggregat?

Svar och diskussion: Avgränsning har gjorts utifrån önskemål från beställargruppen. Det är många fastighetsägare vars byggnader förses med centrala FTX-aggregat.

De allmännyttiga bolagen brukar prata om att lägenhetsaggregaten genererar många servicepunkter som är svåra att komma åt för service och det är också enklare för lägenhetsinnehavare att manipulera inställningar för temperatur och doninställningar.

Förluster i ventilationskanaler är ett problem då det inte ryms kanalisolering. Även vid korta kanaldragningar kan det ge förluster på 3-4 kWh/m² år. Generellt är erfarenheterna att det är mindre förluster med centrala FTX-aggregat. Det är viktigt att frånluftskanalen är välisolerad för god värmeåtervinning.

Det kan vara ett intressant uppslag att titta på lägenhetsspecifika FTX-aggregat i Energimyndighetens nätverk BeSmå där dessa systemlösningar är mer utbredda.

Fråga och inlägg: Mätning av lufttäthet och tätning av kanaler är viktigt vid montage. C-klass uppnås sällan för spirokanalen som ofta ligger på kallvindar. Tyvärr täthetsprovas inte kanaler i den utsträckning som det finns behov av vid nybyggnation. Bör inte den kompletta systemlösningen med FTX-aggregat och tillhörande kanaler inklusive don vara föremål för förstudien och kommande tekniktävling?

Svar: I nuläget omfattas inte förstudien och kommande tekniktävling av montage, utan endast FTX-aggregatet. Systemavgränsning kan göras för kanaler en halv meter från aggregatet. Tätheten på kanalerna har en stor betydelse för att klara efterfrågad funktion för aggregatet.

Fråga och inlägg: Roterande vvx ger partikelåterföring, pga att partiklar fastnar på rotern och kan följa med något/några varv innan den släpper vilket kan bidra till luktöverföring. Denna problematik har också koppling till renblåsningsfunktionen. Kommer denna problematik vara med i förstudien?

Svar och diskussion: Det gäller att kunna säkerställa tryckdifferensens mellan till- och frånluftssidan oberoende av belastning. Det har att göra med om man går på grundflöde eller forcerat flöde med spiskåpor. Problematiken rör mer luftåterföring, inte partikelåterföring.

Med denna bakgrund uppstår frågan om det är rätt kvalitet på luftfilter i aggregatet som fångar upp partiklar innan rotorn. Troligen skulle bättre filter på frånluftssidan före rotorn avhjälpa detta. Idag är filterkvaliteten PM 10, 60%. Det finns mindre partiklar som ändå kan passera som filtren klarar inte luktöverföring.

Genomgång av kravspecifikation – Effektiv avfrostning samt erfarenhetsåterföring och diskussion



Kravspecifikation centrala BostadsFTX för fbh – Effektiv avfrostning med låg energi -/ effektanv.

Punkthus alternativt trappuppgång i lamellhus med 25 till 30 lgh

- Nominellt luftflöde 0,95 / 1,0 m³/s forcering av spiskåpor ger ungefär 30% högre luftflöden 1,24 / 1,3 m³/s (luftflödesbalans 0,95)
- 20+180 Pa externt tryck för tilluft respektive frånluft
- Tilluft ePM1 60 %; Frånluft ePM10 60 % ODA1 eller 2, SUP2 (Rotor: Är det fördel med bättre frånluftsfiltremap luktåterföring?)
- Stockholm och fuktalstring på 2 gr (Dygnsvariation på 1 – 3 gr)
- Tilluftstemperatur 20C 13C (15C) om fastighetsägare önskar spara in eftervärmare. Ger krav på VVX, avfrostning, ev förvärmning
- Systemtemperatur eftervärme ventilation 50 / 30

Ska det ställas hårdare krav på luftfilter för rotor-aggregat i tekniktävlingen?

- Ja, genom att ställa krav på variabel storlek på inblåsningshastighet vid variabel rotorhastighet minskar partikelöverföring.
- Satta krav på filter räcker för rotor. Dock behöver krav på renblåsningfunktionen i ses över

Hur ska kravställningen se ut för att få till funktionen?

Ställa funktionskravet så att aggregatet ska klara en viss nivå på partikelåterföring, leverantören ska visa teknisk lösning och hur kravet kan verifieras.

- Hastighet på rotern och luften genom rotern ska motsvara en omsättning renblåsningseffekt i kanalen – räkneformel för det ska visas
- Temperatur efter eftervärmaren kan ge ett effektunderskott – men i Göteborg används sällan eftervärmare, utan man kör ofta förvärmning med el. För att belysa problematiken ska tillsatt effekt och energi redogöras för.

BeBC Krav - 2

- Fastighetsägare bör ha möjlighet att välja på tre olika typer av VVX Rotor, motströms-VVX samt Dubbla kors-VVX (olika längd, platsbehov)
- SFPe 1,3 1,0
- Verkningsgrad torr >78 % >86% (Ska vi skilja på platt och rotor)
- Viktning av ventilationsaggregatets energianv. (el och värme) (hur ta hänsyn till värmeeffekt?)
låg SFPe värderas högre än hög väv Vikta med BBR/BEN primärenergifaktorerna för fjärrvärme och el
- Optimering av VVX-design och avfrostningsfunktion för att erhålla en hög årsenergifaktor, litet behov av eftervärme samt låg fläktel Behovsanpassad avfrostning med dagtemperaturmätning
- Optimal design (VVX Flänsdelning ????) och styrning avfrostning och /eller förvärmning, för en hög viktad energieffektivitet och låg driftkostnad inklusive värmeeffekt
- Max 10% förändring av luftflödesobalans accepteras under avfrostning
- Sommar drift bypassad värmeväxlare (ej rotor). Temperaturen bör inte vid "nattkyla" öka med mer än 2 grader.
- Läckflöden frånluft till tilluft EATR <1% 0% (är det tillräckligt för att säkerställa en låg luktåterföring)
- Läckflöden Uteluft till avluft OACF <1,11

- Bra att ha med primärenergifaktor – då el är dyrare än värme bör faktorn för el vara högre. 82% verkningsgrad "bättre" än 86% med denna avvägning.

- Varför undersöks inte vätskeburen värmeåtervinning i förstudien?

Påfyllning av fel vätska är vanligt vilket gör att systemet får lägre verkningsgrad. Framförallt i kallt klimat pga. trög pumpad köldbärare. Sammantaget ger detta högre energianvändning.

- Vätskeburen värmeåtervinning tar litet utrymme i anspråk och man slipper problemet med partikelöverföring.

Ja fast vid höga krav på temperaturverkningsgrad kräver återvinningsbatterier större plats. Det handlar fortfarande längdmässigt om 10-12 rör raders djup för en verkningsgrad runt 78%.

- Men det är med glykol som köldbärare. Utveckling av köldmedium borde uppmuntras. Kanske ändå att det finns kluriga personer som kan utveckla och förbättra vätskeburen återvinning.

- De köldbärarvätskor som är "bra" ur energisynpunkt är oftast inte "bra" ur miljösynpunkt. De miljövänliga vätskorna är mer trögflytande, luftflödet sjunker och överföring av energi blir sämre och det är tuffare att få högre verkningsgrader för värmeåtervinningen.
- Hur är det med påfrysning i vätskeburna system?
Ungefär samma som för plattvärmeväxlare.
- Om det går att utveckla de vätskeburna systemen är det en fördel Ni bör ta med vätskeburna systemlösningar i upphandlingen? Temperaturkrav måste ställas även på vätskeburna system om de ska vara med i tävlingen. Någon form av förvärmning krävs i kallt klimat.
- Samma problematik finns hos korsströmsvärmare som är beroende av styr för att fungera bra.

Krav - 3

- Placering givare för representativ mätning temperatur efter VVX, avluft, etc.
- Mätfel temp, luftflöde, RF, tryck (nolljustering)
- Styrning luftflöden Till/Från (alternativt till/fråntryck)
- Option förvärmning (geo/el/fjv)
- Idrifttagning
- Energioptimering
- Beräkning till och frånluftsverkningsgrader (ev begränsning om $(T_a - T_b) > x$)
- Verifiering av funktioner
- Kontinuerlig energi- och effektanvändningsredovisning (Kopplad till överordnad styr)

- All värme som oavsiktligt lämnar byggnaden är en förlust, oavsett hur det uppstått. Energioptimering och idrifttagning viktigast vid installation av FTX-aggregat.
Hur ser det ut med mätning och funktioner hos er leverantörer? Är detta något ni kan tillhandahålla?

- Vi mäter och beräknar verkningsgraden med tillståndet på tilluften, tillståndet och energiinnehållet i frånluften är svårare för att mäta fuktalstring. Däremot

mäter vi avluftstemperatur och den är intressant från perspektivet att all värme som lämnar huset är förlorad värme.

Alla leverantörer av ventilationsaggregat i Norden har rätt så likvärdiga produkter, sen finns små skillnader.

Av tio olika typer av aggregat jag levererat till kunder uppstår ungefär samma läge efter ca 3 år. Inga av de inställningar som fanns vid leverans finns kvar, utan har av olika anledningar ändrats till det sämre. Därför är idrifttagning, uppföljning och energioptimering oerhört viktigt för att spara energi i fastigheterna över tid.

Projektgruppen instämmer helt. Från det perspektivet vore det bra om det gick att få till bra mätfunktioner och visualisering kopplat till övervakningssystemet där driftpersonal enkelt och snabbt kan se pågående fel och korrigera dessa.

- Många aggregattillverkare har kommunikation i styrfunktionen med frekvensomformarna till fläktmotorer där effekt och energi redovisas kontinuerligt. Detta skulle kunna skickas till ett överordnat övervakningssystem. Det som ytterligare kan göras är att rapportera växlarens energiåtervinning som även den mäts kontinuerligt, men där är svårare att få en noggrannhet i mätningen. Bla. problematik att placera givare på ett bra sätt.

Vissa vill endast mäta torr verkningsgrad då fukt i bostäder kan variera mycket.

- Fuktig luft är energirik och då tappas en del av energibesparingen om vi endast tittar på temperatur. Vid Mälardalens högskola visade beräkning att 100% temperaturverkningsgrad endast gav 70% entalpiverkningsgrad vid dessa specifika förutsättningar.

Titta på energiåtervinning – svårt att ställa krav på detta då fukttinnehåll har stor spridning.

- När vi pratar om högeffektiva aggregat finns idag inga ”kalla hörn”. Frånluften som går via värmeväxlaren och möter den kalla luften.

Dyrt att ta fram denna typ av mätning, då mätning måste göras i kanaler och de mätare som finns idag håller inte den kvalitet som önskas, dvs. de ska bl.a. hålla i 20 år. Kostnaden för att ta fram mätutrustning motsvarar inte den kostnadsminskning som genereras och då finns inga incitament. Det handlar om driftfall som är ca 700 h per år av totalt 8 700 h.

- Om fukt och temperaturgivare installeras på till- från- och avluft och luftflöden via fläktarnas energianvändning finns allt underlag som behövs för att beräkna.

- Mätare näst intill omöjligt, endast beräkning möjlig. Mätare kan användas som prognos, i övrigt för stora felkällor.

Utegivare för temperatur fukt samt frånluftsgivare för temperatur och fukt i aggregatet är inga problem. Däremot för givare som mäter tilluftstemperatur är frågan om den kan sitta några meter efter aggregatet i kanalen för att få ett bra värde och samma för avluften. För att veta temperatur efter växlaren behövs en mätare för att få ett bra medelvärde.

Krav - 4

- Ljudnivå ???
- Temperaturkrav fläktar vid "fläkt i drift" (60 min) 70 °C
- Rökdetektering
- Ecodesign
- Eurovent-certifierat
- CE-märkt
- Täthetsklass L2, L1
- Köldbryggor TB2
- Termisk isolering T2
- Mekanisk styvhet D1

- Ange om det är Mod Box eller Real unit. De ska vara certifierade via Eurovent. De fyra sista grupperna i PP-bilderna ska vara certifierade av Eurovent. Måste ange om man avser Modul boxmätning eller real unitmätning.

Vad är skillnaden mellan Modul boxmätning och real unitmätning?

- Med Modulbox byggs en fyrkant som testas. Vid Real unit är det ett helt aggregat som testas med luckor, hål genom batterier. Real unit är det som är intressant. Mätningar görs i labbmiljö.
- Om någon har ett superbra förslag men inte uppfyller skalkrav, hur hanteras det?

Innovationer och bra idéer ska omhändertaras på bästa sätt, men alla grundläggande krav för ventilation måste klaras.

5.6 Bilaga 6 Kravspecifikation centrala bostads-FTX för flerbostadshus, v.0.9

FTX med Effektiv avfrostning med låg energi- och effektanvändning

Anmärkningar (Axy) refererar till tabell nedan (kravspecifikation) där kommentarer till respektive krav och förutsättning redovisas

Tävlingsobjektet är ett flerbostadshus med 25 till 30 lgh i form av punkthus alternativt trappuppgång i lamellhus placerad i Stockholmsområdet (Mälardalen)

Fastighetsägare bör ha möjlighet att välja mellan tre olika typer av VVX: Rotor, motströms-VVX samt Dubbla kors-VVX. Ventilationsaggregaten med olika VVX kommer att kräva olika längd och platsbehov.

Skydd mot brandgasspridning i ventilationssystem skall vara Fläkt-i-drift. Fläktarna skall uppfylla temperaturkravet 70 °C i 60 minuter för att undvika separata brandgasfläktar.

Ventilationsaggregaten skall uppfylla Ecodesign 2018, vara CE-märkt samt Eurovent-certifierade.

Ventilationsaggregatet skall ha optimerad VVX-design och avfrostnings-/förvärmningsfunktion för att erhålla en hög årsenergifaktor, litet behov av eftervärme samt lågt behov av fläktel.

Kravspecifikation

Egenskap, ...	Krav skall och Bör	Anm.
Luftflöden	Nominellt luftflöde (Tilluftsflöde / Frånluftsflöde) 0,95 / 1,0 m ³ /s forcering av spiskåpor ger 30% högre luftflöden 1,24 / 1,3 m ³ /s luftflödesbalans 0,95)	A01
Tryckfall i kanalsystem	20+180 Pa för till- respektive frånluftssidorna	A02
Fuktalstring i flerbostadshus	2 gr fuktalstring i dygnsmedel	A03
Filterkvalité	Tilluft ePM ₁ 60 %; Frånluft ePM ₁₀ 60 %	A04
Tilluftstemperatur	20 °C	A05
Tilluftstemperatur vid avfrostning om eftervärmare saknas	Kortvarigt under avfrostning minst 13 °C helst över 15 °C	A06
Eftervärmebatteri	Skall: Förberett för eftervärmningsbatteri Bör: Eftervärmningsbatteri installerat för systemtemperatur 50/30	A07

Förvärmning	Förvärmning (geo/el/FJV) kan användas för låg total viktad energianvändning	A08
Egenskap, ...	Krav skall och Bör	Anm.
SFP _e	Skall 1,3 kW/(m ³ /s) Bör 1,0 kW/(m ³ /s)	A11
Verkningsgrad torr	Skall >78 % Bör >86%	A12
Läckflöden frånluft till tilluft	EATR Skall <1% Bör 0%	A13
Läckflöden Uteluft till avluft	OACF Skall < 1,11	A14
Luftflödesändring vid avfrostning	Max 10% förändring av luftflödesbalans accepteras under avfrostning	A15
Minimera värmeeffekt	Minimera behovet för avfrostning och behovet av värmeeffekt	A16
Viktad energianvändning för optimering av designen	Vikta med BBR/BEN primärenergifaktorerna för fjärrvärme och el samt använd Svensk Ventilations LCC-beräkning för beräkning av el och värmeanvändning för underlag till viktning av energianvändning	A17
Sommardrift	Fungerande bypass av VVX så att temperaturen vid "nattkyla" inte ökar med mer än 2 grader under "varma sommarnätter"	A18
Egenskap, ...	Krav skall och Bör	Anm.
Styr och nattkyla	Möjlighet att koppla till överordnad styr och att erhålla "nattkyla"	A21
Idrifttagning	Idrifttagning för korrekt/optimal drift	A22
Luftflödesmätningar	Noggrannhet 5%	A23
Styrning av luftflöden	Korrekt luftflödesbalans (styrning/mätning) krävs för att få låg energianvändning. Ju högre krav på låg energianvändning desto större krav på mätning och uppföljning.	A24
Beräkning till- och frånluftsverkningsgrad	Beräkning till och frånluftsverkningsgrad i styrsystemet (eventuellt begränsning om $(T_a - T_b) > x$)	A25
Verifiering av funktioner	Mätdata underlag för verifiering av styrning värmeåtervinning, avfrostning alternativ förvärmning samt eftervärme, vilka ska verifieras under första driftåret.	A26

Energioptimering	Energioptimering första uppvärmningssäsongen av ”tillverkare”	A27
Kontinuerlig energi- och effektanvändningsredovisning	Prestandaredovisning för ventilationsaggregat med möjlighet att presenteras i överordnad styr- och övervakningssystem	A28
Egenskap	Krav på Ventilationsaggregat	Anm.
Täthetsklass	L2	A31
Köldbryggor	TB2	A32
Termisk isolering	T2	A33
Mekanisk styvhet	D2, D1?	A34
	Redovisa ventilationsaggregatets eller hur Ni uppfyller funktion etc.	
Ljudnivå	Luftljud och stomljud från ventilationsaggregatet vid drift enligt normenliga flöden och tryck (2 och 3 ovan)	A41
Placering givare	Redovisa hur Ni placerar givare för representativ mätning temperatur, tryck, flöde.	A42
Mätfel	Redovisa vilka mätfel Ert Ventilationsaggregat har för temperatur, luftflöde, RF, tryck (nolljustering?)	A43
Frostvakt	Redovisa hur Ni minimerar risken att eftervärmarens frostvakt stoppar ventilationsaggregatet	A44
Rökdetektering	Beskriv hur Er funktion för bypassa filter (o VVX) vid rökdetektering	A45

**Kommentarer till respektive krav och förutsättning.
 Se t.ex. krav A45 som har kommentar A45 i tabell nedan.**

A01	<p>Forcering till 1,3 m³/s när boende använder sina spiskåpor. Om system för ersättningsluft vid spiskåpeforcering finns ska även tilluften kunna forcera/öka luftflödet med 30%. Detta innebär att ventilationsaggregatet ska ha luftflödeskapacitet till minst 1,3 m³/s, men det normala luftflödet är 1,0 m³/s.</p> <p>Vid lamellhus ett ventilationsaggregat per trapphus för att minska värmeförluster från kanaler och fläktel från större tryckfall, vilket båda påverkar byggnadens energianvändning. Luftflödesbalans 0,95</p>
A02	Beror på dimensionering av kanalsystemet, men är här satt till 20 + 180 Pa
A03	<p>Normal fuktalstring i flerbostadshus är 2 gr / kg luft (Dygnsvariation 1 – 3 gr/kg)</p> <p>Hur säkerställa en bra funktion för FTX även om det kan bo olika typer av brukare i flerbostadshus, +55, tonårsfamiljer, etcetera.</p> <p>Värmeåtervinningen måste kunna mätas och verifieras för olika utetemperatur, frånluftsfukt, fuktalstring.</p>
A04	<p>Kraven på uteluftsfilter beror på typ av lokal (SUP2) och kvalitet på uteluften (ODA 1 eller ODA2 vid vissa gator i städerna). Tryckfallen på de filter som används i aggregatkörningarna påverkar inte tryckfallet, så mycket så då har valts Tilluft ePM1 60 %; Frånluft ePM10 60 %</p> <p>Känslighet för fukt hos vissa tillverkare som ökar tryckfallet över filtret</p>
A05	<p>Tilluftstemperatur 20 °C ger krav på avfrostningsfunktion</p> <p>Helst bör eftervärmningsbatteriet vara dimensionerat, så att den kan ge tillräcklig eftervärmningseffekt, så att den kan hålla tilluftstemperaturen. Det är viktigt att se till att rörledningarna mellan shuntgruppen och eftervärmningsbatteriet är korta, för att undvika att man kan erhålla svängningar i temperaturerna pga. långa transporttider för värmevättnet, vilket resulterat att frostvakten har stannat ventilationsaggregatet i början av avfrostningscykel pga. av att returtemperaturen från eftervärmningsbatteriet blivit för låg.</p>
A06	<p>Vissa fastighetsägare önskar vara utan eftervärmningsbatteri för att de ligger i södra eller västra Sverige medan andra använder förvärmning för att undvika avfrostningscykler och eftervärme. När fastighetsägare önskar att inte använda eftervärmningsbatteri, för att minska installationskostnaden etcetera ska temperaturen efter vara minst 13 °C helst 15 °C. Detta ger krav på VVX, avfrostning samt eventuell förvärmning</p>
A07	<p>Man bör ha ett eftervärmningsbatteri och helst dimensionera den för lite lägre systemtemperatur då energieffektiva flerbostadshus har låga värmeeffektbehov. Det finns många fördelar med att sänka systemtemperaturen något (exv. 50/30 eller 45/30) Ibland använder man inte eftervärmningsbatteri för att man har dimensionerat för att kunna klara sig utan eftervärmningsbatteri och att tilluftstemperaturen bara tillfälligt blir lite lägre. Men det är vanskligt och när det blir någon brist. Exv. lägre</p>

	frånluftstemperatur till ventilationsaggregatet än tänkt, vilket ger lägre temperatur efter värmväxlaren vilket kan vara svårt att kompensera för om man inte har ett eftervärmningsbatteri
A08	Då huvudsyftet med Geo-förvärmning är att undvika att avfrostningen aktiveras är det viktigt att den är väldimensionerad. Förvärmningsbatteriet skall kunna värma upp inkommande uteluft till några minusgrader, för att ha möjlighet att undvika avfrostning. "Tillverkarna" ska dimensionera ev. förvärmningsbatteriet map Tute och frånluftsRF och ange krav på borrhål, för att minimera avfrostningen
A11	SFPe är för medelvärdet för filtertryckfall (mellanskitiga filter) och torra värmväxlare BBR har för FTX utan kyla kravet 1,5 Många fastighetsägare har kravet 1,3, men för att få ett eleffektivt aggregat bör man sträva mot 1,0. Det är då mycket viktigt att begränsa tryckfallet i ventilationssystemet (SFP är (internt tryckfall + externt tryckfall) / totalverkningsgrad för fläktarna). Befintliga flerbostadshus kan ha högre tryckfall i kanalsystemen samt mindre fläktrum, vilket kan leda till högre tryckfall och därmed högre SFP. Se Svensk Ventilations rapport "Rekommenderade SFP-definitioner med beräkningar och testmetoder". Högre krav på temperaturverkningsgrad ger större VVX med tätare flänsdelning, vilket ger större tryckfall och högre sfp, så det gäller att ta fram en lämplig balans mellan kraven på temperaturverkningsgrad och SFP.
A12	Ecodesign för ventilationsaggregat har ett minimikrav på temperaturverkningsgrad på 73%. Då bostäder har en högre fuktalstring än andra typer av lokaler är ventilationsaggregatets möjligheter att ta hand om kondenserande fukt utan att energianvändningen ökar alltför mycket en viktig egenskap. Högre temperaturverkningsgrad ger även en högre grad av kondensering och påfrysning i värmväxlaren, då värmväxlarplåtens temperatur kommer under frånluftens dagtemperatur. Det ger ett behov av avfrostning för att VVX inte skall bli en isklump. Det finns olika typer av avfrostningsfunktioner samt även de som nyttjar en minskning av tilluftsflödet för att öka avluftstemperaturen. Minskning av tilluftsflödet gör att uteluft läcker in i lägenheterna och skapar ett undertryck samt ett värmeeffektbehov i lägenheterna. Denna luftflödesobalans i lägenheterna ska sättas i relation till lägenheternas täthet. Luftflödesbalansen i lägenheterna bör eftersträvas 0,95 (kräver mycket noggranna luftflödesinjusterings och injusterings) av fuktsäkerhetsskäl. Så det blir ett litet undertryck i lägenheterna, för att minska risken att fuktig inneluft läcker ut i klimatskärmen och kondenserar under vintern. Men luftflödesbalansen bör inte vara mindre än 0,85 för att begränsa det undertryck som kan erhållas i lägenheterna. Undertrycket i lägenheterna kan uppskattas till undertrycket i täthetsprovnings vid (frånluftsflödet minus tilluftsflödet). Viktigt att hitta en balans mellan krav på temperaturverkningsgrad (torr) och SFP, då högre temperaturverkningsgrad ger högre tryckfall => högre SFP.

A13	Det är viktigt vid användande av rotor för värmeåtervinning att reducera risken för att lukter sprids från frånluften till tilluften med rätt trycksättning av ventilationsaggregatet och det ska även ha kvar tryckdifferensen vid varierande belastning/ luftflöden. Läckflöden mellan från och tilluft är det som gör att många undviker rotor för värmeåtervinning för att slippa/ minska problem med luktspridning
A14	Begränsning av hur mycket av uteluftsflödet som läcker över till avluften och som frånluftsläkten får transportera ut med ökad fläktel.
A15	En del avfrostningsfunktioner sänker även tilluftsflödet. Viktigt att det skrivs in att obalans i systemet inte ska uppstå. Om det går att hitta en lösning på avfrostning, där man endast skapar mindre obalans på luftflödena. obalansen ger undertryck i lägenheterna och ett värmeeffektbehov. Max 10% förändring av luftflödesobalans accepteras under avfrostning, för att minska risken för stora undertryck i lägenheterna
A16	Fastighetsägare uttrycker att de önskar "Avfrostningsfri" FTX, dvs med ett litet behov av värmeeffekt/energi. Hänsyn bör tas till dagtemperaturen för att minimera risken för avfrostning. Vid geo-förvärmning är det reduceras avfrostningen och det är viktigt hur geoförvärmningen är dimensionerad. Viktigt att mäta och följa upp dess funktion.
A17	Viktning av ventilationsaggregatets energianvändning (el och värme) lågt SFPe värderas högre än hög våv Optimering av VVX-design och avfrostningsfunktion för att erhålla en hög årsenergifaktor, litet behov av eftervärme samt låg fläktel. Det är viktigt med en optimal design av VVX och styrning avfrostning och /eller förvärmning, för en hög viktad energieffektivitet och låg driftkostnad inklusive värmeeffekt. Det kan vara en fördel med lite större flänsdelning för lägre tryckfall på bekostnad av temperaturverkningsgrad. Det är en avvägning mellan temperaturverkningsgrad, sfp och påfrysning. Påfrysningen beror på brukarnas fuktalstring.
A18	Det finns idag inte en bra funktion för nattkylning, utan fastighetsägare behöver manuell handpåläggning. Vissa tillverkare har stora problem, exempelvis att spjällen inte fungerar riktigt, inte tätar tillräckligt bra eller att by-pass-kanalen har för liten dimension vilket skapar tryckfall och tvingar luft genom växlaren. Detta leder till oönskad temperaturhöjning på tilluften sommardag. Temperaturen bör inte vid "nattkyla" öka med mer än 2 grader inklusive fläktvärme. Följ upp krav innan installation men också under första värmeböljan med mätning/verifiering.
A21	Krav på styr att möjliggöra en god "Nattkyla"-funktion, att kunna nyttja sval nattluft sommardag. Beställargruppen upplever problem med en integrerad styr i aggregaten då det dels kan vara svårt att kommunicera med andra styrenheter i huset (exempelvis fjärrvärmecentralen eller värmepumparnas inbyggda styr), dels att de integrerade styrarna inte går att programmera och därmed kan vara svåra att få ut de funktioner vi önskar (exempelvis nattkyla i flerbostadshus).

A22	Det förekommer att nya ventilationsaggregat inte får korrekt/ optimal drift. Det förekommer otillräcklig kunskap för att få till injusteringen och att ställa in ventilationsaggregatets styr korrekt. Det är även viktigt att alla givare kalibreras/verifieras vid idrifttagningen.
A23	Viktigt att skapa bättre förutsättningar för luftflödesmätningar för att kunna mäta luftflödena med litet fel. Detta är särskilt i nya energieffektiva flerbostadshus.
A24	Konstant tryck eller slavstyra för att få luftflödesbalansen att fungera. Styrning luftflöden Till/Från (alternativt till/från-tryck). Viktigt att luftflödesmätningen visar korrekt flöde då man ofta slavstyr tilluftsflödet utifrån frånluftsflödet. Styra mot 95 % av frånluftsflödet. Frånluft kan tryckstyrning användas för att fånga upp forceringar. Tilluftsflödet slavstyrs mot 95 % av frånluftsflödet för att hålla rätt luftflödesbalans i huset.
A25	Här är viktigt att kunna beräkna för att se att funktionen fungerar som den ska. Viktigt att räkna ut både till - och frånluftsverkningsgraden samt redovisning av båda.
A26	Viktigt att kontrollera att man har erhållit önskade funktioner för ventilationsaggregatet. Hänsyn bör tas till dagtemperaturen för att minimera risken för avfrostning värmeenergi/effekt-behov. Exempelvis kan man hålla koll på hur många timmar per dygn som avfrostningen är igång.
A27	Under första värmeperioden måste avfrostningsfunktionen finjusteras, för att erhålla en optimal drift.
A28	Prestandaredovisning bör läggas in för ventilationsaggregatet. Hur fungerar avfrostningen. Beräkningsmotor i ventilationsaggregatets styr som beräknar energi för drift av fläkt samt vad den ger i kWh värme eller verkningsgrad för att få en totalbild över vad aggregaten faktiskt ger. Detta skall kunna verifieras totalt sett med elenergi och värmeenergi totalt till ventilationsaggregatet. Detta skulle då förenkla felsökning. Bör finnas någon typ av enkel visualisering Kanske visualisera grönt eller rött., tex använda empiriska värden för verkningsgrad/värmeåtervinning användas. Bra att hänvisa till standarder. Rekommenderade SFP-definitioner med beräkningar och testmetoder, Svensk Ventilation nov 2021. SS-EN 308 2022 Värmeväxlare - Testförfaranden för att fastställa prestanda på värmeåtervinnare för luft till luft. Verifiering av funktioner sommar och vinterdriftfall - kontinuerlig energi- och effektanvändningsredovisning. Deltagare i Beställargruppen har testat och testat olika styrning bl.a. AI för att optimera värmeåtervinning vilket erbjuds en tillverkare.
A42	Svårt med givarplacering, dock viktigt att vi får mätning efter varje aggregatdel så man kan se att det fungerar som tänkt. Ofta saknas någon temperaturgivare

	Om tryckgivare inte har automatisk nolljustering kommer "o"-trycket att glida iväg så att man efter något år mäter 20 - 30% fel på trycket, vilket kommer ge en felaktig luftflödesbalans
A43	Frånlufts RF behöver mätas samt inkommande utelufts RF för at kunna beräkna fuktalstringen i flerbostadshuset
A44	Dimensionera eftervärmesystemet för att minimera risken att frostvakten stannar aggregatet, vilket slår ut fläkt-i-drift som skydd mot brandgasspridning.
A45	Tråkigt med falsklarm på fre em. om driften inte är på plats. Då går ventilationen för fullt utan värmeåtervinning till på mån fm. I 90 procent av fallen är det falsklarm enligt fastighetsägare. Går det att få bättre och säkrare funktion på systemet? Måste bedömas av brandexperter