

Förstudie

Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus

Utarbetad av

Per Kempe, Projektengagemang AB

14 september 2014

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 beställar-kompetens leda till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknaden. Energimyndigheten bidrar därför med finansiering och kompetens till BeBo som i sin tur för detta vidare till fastighetsägarna med hjälp av bland annat demonstrationsprojekt som genomförs med hjälp av medlemmarna.

De företag som deltar i beställargruppen ges insyn i de utvecklingsprojekt och andra aktiviteter som Energimyndigheten bedriver. I dialoger med gruppen ges möjlighet att påverka innehåll och inriktning av Energimyndighetens insatser.

Att aktivt medverka till teknikupphandlingar och tävlingar ger medverkande företag verktyg att driva utvecklingen inom det egna fastighetsbeståndet. Demonstrationsprojekt inom ramen för beställargruppens arbete kan genomföras i full skala inom det egna beståndet. Projekten kan samtidigt delfinansieras av Energimyndigheten och eventuella andra organisationer. Samarbetsformen ger företagen bättre möjligheter till riskavlyft och erfarenhetsutbyte i utvecklingsarbetet.

Beställargruppens gemensamma aktiviteter ger även en starkare påverkan på leverantörer och entreprenörer på marknaden. Medverkan i beställargruppen är ett effektivt sätt för deltagarna att i praktiken förbereda sig på, men ger också möjlighet att påverka, nya krav från staten och EU.

INNEHÅLL

Förord	2
Innehåll	3
2 Sammanfattning	5
3 Bakgrund	8
4 Syfte och Mål	8
5 Metodik	8
6 Litteraturstudie	9
6.1 RR-projekten och övriga BEBO-projekt	9
6.2 Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet	10
6.3 Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus	12
6.4 Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning i flerbostadshus	13
6.5 Installationssystem i energieffektiva byggnader - förstudie	15
7 Intervjuer med projektorganisationer och förvaltare	17
7.1 Intervjufrågor	18
7.2 Sammanställning av brister och erfarenheter som framkom under intervjuerna	19
8 Mätning och verifiering	36
8.1 Uppföljningsprogrammet för NNE-byggnader (SP)	36
8.2 Sveby Energiverifikat och Energiavtal	38
8.3 Sveby Mätföreskrifter	40
9 Energi- och driftuppföljning	41
10 Teoretisk Analys av värmeåtervinning ur frånluft samt förvärmning	44
11 Slutsatser	46
12 Förslag på fortsatt arbete	47

Bilaga 1	PPT-presentation, förstudien medlemsmöte 14 Maj 2013	48
Bilaga 2	Teoretisk analys av möjlig värmeåtervinning med FVP	50
Bilaga 3	FTX: Teoretisk analys av avfrosthingsfunktionens betydelse för energiprestandan	53
Bilaga 4	FTX: Analys av förvärmningens minskning av värmeenergi och värmeeffekt	58

2 SAMMANFATTNING

Erfarenheter från många om- och nybyggnader av flerbostadshus visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda. Främst är det brister inom installationssystemen, värme- och ventilationssystemen. Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energianvändning pga. att man inte har ett mätdatasystem eller inte har fått igång mätdatasystemet.

Förstudien fokuserar både på rent tekniska fel, varför och när i processen de uppstår samt vad man kan göra för att minska risken för de tekniska felen. Felen kan bero på undermåliga upphandlingsunderlag, projekteringsfel, utförandefel, undermålig idrifttagning, samt dålig möjlighet att följa upp funktionen hos delsystemen. Dvs. man har ett antal "zinkgrå" lådor i flerbostadshuset, som man *TROR* har viss funktion och energiprestanda. Har man inga mätvärden, vet man inte hur de fungerar och kan inte ha en konstruktiv diskussion, för att åtgärda ev. funktions- och energiprestanda-problem hos installationssystemen.

Om man endast har en energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man bara konstatera vilken energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Har man energiuppföljning på den energi som olika delsystem använder kan man se att ett delsystem använder för mycket energi, men troligast inte orsaken. Har man en detaljerad energi- och driftuppföljning kan man analysera hur de olika systemen fungerar, diskutera med driftansvarig samt ge förslag på hur man kan korrigera problemet, som försämrar energiprestandan och installationsystemens funktion. Dock måste man tänka på kostnaderna för mätdataanalysen och helst automatisera. Man kan inte använda för många mantimmar för analysen förutom initialt, för då blir kostnaden för hög.

Projektens funktions- och energiprestandakrav skall följas upp och i tidigt skede skall det beskrivas hur de skall följas upp, så att mätare och givare projekteras in på rätt ställe. I slutet av projekteringen verifieras att mätare och givare är korrekt inritade. Vid idrifttagningen verifieras mätarna och givarnas funktion samt besiktningsmannen kan använda mätdata från mätarna och givarna för att verifiera funktionskrav vid slutbesiktningen.

Det finns en stor problematik med att inte kunna hålla tidplanen i slutet på projekten. När det är tre månader kvar till inflyttning spikas tiderna för slutfasen av projektet. Blir då byggaren försenad i sina avslutande arbeten, så att slutstädningen skjuts fram blir idrifttagningen försenad. Men slutbesiktningen går inte att flytta, för några veckor senare flyttar hyresgästerna in och man måste ha slutbeviset, för att de boende skall få flytta in. Så installatören kan tvingas göra fyra veckors idrifttagning och samordnad funktionsprovning på mindre än en vecka. Detta påverkar givetvis kvalitén på idrifttagningen och den samordnade funktionsprovningen. Installatörens fokus blir att lyckas få godkänd slutbesiktning, inte att göra ett bra jobb med idrifttagning och samordnad funktionsprovning, för det finns det ingen tid till.

Det finns det väldigt lite skrivet om idrifttagning, men ett exempel är BFR-rapporten R42:1990 "Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet", Bengt Wånggren. Enligt BFR-rapporten hittades 61 % av felen genom omfattande mätningar och dataanalyser samt 19 % från boendesynpunkter. Rapporten innehöll fem rekommendationer: Utgå ifrån att alla byggnader innehåller fel, Ge installations- och energifrågan större vikt genom hela projektet, Analysera funktionen för de projekterade systemen, Funktionskrav verifieras under idrifttagning och drift, Mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen.

BEBOs Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem till befintliga flerbostadshus av Åsa Wahlström visar på problem att erhålla bra drift från början utan att det behövs ganska mycket tid för idrifttagning, men även lite vidareutveckling, för att erhålla en acceptabel funktion på värmeåtervinningssystemen.

SBUF-rapporten Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning i flerbostadshus visar på metoder utifrån loggning av normalt förekommande givare och mätare säkerställa avsedd energiprestanda och installationernas funktion.

SBUF-rapporten Installationssystem i energieffektiva byggnader – Förstudie visas att detaljerna är viktiga i energieffektiva byggnader. Saker man försummar (inte tar hänsyn till) i BBR-byggnader kan få stor betydelse i energieffektiva byggnader.

Tyvärr så är läget för idrifttagning inte förbättrats speciellt mycket på 25 år (sedan BFR-rapport R42:1990), men idag finns betydligt bättre möjligheter att mäta och analysera bara byggherrar och entreprenörer inser behovet, så det blir del av entreprenaderna. Sveby energiverifikat och "Energiavtal 12" är sätt att få mer fokus på energifrågan. Det gäller att entreprenörerna inser att det finns pengar att spara på att ha en bra idrifttagning och energiuppföljning. Idrifttagningen av installationerna ligger i slutet av projektet, när det är ont om tid och pengar, vilket kan resultera i bristfälliga idrifttagningar. Entreprenören fixar till någorlunda och hoppas på att det skall gå igenom slutbesiktningen.

Då det finns väldigt lite skrivet om idrifttagningsproblematiken och idrifttagningen i BEBO-projekten har varit dåligt dokumenterade i rapporter, så har en stor del av förstudien blivit intervjuer av nio projekt- och/ eller förvaltarorganisationer från BEBO-företag, sammanlagt 30 personer.

Exempel på problem är FTX-aggregatens avfrosthingsfunktion, som ofta fungerar dåligt, vilket ökar energianvändningen, men även värmeeffektbehovet, vilket påverkar abonnerad värmeeffekt. När det gäller FVP finns många fel i projektering, installation och styrning, fel placerade givare och fel injusterade flöden i värmesystem. Generellt gäller att det ofta är stora läckage i befintliga frånluftskanaler i äldre flerbostadshus. Dessa problem finns bl.a. dokumenterade av Åsa Wahlström i teknikupphandlingsprojektet "Värmeåtervinning i befintliga flerbostadshus". I bilaga 2-3 finns några beräkningar redovisade på möjlig VÅV för FTX och FVP samt avfrosthingsens betydelse.

HSB har installerat förvärmning av uteluften till ventilationsaggregatet (HSB-FTX) i två projekt, som nu har varit i drift en uppvärmningssäsong. Så snart har Roland Jonsson, HSB erfarenhetsdata. Bilaga 4 visar en beräkning på förvärmningens betydelse.

3 BAKGRUND

Erfarenheter från många om- och nybyggnader av flerbostadshus visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda och funktion. Främst är det brister inom installationssystemen och då främst värme- och ventilationssystemen.

Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energianvändning. Brister i idrifttagning, energiprestanda och installationernas funktion är inga nya problem. Dessa var orsaken att Stockholmsprojektet startade ett drifttagningsprojekt, som finns redovisat i en BFR-rapport 1990.

4 SYFTE OCH MÅL

Syftet med förstudieförslaget är att kartlägga vanliga fel och brister samt varför de uppstår. Studien ska fokusera både på rent tekniska fel, varför och när i processen de uppstår samt vad man kan göra för att minska risken för de tekniska felen.

Målet är ge ett underlag för att utveckla effektivare metoder och rutiner beträffande idrifttagning, driftanalyser och driftövervakning samt en plan för att testa detta i några utvalda pilotprojekt t.ex. två ombyggnadsprojekt och ett nybyggnadsprojekt.

5 METODIK

Förstudien är uppdelad i fem delar litteraturstudie, intervjuer, mätning och verifiering, energi- och driftuppföljning samt en teoretisk analys av VÅV för FTX och FVP.

Först kartläggs orsaker till vanliga fel och brister genom:

- Litteraturstudie från utvärderade BEBO om- och nybyggnadsprojekt samt andra erfarenheter från relevanta BeBo-projekt.
- Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus
- Intressanta rapporter från BFR och SBUF
- Intervjuer med BEBO-medlemmars projektorganisationer och förvaltare

Angående mätning och verifiering studeras:

- Uppföljningsprogrammet för NNE-byggnader (SP)
- Verifieringsarbetet och Mätföreskrifter från Sveby

6 LITTERATURSTUDIE

6.1 RR-projekten och övriga BEBO-projekt

Det finns väldigt lite skrivet om idrifttagning i BEBO-rapporter. Nedan är några exempel:

Inget uppföljningssystem, så då har man svårt att se varför FVP inte ger den besparing som man har beräknat.

Bra ambitioner på uppföljning etc., men ingen som arbeta med uppföljningen.

Erfarenheter från pågående uppföljning av RR-projekt. Många har problem att automatiskt samla in mätdata, man har fel skalfaktorer på mätare, etc. Man fick inte igång mätdatasystemet i entreprenaden och man vill inte röra systemen under garantitiden. Så ofta blir det manuell avläsning med manuell inmatning av mätdata (månadsvärden) trots att det finns möjlighet att automatiskt samla in mätdata om man skulle få igång de systemen. Vid manuell avläsning och inmatning blir det mycket fel, som försvårar analys av hur systemen fungerar.

Det finns några andra BEBO-projekt som tittat på delar till ett uppföljningssystem. Dels har man studerat en systemplattform med ett öppet system som nyttjar styrsystemets OPC-server (standardiserad databas för styrsystem). Men även har man haft projekt som tittat på IMD.

6.2 Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet

Rapporten är BFR-rapport, R42:1990 av Bengt Wånggren.

Stockholmsprojektet genomfördes under 80-talet och de jämförde olika sätt att bygga energisnåla flerbostadshus. Nya byggmetoder och installationssystem testades i sex byggnader. Det man testade var dels förbättring av befintlig teknik, men även relativt ny avancerad teknik och detta utvärderades av EHUB (EnergiHushållning i Byggnader) på Kungliga Tekniska Högskolan. När de började analysera mätdata från de första byggnaderna upptäcktes stora skillnader mellan verklig och avsedd funktion hos många av installationssystemen. Det var det som gjorde att idrifttagningsprojektet startades upp.

Drifttagningsprojektets arbete startade efter slutbesiktningen och med hjälp av aktiv idrifttagning och boendesynpunkter hittades en stor mängd av "fel". Med aktiv idrifttagning avser de omfattande analys av insamlade data, tester och mätningar ute i anläggningen.

Några intressanta resultat från rapporten:

- Projekteringsfelen upptäcktes med hjälp av aktiv idrifttagning. En anledning till att man inte observera detta i slutbesiktningen är att besiktningen är mot projekterade handlingar.
- De flesta utförandefelen upptäcktes även de med aktiv idrifttagning.
- Stockholmsprojektet hade säkerligen inte fler fel än andra projekt utan snarare har man inte upptäckt felen i andra projekt, då man inte har haft tid och möjlighet att jobba med en aktiv idrifttagning.
- En mycket stor del av de dokumenterade felen i Stockholmsprojektet upptäcktes med aktiv idrifttagning. Detta tyder på behovet av en utökad idrifttagning i alla nya byggnader är stort.

Med hänsyn till konsekvensen på olika fel anger de i rapporten:

- En metodisk aktiv idrifttagning med analys av insamlade data från mätningar i installationssystemen och en aktiv idrifttagning ute i anläggningen har en stor inverkan på energiförbrukningen. Mer än 90 % av "energivikten" har hittats med hjälp av metodisk idrifttagning, antingen genom dataanalys av insamlade mätvärden eller genom att vara ute i anläggningen för funktionskontroller eller andra besök.
- De fel som ger dålig komfort upptäcktes lättast om man samlar in de boendes synpunkter. Detta följdes upp med mätningar ute i byggnaderna.

Felen i Stockholmsprojektet upptäcktes med hjälp av:

- Aktiv idrifttagning: Dataanalys och Test & Mätning 61 %
- Boendesynpunkter 19 %
- Larmer 9 %
- Slumpen 8 %
- Övrigt 3 %

Orsaken till de fel som upptäcktes i Stockholmsprojektet:

- Projekteringsfel 27 %
- Utförandefel 30 %
- Material & komponentfel 29 %
- Injustering & Drift 14 %

I rapporten ges följande rekommendationer för att minska antalet fel i installationssystemens funktion och energiprestanda:

- Utgå från att alla byggnader innehåller fel
- Ge installations och energifrågan större vikt genom hela projektet
- Analysera funktionen för de projekterade systemen
- Funktionskrav verifieras under idrifttagning och drift
- Mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen

6.3 Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus

Denna intressanta teknikupphandling finns rapporterad av Åsa Wahlström, dec 2013. Teknikupphandling är mycket intressant ur idrifttagningssynpunkt, för den visar på att det finns brister i idrifttagningen av system i flerbostadshus trots att det är en tävling, då man rimligtvis borde ha stort fokus på korrekt funktion. Enligt Åsa är de föreslagna systemlösningarna i teknikupphandlingen inte helt färdigutvecklade och krävde en stor arbetsinsats av beställarnas egen driftpersonal. I rapporten konstaterar Åsa att systemen fungerar, men det finns möjligheter att göra systemen ännu bättre.

Två olika systemlösningar för värmeåtervinning ur frånluft gick man vidare med till installation i demonstrationsbyggnader. Systemlösningarna var kondenserande frånluftsvärmepumpsteknik samt FTX med ett nyutvecklat kanalsystem för tillufts-kanaler i lägenheter. Dessa installerades i fyra respektive tre demonstrationsbyggnader.

Utvärderingen konstaterade att båda systemlösningarna för värmeåtervinning fungerar, men att det fortfarande finns utvecklingspotential. Utvärderingen kunde inte visa att den ena systemlösningen är bättre än den andra, så vid val av system för värmeåtervinning är det viktigt att se på byggnadens förutsättningar. Utvärdering av de installerade systemlösningarna fick förlängd tid, för att det tog längre tid att installera och injustera systemen i de sju demonstrationsbyggnaderna än planerat. De första mätningarna visade inte på tillfredställande prestanda, vilket enligt Åsa förmodligen beror på det svåra att göra teknikupphandling på systemlösning och inte bara en komponent. Detta har inneburit en del frågeställningar, som inte kunde förutses och detaljer har behövts utvecklas efterhand. Man har bland annat haft problem med lufttäteten i befintliga ventilationskanalerna. Den inläckande luften har gett större elanvändning för frånluftsfläkten samt sjunkande temperatur till ventilationsaggregat. Detta visar på behov av fortsatt utveckling av billigare och effektivare tätningsmetoder för befintliga frånluftskanaler.

FTX-aggregatens avfrostningsfunktion fick modifieras för att man hade från början ett onödigt stort by-pass flöde under långa perioder. Värmepumparna hade stora intrimningsproblem till en början med flera driftstopp, vilket åtgärdades. Detta visar på att idrifttagning är fortsatt ett problem och det kommer även framöver att finnas behov av kunnig driftpersonal, som i samverkan med entreprenören kontrollerar systemens prestanda och vid behov gör nödvändiga justeringar under de första årens drift.

Enligt Åsa är nödvändiga med kontinuerliga och detaljerade mätningar under det första årets drift i framtida projekt. Helst bör uppföljning ske under två år. Här är det också av största vikt att det finns bra förmätningar som beskriver hur byggnaden fungerade innan installation av värmeåtervinning. Det är viktigt med ett tydligt idrifttagningsåtagande för entreprenören i framtida projekt.

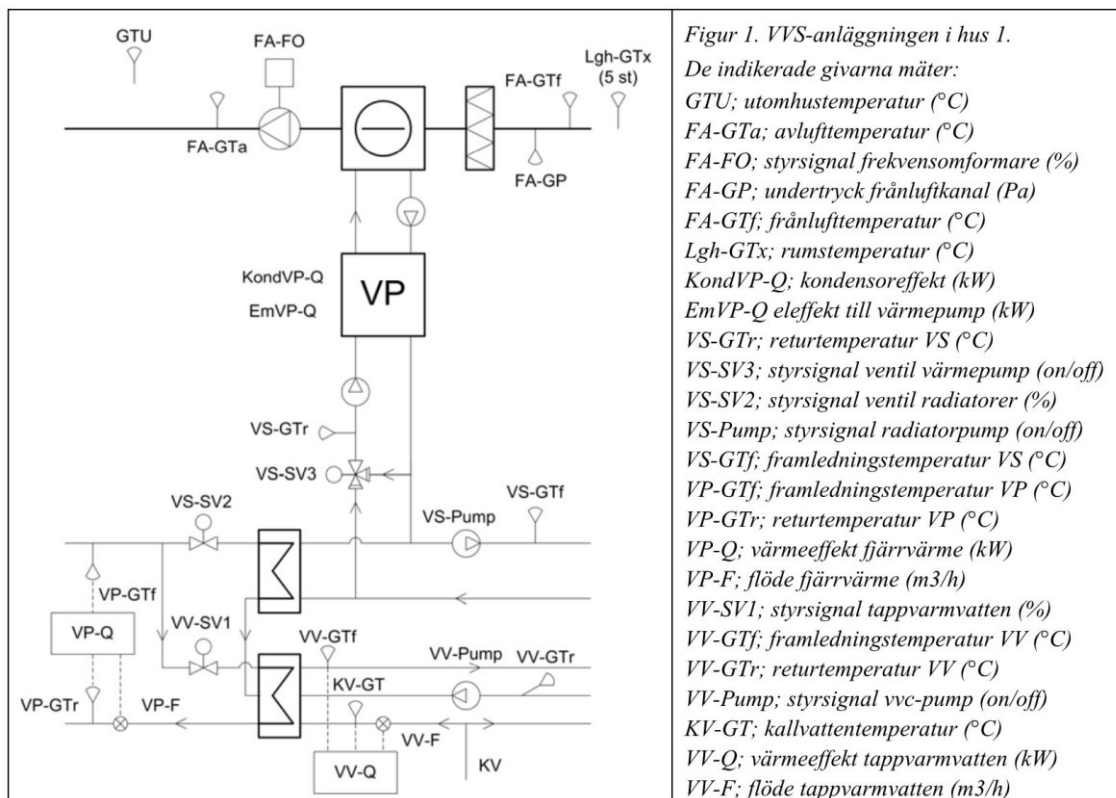
6.4 Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning i flerbostadshus

Detta intressanta arbete är SBUF-projekt 11815, slutrapporterat okt 2009 av Pär Carling, Skanska och Per Isaksson, KTH.

Enligt Pär och Per är mycket som måste göras rätt för att ett flerfamiljshus ska bli, så energisnålt som önskat. Systemval, projektering, produktion och drifttagning är alla viktiga. Idag är det vanligt att sista länken i kedjan brister och att en rad triviala fel och misstag förstör aktörernas goda avsikter att åstadkomma en energisnål byggnad.

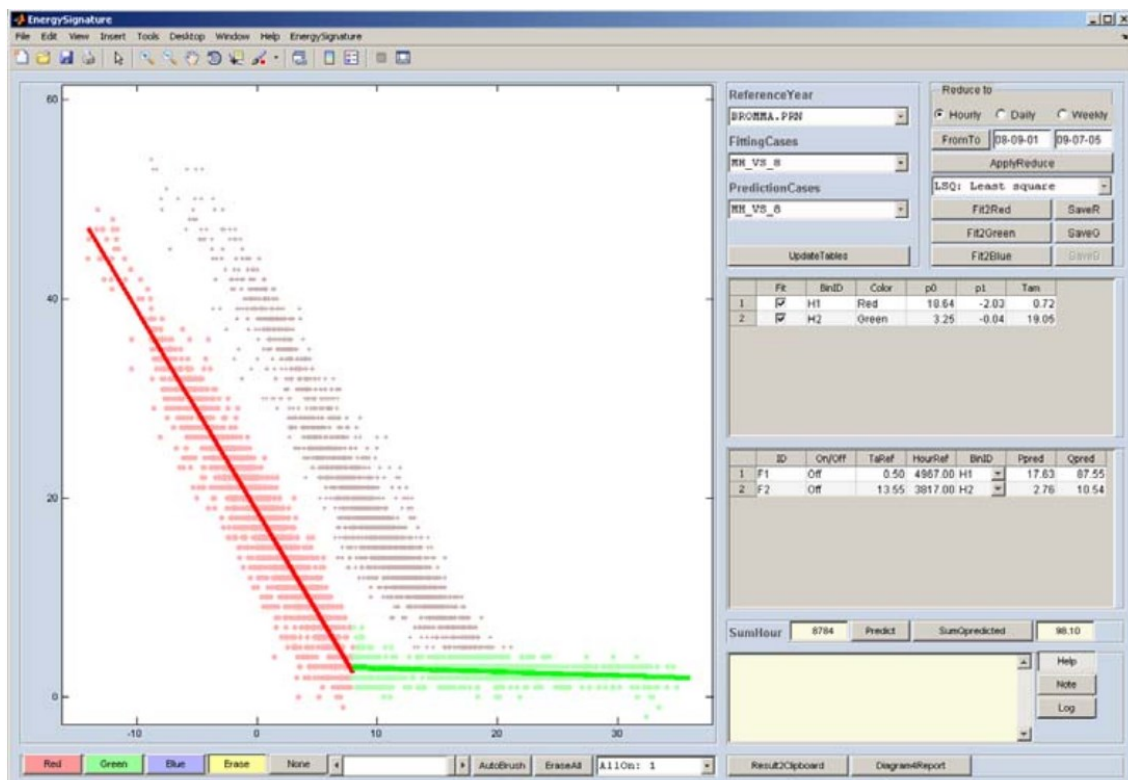
SBUF-projektet visar metoder för att säkerställa avsedda funktioner samt optimera installationernas funktion. De viktigaste slutsatserna är att energianvändningen i de två aktuella flerfamiljshusen var hög på grund av en rad enkla fel, att detaljerad kunskap om byggnadens energitekniska funktion ger fördelar samt att uppföljning baserad på intensiv trendloggning och interaktiv analys av mätdata är ekonomiskt möjligt i flerfamiljshus med hjälp av lämpliga datorprogram.

De mätdata som Pär och Per samlar in från styrsystemet för att identifiera fel och brister i installationernas funktion samt optimera installationernas system i de två flerbostadshusen redovisas i figur 1 nedan.



Figur 1 Exempel på vilka befintliga signaler från installationssystemen som samlades in för en interaktiv analys av mätdata, SBUF-projekt 11815.

Pär och Per visar även på ett arbetssätt som bygger på visualisering av mätdata med verktyget, PIA, som bygger på Matlabs kraftfulla visualisering. Energisignaturen i figuren nedan visar två lutande punktsvärmar, en röd (normal drift) och en brun (ingen drift av FVP). Det skiljer ca 10 grader i x-led mellan punktsvärmarerna, så man ser tydligt när FVP ej är i drift. I detta fall innebär det att FJV går upp med 20kW om FVP inte går. Den röda heldragna linjen är FJV med FVP i drift.



Figur 2 Exempel på energisignatur för FJV i ett flerbostadshus med FVP, SBUF-projekt 11815.

Kommentar om BELOK Driftanalys:

BELOK gjorde för några år sedan iordning en programvara BELOK Driftanalys, som bygger på PIA. Mätdata från styrsystemet exporteras som textfiler och läses sedan in i BELOK Driftanalys. När diagram är konfigurerade är BELOK Driftanalys ett mycket kraftfullt verktyg att hitta felaktiga drifttider hos komponenter, felaktiga temperaturnivåer, felaktig funktion hos ventiler, etc. Dessa olika felaktigheter ökar energianvändningen och är mycket svåra att upptäcka utan verktyg typ PIA och BELOK Driftanalys. En nackdel med första versionen av BELOK Driftanalys är att den kräver, för mycket administrativ tid med mätdata. Skulle man vidareutveckla BELOK Driftanalys till att läsa mätdata från en databas i stället för textfiler, skulle man snabbt kunna komma igång med en ny analys för en byggnad genom att bara ändra datumen för analysen.

6.5 Installationssystem i energieffektiva byggnader - förstudie

SBUF-projekt 12541, slutrapporterat nov 2013 av Per Kempe, där erfarenheter från 15 års felsökningar tas upp genom att beskriva de fysikaliska förloppen som har varit orsak till olika problemen. Rapporten tar upp en rad orsaker till att man kan få försämrade energiprestanda i en energieffektiv byggnad.

Energieffektiva byggnader har mycket låga värmeeffektbehov, vilket leder till att även små fel och brister märks betydligt mer i en energieffektiv byggnad än i en BBR-byggnad (med max tillåten energianvändning enligt BBR). Dessa små fel och brister kan bero på att man inte är van att ta hänsyn till dessa, då de aspekterna har liten betydelse i en BBR-byggnad.

Vanligtvis önskas ett litet underskott på tilluft, för att erhålla ett undertryck i byggnaderna. Man brukar eftersträva en luftflödesbalans på 90 % – 95 %. Luftflödesbalansen kan påverkas av utomhustemperaturen, då frånluftsfläkten normalt sitter sugande och då sitter den kallt på vintern. Detta betyder att luften har en högre densitet vilket ger ett större massflöde frånluft går genom frånluftsfläkten på vintern om inte fläktarna är tryckstyrda. Densitetskillnaden på avluften påverkar luftflödesbalansen med ca 5 %.

Har man en större luftflödesobalans (underskott tilluft) kommer man i ett flerbostadshus med mycket god lufttäthet få problem med undertryck, men är det ett radhus eller en villa med mycket god lufttäthet läcker luften ändå in för där är omslutande area relativt sett större, formfaktorn är ca 5 ggr större. Den inläckande luften i radhuset eller villan kommer att ge ett ökat värmeeffektbehov och energibehov.

Spiskåpor kommer att ge undertryck i lägenheterna om man inte kan få in ersättningsluft och spisfläktar som har betydligt starkare motor och större luftflöde ger stora undertryck i lägenheterna om man inte kan få in ersättningsluft. En designspisfläkt i ett energieffektivt lufttätt radhus kommer att få mycket stora undertryck, vilket kan leda till stora problem att öppna dörrar och fönster (utrymning vid brand).

Välisolerade och lufttäta byggnader har generellt lågt bakgrundsljud, dvs. de är mycket tysta. Ljud från installationerna framträder mer och kan ge klagomål trots att man uppfyller ljudkraven. För att kunna erhålla låga ljudvärden måste fläktarna gå lugnt, lufthastigheten närmast donen vara låg, inga vassa hörn, skruvar, etc. och en raksträcka före donet annars ökar egenljudalstringen.

Rapporten behandlar även värmeförluster in i kalla kanaler samt ute och avluftsdelens av ventilationsaggregat och då främst vid små luftflöden då aggregathöljet är stor i förhållande till tvärsnittet (luftflödet). Då är inte dessa förluster försumbara. Systemverkningsgraden för återvinningen ur frånluften försämras då kraftigt.

Vintertid kommer fuktavgivningen i bostäder att ge en påfrysning på VVX. För att minska denna har man avfrosthingsfunktioner. Men avfrosthingsfunktionen begränsar värmeåtervinningen samt kostar värmeenergi samt gör att man behöver betydligt mer installerad värmeeffekt för att kompensera för den lägre återvinningsgraden när det är kallare än exempelvis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Förvärmning av ventilationsluften med en lågtempererad "värmekälla", exv. borrhål, reducerar behovet att eftervärma tilluften.

För att minska kostnaden för abonnerad värmeeffekt är det viktigt att analysera hur man kan erhålla en god funktion hos installationssystemen, när det är kallt ute, $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Distributionsförlusterna beror på fyra saker: temperaturdifferens, arean (rörlängden), isoleringens värmemotstånd på rören och drifttiden. Drifttiden kan reduceras i lokaler där exempelvis komfortkyla endast primärt behövs under kontorstid.

Tilluftssystem i lägenhet med övertempererad tilluft skall isoleras annars kommer man att tappa en stor del av övertemperaturen och då avges värmen på fel plats i bostaden.

Erforderlig temperaturnivå på värmesystemet beror på vilken typ av värmesystem som byggnaden har installerat, dvs. ju större värmeavgivande yta värmesystemet har desto lägre framledningstemperatur kan användas. Det finns fördelar med att hålla upp radiatorytan i energieffektiva byggnader och hålla ner temperaturnivån. Dels får man lägre värmeförluster från värmedistributionsystemet. Man erhåller också ett högre värmevattenflöde, vilket ger högre kv-värden för radiatorventilerna och mindre risk för problem med radiatorventilerna pga. partiklar i värmevattnet.

Värmeförluster från VV/VVC-distributionsrör kan minskas med hjälp av arkitekten. Lämpligt placerade kök och badrum ger korta VV/VVC-rördragningar, vilket minskar värmeförlusterna från VV/VVC-rören. I energieffektiva flerbostadshus kan en olämplig placering av kök och badrum ge stora förluster från VV/VVC-rören. Det finns fall då dessa förluster har blivit lika stora som byggnadens uppvärmningsbehov.

Om man endast har en energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man i efterhand endast konstatera vilken energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Har man energiuppföljning på den energi som olika delsystem använder kan man se att ett delsystem använder för mycket energi, men troligast inte orsaken. Med en detaljerad energi- och driftuppföljning blir det möjligt att analysera hur olika system fungerar enskilt och tillsammans vilket leder till en djupare kunskap. Med denna som grund kan man ge förslag på hur problem i installationer som försämrar energiprestandan och installationernas funktion kan åtgärdas. Men även påvisa för entreprenör och tillverkare vid brist i funktion, så att de har bättre möjligheter att förstå och åtgärda funktionsproblem.

7 INTERVJUER MED PROJEKTORGANISATIONER OCH FÖRVALTARE

Då det inte fanns speciellt mycket skrivet om idrifttagningsproblematiken, har förstudien fokuserats mer mot intervjuer av projektorganisationer, förvaltare etc. för att samla information från medlemsföretagen om var de anser är orsaken till idrifttagningsproblematiken och vad man bör göra för att förbättra situationen.

Intervjuerna genomfördes hos respektive projektorganisation, förvaltare etc. och intervjuerna tog ungefär två timmar. De som har intervjuats är:

- Stockholms hem
- Flagghusen (WSP, Malmö)
- Uppsalahem
- Örebro bostäder
- Gavlegårdarna
- Landskronahem
- K-fast
- Pitebo
- Kopparstaden (tillkommit senare med en kortare telefonintervju, för att Kopparstaden har arbetat för bättre idrifttagning och samordnad funktionsprovning.)

Intervjuerna bestod av Allmän diskussion 15-20 minuter utifrån projektets bakgrund och sedan har man med stöd av presentationen från 14 maj 2013 fortsatt med diskussioner och kopplingar till deras verksamhet och erfarenheter.

I sektion 7.2 finns en sammanfattning/ kondensering av alla intervjuerna uppdelad på nyckelrubriker.

7.1 Intervjufrågor

Följande frågor var ett stöd vid intervjuerna:

- 1) Har Ni byggt/byggt om flerbostadshus till bra energiprestanda?
- 2) Vilken energiprestanda var projekterad?
- 3) Vilken energiprestanda har Ni erhållit?
- 4) Om energiprestandan inte var tillräcklig. Vet Ni vad problemet/ bristerna var/ är? Klimatskalet, ventilationen, värmen, brukarbeteendet, ...
- 5) Om Ni har haft problem, hur ser Ni att Ni nästa gång skall undvika/ minska problemen?
- 6) Har man haft en samordning av energi- och installationssystemen under hela processen?
- 7) Har arbetet med inneklimatet (risk för övertemperatur) samordnats med energiberäkningarna?
- 8) Har drifttagning, avluftning, injustering samt kontroll av funktioner utförts för de olika delsystemen?
- 9) Vilken typ av mätsystem använder Ni och vilka typer av signaler?
- 10) Visar energimätarna endast fastighetsenergi (El, värme, VV)?
- 11) Har samordnad funktionsprovning utförts samt verifiering av mätningarna till det överordnade systemet, dvs. får man korrekt information från de olika mätarna och givarna i byggnaden.
- 12) Har Ni några inneklimatproblem? Orsak?
- 13) Vilken entreprenadform har Ni använt?
- 14) Hur skulle Ni önska att Ni skulle kunna arbeta för att få bättre energiprestanda i era byggnader? Verktyg, arbetssätt, idrifttagning, mätsystem, ...
- 15) Kan driftkorten följas för de olika systemen, innehåller de korrekt och aktuell information.
- 16) Är systemen på driftkorten de system som ursprungligen projekterades?

I energieffektiva byggnader med låg energianvändning, är det ännu viktigare att ha god kontroll på installationernas funktion, för då får små fel och brister en relativt sett större betydelse. I värsta fall kan en lite större obalans i ventilationen, ge undertryck, vilket ger ett större effektbehov i vissa rum pga. luftläckage genom klimatskalet, som kan ge effektbrist och problem med inneklimatet (låg inomhustemperatur)

7.2 Sammanställning av brister och erfarenheter som framkom under intervjuerna

Intervjuer hos BEBO medlemsföretag är för att samla information om vad medlemmarna anser är orsaken till att man inte erhåller den beräknade energiprestandan samt vad man bör göra för att förbättra situationen. Det är en stor variation mellan olika organisationerna och de vissa ser som ett behov arbetar andra redan med. Intervjuresultaten sammanställs kortfattat under ett antal nyckelrubriker.

Organisation

Det är viktigt med ett stort engagemang hos projektledaren. Byggprojektledningen borde vara med i minst 5 år, garantitiden, för att ta en större hänsyn till driftfrågorna. För närvarande är det dåligt med erfarenhetsåterföring, byggprojektledningen släpper projektet och går vidare. (Man kör bara på i samma spår.)

Det är viktigt hur man styr projektet initialt. Får man en dålig start är det risk att det entreprenören skall uppnå blir oklart.

Hos vissa BEBO-medlemmar har driftorganisationen en representant i byggprojektet.

Styr har inte med någon representant på byggmöten, så vent får ta de frågorna. Under en stor del av bygget står det inget under styr, för de är inte upphandlad ännu. Styr kommer in på slutet och honom ser man knappt till. Det kan behövas en speciell besiktningsman för styr.

Exempel på dålig samordning i projekt. När injusteringen utförs är hans kollegor och monterar känselkropparna (termostaterna), så hans mätningar stämmer inte. Gör om gör rätt. De fick plocka bort känselkropparna, så att injustering kunde utföras.

Det projekt som har fungerat bäst är de projekt de har hållit i själva. De blir bättre och större engagemang, vilket ger en bättre produkt. Det blir lite mer ihop med entreprenören.

Idrifttagning ges inte den betydelse den borde ha, för att erhålla bra fungerande installationssystem.

Rör och styr får anpassa sig fullt ut till byggaren och vill inte bråka, för de vill vara med på nästa projekt. De borde ha mer att säga till om, för byggaren ställer ofta till det.

Samarbete "Framtidsboende norr" (Lulebo, Pitebo, Skebo och Bostaden (Umeå)) har gått igenom varandras tekniska beskrivningar och diskuterat varför man gör på olika sätt. Försöker ta fram något som är gemensamt för alla. Borde kunna tas liknande initiativ i andra regioner.

Erfarenhetsåterföring funkar inte. En konsult ses inte i en fastighet efter den är byggd. Få eller inga som kan uppföljning finns med i projektet.

Ekonomi

Byggaren har totalentreprenad och installationsdelen är dyr, så de försöker minska kostnaderna. Man förstår inte varför den kostar så mycket. Saker man borde göra, för att få en bra drift av byggnaden sparas bort, för det ryms inte inom kalkylen, för det blir för dyrt. Det blir tokigt och inte optimalt för byggherren, som sedan skall förvalta byggnaden. Driften behöver vara mer aktiva och hjälpa andra för att man skall få bättre byggnader förvaltningsmässigt. Man behöver bli bättre på erfarenhetsåterföring från tidigare projekt.

Tidig budget för ombyggnadsprojektet styr och inte den aktuella byggnadens behov. Nyproduktion har en tight budget och man försöker optimera utrymbar yta, vilket begränsar utrymmena för installationer. Är schakt och installationsutrymmen för små är risken stor att kanalsystemen och ventilationsaggregat blir snålt dimensionerade, vilket gör att man får svårare att injustera och få en bra och energisnål drift. Detta kan leda till ventilationssystem drar mer energi och ger ifrån sig mer ljud än nödvändigt.

Ryckighet i projektvolymer pga. budgethantering har dålig eller ingen planering. Man borde bli bättre på både långsiktig och kortsiktig planering.

Byggaren har det ekonomiska ansvaret. De kan snåla på installationssystemen och annat i slutet på projektet, för att klara budgeten. Någonstans bör totalentreprenören ha ett ekonomiskt ansvar, för det utfallet man får på energianvändningen. Det är deras roll att jaga de olika entreprenörerna.

Vite diskuteras att införas om mätsystemet inte är igång i god tid före slutbesiktningen.

Tidplan

Klassiskt med dåligt efterföljande av tidplaner. Slutbesiktningsdatum och inflyttningsdatum är fast för det måste vara klara för slutbeviset, så det går inte att förskjuta. Detta innebär att det blir tight i slutet, då injusteringen utförs. Mycket mer tid behövs till idrifttagningen.

I ett projekt tog man till tidplanen ordentligt för att slippa tidsbrist, men entreprenören ville tidigarelägga för att kunna slutfaktureras, så slutbesiktningsdatumet tidigarelades 3 mån. När de börja närma sig slutbesiktningsdatum ville de flytta fram slutbesiktningen. Entreprenören flyttar folk mellan sina byggen beroende på hur man ligger till tidsmässigt. De flyttar folk till det bygget som ligger lite sämre till och till sist ligger man dåligt på alla byggen. Ännu en gång konstateras att tidplanen inte höll och det var kris på slutet och ont om tid för idrifttagningen.

Tidplanen är från byggstart till inflyttningsdatum. När man har tre månader kvar skall man släppa lägenheterna, "Point off no return". Om det görs någon miss på slutet får

vent-killen tokjustera och de två veckor han hade från början blir en vecka och efter det skall styrkillen få in mätvärdena.

Byggarna är sena och det byggs in i det sista, så ventilationen kan inte starta förrän man har städat. Detta innebär att det blir injusteringsbitarna, som blir lidande. Man hinner knappt igenom och göra injusteringen. Stora brister i samordnad funktionsprovning kan bli följden.

Tillgänglig tid för driften är ett problem under första året. De behöver mer tid för att få en korrekt funktion på alla installationssystem.

En del BEBO-medlemmar arbetar aktivt med att förbättra idrifttagningen och installationernas funktion:

- Hård kontroll på projekttidplanen.
- Styrbesiktningsmannen utför kontroller under projektets gång.
- Allt byggarbete skall vara klart en månad före slutbesiktningen, så att idrifttagningen får den tid som erfordras före slutbesiktning, men det händer alltid något i projektet, så att idrifttagningen glider fram och det blir ont om tid.

Förstudie, (Idé-skede)

Befintligt: hur skall man i helikoptervyn hitta de objekt, som man först ska gå på. Hitta de stora storförbrukarna, stora byggnader med höga förbrukningar. Hur ska man göra för att inte överinvestera i analysen, börja sortera efter de som ger bäst lönsamhet, sedan ta det som är minst dåliga. Man kommer aldrig ha möjlighet att i detalj gå igenom byggnaderna.

I befintliga byggnader är förbättring av klimatskal ofta endast fönster och tilläggsisolering på vind, då man ofta har bevarandekrav och inte får göra några förändringar på fasaden.

För att få ett bättre resultat av ett ombyggnationsprojekt borde man inför projektet göra en bättre statusbesiktning av installationssystemen med en risk och konsekvensanalys.

Lite mycket fokus på värmesystem och ventilation, då VV/VVC har minst 50 °C och är i drift 8760 tim/år. Värmen används bara halva året och del av tiden med låg temperatur.

Ta bort de delar som inte längre använder VV/VVC. Exv. gamla städskrubbar, vilka ger stora värmeförluster och ökad legionellarisk. VVC-kulvert mellan två hus var isolerad

2 m på varje sida, dvs. det man såg från respektive källare. Huset var från 60-talet, då olja var billigare än isolering.

Abonnerat värmeeffektbehov börjar kosta en del. Så för att optimera behöver man analysera vad det är som skapar värmeeffektbehovet, när det är kallt ute.

En stor del av de byggnader som är byggda på 40 och 50-talet, då det var brist på byggmaterial, kan ge ut för en del överraskningar.

Erfarenhetsåterföring funkar inte. En konsult ses inte i en fastighet efter den är byggd.

Borde finnas mer fokus på primärenergi.

Energi och installationssystemen måste vara i fokus under hela projektet.

Systemhandling

Brister i handlingarna ger brister i det som blir utfört.

Viktigt med handlingar, som har totaltänket. Hur skall det verifieras att ställda krav är verifierbara.

Det finns olika sätt att verifiera funktionskrav. Det gäller att kunna formulera verifierbara funktionskrav. Tidigt i projektet bestäms hur verifieringen av funktionskraven skall utföras.

Ställer vi det här kravet, vilka parametrar krävs, för att vi skall kunna verifiera kravet. Hur påverkar det projekteringen och valda metoder ställer också en massa krav. Det blir inte lätt för en besiktningsman att göra någon slags egen bedömning av de krav, som är ställda.

Nyproduktion har en tight budget och man försöker optimera uthyrbar yta, vilket begränsar utrymmena för installationer. Är schakt och installationsutrymmen, för små är risken stor att kanalsystemen och ventilationsaggregat blir för snålt dimensionerade, vilket gör att man får svårare att injustera och få en bra och energisnål drift. Detta kan leda till ventilationssystem som drar mer energi och ger ifrån sig mer ljud än nödvändigt.

Det finns stora kunskapsbrister i branschen, man har dålig systemkunskap och systemförståelse. Ändrar man något i ett delsystem, vad innebär det för delsystemets funktion, men även vad betyder det för de andra systemens funktion i byggnaden.

Ibland när vi ställer krav kopierar vi gamla handlingar och risken är att man ställer en massa krav utan egentligen veta vad man ställer för krav.

När energiprestandan blir bättre måste man tidigt diskutera med driften och VVS.

Det finns något glapp mellan vår förväntning på entreprenören och att vi har låga tankar (erfarenhet) om vad entreprenören egentligen klarar av.

Vakuumavlufare underlättar avluftningen och förbättrar funktionen, men man måste föreskriva vakuumavlufare annars får driften fixa det efter slutbesiktningen.

Driftkort redovisar tänkt funktion för installationssystemen.

I energieffektiva hus får mindre grejer större och större betydelse.

Generellt har varmvattnets betydelse blivit mycket större, det går ju ingen värme, men varmvatten behövs.

Installationsdelen som kan vara en ganska stor del av entreprenaden får komma in för sent i entreprenaden.

Förvärmning av uteluften till ventilationsaggregatet, för att minska avfrostningsbehovet.

Energiberäkningar

Det där som konsulterna räknar på blir det aldrig i verkligheten. Deras datormodeller ger alltid lägre än verkligheten. Om det inte funkar, så finns det så mycket som det kan bero på. Det enda man kan göra är att använda Sveby. Då är det sagt till alla inblandade vad som skall gälla, hur man ska räkna på det och ta hänsyn till olika saker.

Hur seriösa är kalkylerna (energiberäkningarna)? Är energiprestandan från början felräknad? Beräkningsprogrammen ger en falsk bild, fönstervädring etc.

Flagghusen har högre energianvändning än beräknat. Varför? Kartläggning av energianvändningen och mätningar, jämföra de ursprungliga energiberäkningarna med verkliga byggnaderna och försöka klargöra orsakerna.

Vilken noggrannhet kan man erhålla i energiberäkningarna och vad är orsaken till de avvikelser man erhåller. När Flagghusen byggdes fanns inget krav på energiuppföljning.

Utvärdering av Flagghusen skall klimatskalet provtryckas samt undersöka vilken betydelse det vindutsatta läget har.

Bygghandling

Totalentreprenören har ibland inte läst handlingarna och avviker från Byggherrens standard, föreslår billigare lösning, ger en liten ekonomisk kompensation, så blir byggprojektledaren blir nöjd, men det kan försämma installationssystemens funktion. Ett exempel är att värmesystemet skall dimensioneras efter 50 Pa/m, för att få ett värmesystem som är lättare att injustera samt drar mindre elektricitet till cirkulationspumpen, men man dimensionerar med det gamla vanliga 100 Pa/m. Detta ökar driftkostnaden för värmesystemet under byggnadens livstid. Det förekommer en del designproblem i nybyggda byggnader, exempelvis placeringen av radiatortermostaten vid låga fönsterbröstningar. Termostaten kan då komma strax över värmerören till radiatorn och värmeförlusterna från värmerören (värme som stiger) stör termostatsens funktion.

I energieffektiva och lufttäta byggnader hör man mindre av omgivningens ljud, vilket innebär att man hör mer ljud inom byggnaden. Detta gör att ljud från installationssystem hörs mer och kan uppfattas som mer störande. Ett exempel på detta är tilluftssystem och där är tilluftsdonen i sovrummet känsligast. Olämpligt placerade tilluftsdon i vardagsrum kan ge dragproblem. Tilluftsdon som gav för höga hastigheter och ger drag är olämpligt val av tilluftsdon. Det finns inga bra bostadsdon. Det finns bara bra don till större luftflöden.

I energieffektiva hus får mindre grejer större och större betydelse.

Hur funkar det när man har väldigt låga värmebehov? Man kan inte ha oisolerade stammar för de avger mer värme än radiatorerna. Det gäller att minimera den ofrivilliga värmeavgivningen, auktoritet på ventilerna, lite tryckdifferens. Hur stor får den icke styrda värmeavgivningen vara för att det skall funka. Begränsa värmeavgivningen man inte styr över.

Är givarna som erfordras för verifiering av funktionskrav inritade med sina förutsättningar på raksträckor etc. Så att det finns goda förutsättningar att verifiera funktionskraven.

Det finns stora kunskapsbrister i branschen, man har dålig systemkunskap och systemförståelse. Om man ändrar något i ett delsystem vad betyder det för delsystemets funktion och vad betyder det för systemens funktion i byggnaden.

I slutfasen av projekteringen innan man går över i produktionsfasen genomför man en samordnad funktionsprovning (torrvövning), för att verifiera att alla funktioner finns med och att man inte i handlingarna har glömt något. Man går bl.a. igenom driftkortet och hittar en del småsaker. Det är bra investerade timmar samt att man får ett ansikte på övriga aktörer.

FVP-installationer

- Ett sätt att dimensionera FVP med osäkra luftflödena är summa donflöde+50 %.
- Återvinningsbatterier skall vara 10 - 12 rader djupa, så att man kan erhålla en bra avkylning av frånluften. Dock är man tveksamma om batteritillverkares beräkningar stämmer, då man får en mycket stor variation på avkylningen på frånluften.
- Den värmeeffekt man kan återvinna varierar mellan 9 och 15 W/m². Detta ger en återvunnen värmeenergi på mellan 45 och 75 kWh/m²,år.
- Om mängden återvunnen värme är osäker är det fördel att ha en varvtalsstyrd FVP, så man kan anpassa FVP, så man får en avkylning till några plusgrader på avluften. Om man skulle ha en för stor avkylning fryser man ner återvinningsbatteriet. COP bör vara mätbar och större än 3,5.

Flödesbalansen kan påverkas av hur effektiv VÅV är om frånluftsfläkten sitter sugande och man inte har tryckstyrning. Flödesbalans sommar/vinter kan påverkas 6-7 % pga. frånluftstemperaturen.

Forceringsflöde på spiskåpa är svåra att få ut pga. täta hus. Borde komma andra produkter, för att få upp spiskåpans luftflöden.

Förvärmning av inkommande uteluft till FTX aggregat, för att minska avfrosthetsbehovet.

Man har missat i inventeringen. Störst problem med gjutna kanaler och otäta kanaler.

Vakuumavgasning är oftast på driftens initiativ. Entreprenör luftar oftast en gång, men mycket luft blir kvar i systemet.

Upphandling

Som du frågar får du svar. Hur formulerar man sig? Förklara man inte tillräckligt bra vad man vill ha får man inte det man vill ha. Vad står i våra upphandlingsunderlag? Är det bra specificerat? Det är viktigt att kunna ställa krav, så att det blir tillräckligt bra. Det gäller att kunna formulera verifierbara funktionskrav och hur man skall verifiera dem.

Det gäller att skriva in i upphandlingen vilken metod man skall använda vid verifiering. Det finns många olika metoder, så man skall ange vilken metod, som skall användas, i respektive projekt, annars klarar man inte ut det med entreprenören.

Entreprenörerna klar oftast inte av att ta installationssystemen i drift på ett bra sätt, så att driftorganisationen måste initialt se till att installationssystemen får en korrekt drift. Egentligen borde man upphandla entreprenörer med 5 års driftansvar, så att de ser till att man erhåller en korrekt drifttagning av deras installationssystem med en bra och energieffektiv drift.

Kompetenskrav på styr är mycket viktigt. I ett projekt var det mycket strul och äntligen efter ett år kommer en samarbetspartner in och fixar problemet på 5 minuter. De hade mycket god erfarenhet av problematiken sedan tidigare. Det är erfarenhetsmässigt svårt att upphandla på kompetens.

Byggaren har totalentreprenad och installationsdelen är dyr, så man försöker minska kostnaden. Man förstår inte varför den kostar så mycket. Saker man borde göra, för att få en bra drift av byggnaden sparas bort för det ryms inte inom kalkylen, det blir för dyrt. Det blir tokigt och inte optimalt för byggherren, som sedan skall förvalta byggnaden. Driften behöver vara mer aktiv och hjälpa andra för att man skall få bättre byggnader förvaltningsmässigt. Man behöver bli bättre på erfarenhetsåterföring från tidigare projekt.

Tysk entreprenör tog med sig ventiler från Tyskland och installerat i ett hus. Ett stort problem med det är att det är en annan standard på tryckuttag etc., så man har inte kunnat mäta upp och verifiera flödena kring FVP.

Bygga efter handlingarna och är det fel i handlingarna, så reviderar vi handlingarna. Att entreprenörerna följer ramhandlingarna skall vara en självklarhet, men många gör inte det.

Hur mycket skall man behöva påminna projektörer och installatörer att följa montageanvisningar? Egenkontroll fungerar inte speciellt bra.

Det finns ingen som kan sitta och beräkna kv-värden på varenda radiator.

Olika fabrikat i samma lägenhet, numera står det i förfrågningsunderlaget att det skall vara enhetliga komponenter.

Genomförande (entreprenad)

Hur når man dit att allt verkligen är klart vid slutbesiktningen?

Rör och styr får anpassa sig fullt ut till byggaren och vill inte bråka, för de vill vara med på nästa projekt de borde ha mer att säga till, byggaren ställer ofta till det.

Det finns något glapp mellan vår förväntning på entreprenören och vi har (erfarenhet) låga tankar om vad entreprenören klarar av.

Någonstans skulle totalentreprenören ha ett ekonomiskt ansvar för det utfallet man får på energianvändning. Det är deras roll att jaga de olika entreprenörerna.

Bygga efter handlingarna och är det fel i handlingarna, så reviderar vi handlingarna. Att entreprenörerna följer ramhandlingarna skall vara en självklarhet, men många gör inte det.

Entreprenören har ibland inte läst handlingarna och avviker från Byggherrens standard, föreslår billigare lösning, ger en liten ekonomisk kompensation, så blir byggprojektledaren blir nöjd, men det kan försämma funktion. Ett exempel är att värmesystemet skall dimensioneras efter 50 Pa/m, för att få ett värmesystem som är lättare att injustera samt drar mindre elektricitet till cirkulationspumpen, men man dimensionerar med det gamla vanliga 100 Pa/m. Detta ökar driftkostnaden för värmesystemet under byggnadens livstid. Det förekommer en del designproblem i nybyggda byggnader, exempelvis placeringen av radiatortermostaten vid låga fönsterbröstningar. Termostaten kan då komma strax över värmerören till radiatorn och värmeförlusterna från värmerören (värme som stiger) stör termostats funktion.

Det finns brister i egenkontrollfunktionen, så det behövs bättre kontroll att man följer Byggherrens standard (upphandlingsunderlag), granskning av projekterat underlag och funktionsbeskrivning samt att det förekommer att entreprenörerna inte riktigt kommer i mål.

Det finns stora kunskapsbrister i branschen, man har dålig systemkunskap och systemförståelse. Om man ändrar något i ett delsystem vad betyder det för delsystemets funktion och vad betyder det för systemens funktion i byggnaden.

Exempelvis får man inte möjlighet att kontrollera vart de murade kanalerna leder, då man har endast tillgång till några få av de aktuella lägenheterna. Så man ansluter alla 20 kanalerna som kommer upp på vinden och man vet inte vilka som kommer varifrån utan ansluter alla. Dessutom kan kanalerna vara i behov av att tätas.

Hur mycket skall man behöva påminna projektörer och installatörer att följa montageanvisningar? Egenkontroll fungerar inte speciellt bra.

Exempel på variation på komponenter olika radiatorventiler i samma lägenhet, vilket ger ett problem när man skall göra injusteringen.

Dokumentation av förändringar är dålig.

Kan vara lättare att direktupphandla, men erfarenhetsmässigt svårt att göra.

Idrifttagning

Hur når man dit att allt verkligen är klart vid slutbesiktning?

Idrifttagning ges inte den tid och betydelse, för att erhålla bra fungerande installationssystem.

Ofta har de grejorna utförts men med vilken kvalitet, fel ordning, felkopplat, etc.

Man har arbetat hårt på att idrifttagningen skall vara en månad före slutbesiktningen, men det händer alltid något i projektet, så att den glider fram.

Entreprenören har levererat en produkt, men kan inte ge något mer. Entreprenörerna klarar oftast inte av att ta installationssystemen i drift på ett bra sätt, så att driftorganisationen måste initialt se till att installationssystemen får en korrekt drift. Egentligen borde man upphandla entreprenörer med 5 års driftansvar, så att de ser till att man erhåller en korrekt drifttagning av deras installationssystem med en bra och energieffektiv drift.

Slutstädning innan ventilationsaggregatet startar och då ligger besiktningen endast någon vecka bort. Innan ventilationsaggregatet har startas upp är det svårt att veta att alla signaler fungerar och sedan skall det injusteras. Så det är ont om tid att få ordning på styr och göra samordnad funktionsprovning. I bästa fall funkar det till slutbesiktning. Egentligen borde perioden utökas med någon vecka fast det hjälper nog inte upp situationen.

Ventilationsentreprenören installerar och specialist/identtagare driftsätter ventilationsaggregatet och utbildar driften. Likrikta inköp är fördelaktigt för driften, men ej förenligt med LoU.

Ofta erhålls dåliga, bristfälliga protokoll från driftsättnings och ofta förstår entreprenören inte alla parametrar. Specialister borde hjälpa till med idrifttagning samt felsökning.

Dåligt om tid, ofta är luftmängdsmätningarna och injusteringar inte speciellt bra gjorda, ofta blir det någon efterbesiktning, då injusteringarna inte har någon bra kvalitet.

Exempel injusterades hela ventilationssystemet, men man har inte ställt in renblåsningssektorn, när de fick göra om det i efterhand påverkades totalflöden etc. De fick göra om injusteringen tre gånger. Så entreprenören krävde extra ersättning pga. gnällig beställare.

Injusteringsprotokoll skall innehålla inställningar och tryck, så ser man direkt om man får ut rätt flöde och det är fel någon annanstans.

Problem efter idrifttagningen. Man använder veckorna efter slutbesiktningen, för att få systemen att fungera. Det förekommer en del kommunikationsproblem, som problem med TCP/IP nätverk, router etc. till driften, men det kan även vara dialektproblem i styrsystemet.

För få IP-adresser till fläkttrummet. Vi lyckas få igång internet i lägenheterna, men den delen av organisationen är inte involverade för IP-nätverket till teknikutrymmena.

Stort krångel att få till IP-kommunikation. Prylarna på plats, men kommunikationen fungerar ej. Man känner till och det skall kopplas mot överordnade system. Signaler skall vara uppkopplade vid slutbesiktningen (fungera). Man hamnar i en sax, man behöver godkänd slutbesiktning, för att hyresgästerna skall kunna flytta in.

Han var som en ängel som kom ner från himmeln, han förstod, han förklara mycket tydligt vilka åtgärder som var gjort, vad som var fel på anläggningen, hur de hade kommit fram till det. De är superduktiga när det gäller effektstyrning. De killarna växer inte på trän, någonstans. Vi vill inte ha kreti o pleti, de är inte certifierade på det fabrikatet och de är inte på hugget. Man följer inte instruktioner och fyller i protokollen utan startar bara. De har inte koll på läget, får man bara in de som är duktiga så är det inget problem. I de flesta fall har det slutat med att man har tagit dit någon från leverantören.

Mycket diskussioner om FVP-installationer, injustering och optimering, som borde ha varit del av byggprojektet, men som inte hanns med utan får göras efteråt av driften.

Värmesystemet är lågflödessystem med de dimensionerande temperaturerna 65 °C / 35 °C, men i källaren kan man erhålla en returtemperatur på 45 – 50 °C pga. kortslutning i någon av källarradiatorerna, som blev bortglömda vid injusteringen. En förhöjd returtemperatur kan få till följd att värmepumpen slår ifrån för att den inte klarar att avge sin värme på en så hög temperaturnivå. (En del värmepumpar slår ifrån när returtemperaturen på värmesystemet blir över 47 °C.)

När man använder VVC-ventiler med inbyggd termometer måste de kalibreras vid montage, för de har stora avvikelser. Ex. visade 53 °C, men vid kontroll var det 42 °C. Kontrollera även att läckageflöde närmast undercentralen inte förstör funktionen.

Föreskriver att man skall köra vakuumavluftare några veckor vid drifttagning av värmesystem filtrera avlufta och sedan injustering.

Funderar på att börja använda vakummavluftare för att minska uppstartsproblemen med värmesystemet och injusteringen. Förbereda för vakuumavluftare och den körs minst 3 veckor före slutbesiktning.

De flesta av entreprenaderna kan inte hjälpa till så mycket vid idrifttagning och felsökning med dessa nya ventilationsaggregat med inbyggd styr, som är fabrikantberoende.

Ventilationsentreprenören gjorde en snygg installation, men kunde inte få styren att fungera.

Styrningen på värmen var konstig, On/off på eftervärmen, dvs. styrdes med magnetventil. Leverantören skulle uppgradera styren på avfrosthnsfunktion och eftervärmen.

När driften tar över tror man att det funkar, men efter en tid inser man att det inte funkar.

Kopiering av adresser när man konfigurerar uppföljningssystemet kan göra att man läser mätdata från något annat (grannhuset).

Ibland känns det som ge hit anläggningen, så får vi ta hand om den själva.

Information till driftpersonal är den gjord, ingen har förväntningar på den träffen. Man köper en grej för ganska mycket pengar.

Vid injustering vid tillbyggnad och man bara justerar in den del man har byggt till kan det påverka de andra delarna. Ofta struntar man hur det kan påverka andra delar, man löser sin lilla bit. Trots att det flera gånger innan har påverkat andra delar och man vet om det.

Felplacerade givare. Fel typ av givare PT100, PT 1000. Målare tog ner trådlösa givare i hink och monterade sedan upp dem, fast på fel ställe, så att inget fungerade.

Allt funkar, men verkningsgraden är för dålig.

Arbeta för bättre byggnader, etc.:

- Bättre drifttagning, starten för en anläggning
- Om man köper med driftoptimering, gränsdragning mot driften, som skall se till att allt funkar för hyresgästen, vilken inställelse tid och åtgärds tid har entreprenören
- Uppkopplat så att man ser hur det funkar, viktigast är en övervakning av funktion
- Hur skall det fungera i en större organisation?
- Föra dialog med driftteknikerna
- Problem med låg innetemperatur i ett rum skall inte lösas med höjd framledning utan åtgärda problemet i rummet. Problemet kan vara missad drevning kring ett fönster.

Samordnad funktionsprovning

Samordnad funktionsprovning är ofta hastverk med dålig kvalitet.

Ventilationsaggregatet startar en vecka före slutbesiktning, så det är ont om tid att få ordning på styr och göra samordnad funktionsprovning. I bästa fall funkar det till slutbesiktning.

Funktionen blir sällan bra efter en entreprenad utan driften måste justera.

Ibland känns det som ge hit anläggningen så får vi ta hand om den själva.

Svårt att komma två år senare och säga det här fungerar inte så bra.

Slutbesiktning

Som du frågar får du svar. Brister i handlingarna ger brister i det som är utfört.

Styrbesiktningsmannen är med på förbesiktningen utför kontroller under projektets gång.

Idag är det ingen funktionsbesiktning utan endast en installationskontroll. Är komponenterna enligt handling installerade? Efter godkänd slutbesiktning är det väldigt svårt att få hjälp av entreprenörerna att åtgärda fel och brister som upptäckts.

Vad står i våra upphandlingsunderlag? Är det bra specificerat? Det är viktigt att kunna ställa krav, så att det blir tillräckligt bra. Det gäller att kunna formulera verifierbara funktionskrav.

Besiktningsmannen är där två timmar. Besiktning mot handlingar med vissa brister.

Totalentreprenad besiktar mot kontraktshandling och dess tekniska beskrivning.

Från injusterat och klart med alla papper är för att få ut slutbevis, minst två veckor kvar till inflyttning.

När entreprenören har lyft sina sista 5 % har de inte tid längre att få till det sista. Det som gäller att få ordning på allt till slutbesiktningen.

En massa snö gjorde att solfångarna inte kom upp på taket, utan först i våras. Vid slutbesiktningen gick det inte att mäta på solfångarna.

Bygger ett hus 2013, men en besiktningsmetod, som härstammar från 1988, montagekontroll, man kollar sitter toalettstolen fast, sitter radiatorn rätt, det blir fort de där lättbesiktade parametrarna.

Drift

Man använder veckorna efter slutbesiktningen, för att få systemen att fungera. Det förekommer en del kommunikationsproblem, som problem med TC/IP nätverk, router etc. till driften, men det kan även vara dialektproblem i styrsystemet.

Vakuumavgasning är oftast på driftens initiativ. Entreprenör luftar oftast en gång, men mycket luft blir kvar i systemet.

Mycket diskussioner om FVP-installationer, injustering och optimering, som borde ha varit del av byggprojektet, men som inte hanns med utan får göras efteråt av driften.

Värmesystemet är lågflödessystem med de dimensionerande temperaturerna 65 °C / 35 °C, men i källaren kan man erhålla en returtemperatur på 45 – 50 °C pga. kortslutning i någon av källarradiatorerna, som blev bortglömda vid injusteringen. En förhöjd returtemperatur kan få till följd att värmepumpen slår ifrån för att den inte klarar att avge sin värme på en så hög temperaturnivå. (En del värmepumpar slår ifrån när returtemperaturen på värmesystemet blir över 47 °C.)

Den värmeeffekt man kan återvinna varierar mellan 9 och 15 W/m². Detta ger en återvunnen värmeenergi på mellan 45 och 75 kWh/m²,år.

Om mängden återvunnen värme är osäker är det fördel att ha en varvtalsstyrd FVP, så man kan anpassa FVP, så man får en avkylning till några plusgrader på avluften. Om man skulle ha en för stor avkylning fryser man ner återvinningsbatteriet. COP bör vara mätbar och större än 3,5.

Mätning i byggnaderna är främst värmemängdsmätning, elmätning och flödesmätning, men endast månadsvärden inga momentanvärden. Ibland är mätarna inte korrekta dels kan de ha fel adress, men även felaktiga skalfaktorer.

Byggnader med komplexa installationssystem "Julgran" funkar de första 3-5 åren, när entreprenören är närvarande.

Felaktigt placerad temperaturgivare gör att systemet inte fungerar som avsett. Exv. temperaturgivare i ackumulatortank är felplacerad, så att man får felaktig funktion på systemet. Driften fick flytta temperaturgivaren, för att man skall få den önskade funktionen.

Mindre kunniga eller ej engagerade drifttekniker kan skapa driftproblem. Quick Fix som visa drifttekniker gör kan försämra byggnadens energiprestanda. Om man åtgärdar ett värmeproblem med att öka flödet i radiatören, så ger det en högre returtemperatur, vilket gör att VP slår ifrån lite tidigare och FJV går in. Vissa drifttekniker har endast kunskap att flytta runt problemet. Man måste ha eld i "arsle" så fixar man det. Bra folk är en bristvara. En del drifttekniker förstår, men gör inget, bara en massa ursäkter. Gör man en åtgärd skall man följa upp efter någon vecka. Det finns även en del gammalt i en organisation, som kan störa arbetet. Många vill inte engagera sig för då får man ett ansvar. Ibland händer det saker i systemen, för någon har ändrat något.

Det är viktigt att man i entreprenaden använder komponenter, som finns tillgängliga lokalt, så att entreprenören inte importerar komponenter, så att det blir svårt med reservdelsförsörjning och eventuellt andra kopplingar för att kunna mäta på komponenterna.

Flödesbalansen kan påverkas av hur effektiv VÅV är om frånluftsfläkten sitter sugande och man inte har tryckstyrning. Flödesbalans sommar/vinter kan påverkas 6-7 % pga. frånluftstemperaturen.

Har en del loggning av signaler och har en diskussioner om vilka signaler man i framtiden skall logga. Vid nybyggnation renodlas el och energimätarna mot fastighetsenergi. Har även mätning av lägenhetstemperatur.

Värmekamera kan vara till hjälp att se funktionen på värmesystemet och om det finns några större byggtekniska missar.

Ventilationsaggregatet valdes för att det hade vunnit en tävling, men i verkligheten höll inte utlovad prestanda. Enligt SP-provning var det absolut bästa ventilationsaggregatet.

Vid rotor med kolfilterbank måste branddetektorerna klarar av att någon toksteker utan att brandlarmet går, men brandlarmet utlöste på att en tokstekte och stekoset gick över till tilluften.

Byggfuktens betydelse i nya hus, hur stor är den? Uttorkning.

Temperaturgivare insatta i lägenheterna gör att driften ser varje lägenhet och om kallt ser man om en stam har problem. Detta gör att man kan arbeta hårdare med optimering av framledningskurvan.

Konverterat till FTX med motströmsbatteri. Fabriksstyrningen gav igenfryst VÅV vid -40 °C. Numera förvärmningsbatteri, värmer upp till -25 °C, sedan fungerar det utan större problem.

Bytt många Bacho minimaster och fick fuktåterföring på vintern, så ytterdörrar frös fast.

Boendeenkäter, FTX-husen är man mest nöjd med värmen, men klagomål på ljud. F-husen klagar på drag och ljud utifrån. S-husen är kvava under sommaren.

Problem i byggnaden är default-mässigt brukarbeteende inte entreprenörens fel (enligt entreprenören).

Olika fabrikat i samma lägenhet, numera står det i förfrågningsunderlaget att det skall vara enhetliga komponenter.

Injusteringsprotokoll skall innehålla inställningar och tryck, så ser man direkt om man får ut rätt flöde och det är fel någon annanstans.

Uppföljning

Energimätning omfattar KV, VV, el och, VP-el. Man läser endast upp signaler och larmer från VP. Om man vill göra några ändringar i driften av VP måste man vara lokalt. Trend kan ses i systemet. Man har tag-listor, för apparatskåpen för de signaler och mätare som är anslutna till skåpet. Man bör kontrollera temperaturskillnaden på värmen respektive VV och VVC.

Man följer Sveby Mätföreskrifter på de nya projekten, där man installerar mätare.

Mäta är att veta det gäller att mäta rätt samt att man vet vad och hur man vill verifiera.

Kondenseringsvärme kan påverka mätning av temperaturverkningsgrad.

Om man bara tittar på fakturor totalt köpt energi kan det vara svårt att se om man håller den nya bättre energiprestandan beroende på vädret, om man erhåller några varma vintrar.

Stort krångel att få till IP-kommunikation. Pylarna på plats men kommunikationen fungerar ej. Man känner till och det skall kopplas mot överordnade system. Signaler skall vara uppkopplade vid slutbesiktningen (och fungera).

I ett projekt dåligt isolerade tilluftskanaler på vind tappade 4,5 °C hade endast 30 mm brandisolering och skulle sedan ligga i lösull, men kanalen hamna över isoleringen.

Styrningen på värmen var konstig, On/off på eftervärmern, dvs. styrdes med magnetventil. Leverantören skulle uppgradera styren på avfrosthnsfunktion och eftervärmern.

Nu ser de FJV-centralen, men inte lägenhetstemperaturerna, för de ligger i ett annat system (IMD). Feltänkt från början.

8 MÄTNING OCH VERIFIERING

8.1 Uppföljningsprogrammet för NNE-byggnader (SP)

Den rapport som har studerats är remissutgåvan från 2013-01-07, som SP har utarbetat med Svein Ruud som huvudförfattare. Rapporten innehåller kortfattade genomgångar av en mängd delområden som byggfysik, installationer och energiförsörjning, brukare, energiberäkningar, energi- och klimatmätningar, normalårs- och brukarkorrigeringar, etc. Nedan har de viktigaste delarna lyfts fram.

För uppföljningen är det viktigt att verifieringsinsatser påbörjas tidigt i byggprocessen, så att rätt val görs som underlättar uppföljningen och på så sätt bättre säkrar energi- och övrig prestanda inför idrifttagning.

Kraven på mätningar, verifieringar och dokumentation ska finnas med i den tidiga delen av byggprocessen (främst projekterings- och byggfasen) och förändringar under processen ska dokumenteras så att t.ex. projekterade värden uppdateras i beskrivningen. I instruktioner ska det ingå processbeskrivningar som tydliggör de förberedelser och uppföljningsinsatser som ingår i olika skeden av ett demonstrationsprojekt.

Förutom eleffektivitet hos fläktarna är hur värmeåtervinningen fungerar en viktig parameter i uppföljningen av ventilationen. När det är kallt ute går ofta en avfrostningsfunktion in och begränsar avfrostningen. Svein skriver i rapporten: Angivande av temperaturverkningsgrad är ett vanligt sätt att redovisa värmeåtervinning i ett ventilationssystem. Temperaturverkningsgraden är därför ett nyckeltal som ska redovisas i utvärderingsmallen. Den verkliga värmeåtervinningsgraden är dock i de flesta fall lägre än temperaturverkningsgraden. Orsaken är vanligen en kombination av obalanserade flöden, infiltrationsförluster, internt läckage, värmeförluster i kanalsystem, etc. Att på ett korrekt sätt mäta temperaturverkningsgraden i ett befintligt aggregat är dessutom inte helt enkelt. Såväl angivna fabrikantdata som temperaturverkningsgrader som mätts upp i färdig byggnad är därför ett mycket osäkert mått på den verkliga värmeåtervinningen.

Kvalitetssäkring av mätningar

Hela mätkedjan från mätinstrument, montage av mätinstrument, till insamlande av data för analys är förknippade med mätosäkerheter. Mätinstrumenten är exempelvis förknippade med en viss mätosäkerhet, denna mätosäkerhet kan variera beroende på yttre omständigheter som t.ex. temperatur, var i mätområdet som mätvärdet finns mm. Även mätmetoden är förknippad med mätosäkerhet, t.ex. hur givare/mätare är monterade. Hur mätsignalen från instrumentet ser ut och transporteras in i loggern är ytterligare ett exempel på en mätosäkerhet, t.ex. kan kabellängder påverka

mätresultatet. Upplösningen på mätvärdet både i utsignal från givare/mätaren och loggerns upplösning påverkar mätosäkerheten.

När alla mätosäkerheter i hela mätkedjan sammanvägs fås den totala mätosäkerheten. Det är därför viktigt att så noggranna mätinstrument som möjligt/rimligt väljs och att mätmetoden som används är så bra som möjligt. En bedömning av mätosäkerheten bör göras i varje enskilt fall eller enligt väl beprövad praxis. Det slutgiltiga resultatet ska vara tillräckligt bra för vad det ska användas till.

En lämplig utgångspunkt och lägstanivå för omfattningen på mätningarna är vad som anges i Svebys Mätanvisningar och tillhörande handledning, Version 1.0 2012-10-10.

Lokalt utomhusklimat

Uttemperaturen vid byggnaden ska placeras på en representativ plats i skuggan och mätas kontinuerligt med ett högsta mätintervall på 1 h. Om möjligt bör även uteluftens relativa fukthalt mätas på samma plats och med samma intervall.

Solens totala strålningsenergi mot horisontellt plan eller åtminstone antalet soltimmar per månad bör mätas vid byggnaden. Alternativt kan mätdata från närliggande klimatstation användas.

Byggfukt

En annan aspekt är energibehov för uttorkning av byggfukt. I NNE-byggnader kan denna uttorkning störa utvärderingen av byggnadens energianvändning. Genom att mäta och kontrollera fuktinnehållet i ingående material kan denna post uppskattas.

Några viktiga punkter för uppföljning, kvalitetssäkring, dokumentation av funktionskrav:

- Stäm av funktionskrav med byggherren
- Granska projekterade handlingar i samverkan med projektör
- Vid ändring visa att man fortfarande uppfyller funktionskrav efter ändring.
- Upprätta kontrollplan i samråd med projektör och genomför tidiga kontroller.
- Utse funktionskravsansvarig på byggarbetsplatsen
- Ta fram intern information/utbildning som även omfattar underentreprenörer.
- Identifiera, planera och dokumentera kritiska produktionsmoment i samverkan med entreprenör
- Genomföra slutlig provning av funktionskrav.
- Under driftskede bör nödvändiga åtgärder för att bibehålla funktionerna vidtas.

8.2 Sveby Energiverifikat och Energiavtal

Nedan är kortfattad information om Sveby, som är en branschstandard. För fullständig dokumentation om Sveby hänvisas till www.sveby.org.

Ställ krav på uppmätt energiprestanda (till skillnad från projekterat värde). Det är enklare för beställare att ställa krav på uppmätt värde än på projekterat värde, eftersom man då inte behöver fatta beslut på grundval av teoretiska beräkningar. Det ökar också sannolikheten att byggnaden verkligen får den energiprestanda som utlovats eftersom kravet även inkluderar utförandet av entreprenaden.

Definiera vad som ska ingå i kravet på energiprestanda. Det räcker inte att ställa krav på ett visst antal kWh per kvadratmeter och år. Man behöver också definiera vad som ska ingå. Om det inte finns särskilda skäl är det lämpligt att använda BBR:s definitioner. Redovisa tydligt i anbudsförfrågan vad som ingår i energikravet.

Gör avvägningar mellan olika krav. Se till att olika krav inte står i konflikt med varandra, t.ex. energikrav och bevarandekrav eller krav på dagsljus och solvärmelast.

Klargör vad som händer om kravet inte uppfylls. Gör medvetna avvägningar mellan olika krav och tydliggör dessa för entreprenören. Ta hänsyn till faktiska förhållanden (läge, brukare). Ange hur energiberäkningar ska göras och redovisas. Använd Svebys indata för brukarbeteende. Granska detaljerna i anbudet (t.ex. utlovade verkningsgrader och SFP-tal). Använd Energiavtal 12, som har tagits fram av Sveby och Byggnadets kontraktskommitté (BKK). Det är ett bra sätt att reglera hur ansvaret för byggnadens energiprestanda fördelas mellan beställare och entreprenör. Eliminera oklarheter i förfrågningsunderlaget. Definiera tydligt vad som ska ingå i energikravet. Den beräknade energianvändningen kan variera upp mot 20 % för en och samma byggnad beroende på vilka antaganden som görs och vilka schablonvärden för indata som används.

Det bör finnas en redovisad marginal i beräkningarna av specifik energianvändning. En rimlig marginal kan vara 10 %, men detta måste bedömas från fall till fall. Om kravet ställs på uppmätt energiprestanda ligger ansvaret för att ha en rimlig marginal hos entreprenören, men det kan ändå vara bra att kontrollera detta för att slippa obehagliga överraskningar.

Kompetensen hos den som gör energiberäkningarna är viktig, men svår att kontrollera.

Granska energiberäkningarna kritiskt. Se till att det finns tillräckliga marginaler i beräkningar. Se till att det finns goda förutsättningar för uppföljning (t.ex. mätare och rutiner).

Se upp för glädjekalkyler. Granska de verkningsgrader och värmefaktorer som anges. Att bara använda katalogdata duger oftast inte. Se till så att värdena anger årsmedelvärden och att t.ex. energiåtgång för avfrostning är inräknad.

Ett påslag för vädring om $4 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$, år bör ingå i de beräknade värdena.

Köldbryggor är punkter i byggnadens klimatskärm där värmeläckage kan ske. De kan vara stora energitjuvar och ska tas med i beräkningarna.

U-värden på fönster ska vara för hela konstruktionen dvs. inklusive karm och båge enligt EN-normen. Fabrikanten anger som referens en fönsterstorlek på 1,2x1,2 meter. Större fönster ger lägre U-värden och mindre fönster ger högre U-värden, eftersom karmen i nya fönster har högre U-värde än glasningen.

Uppföljningen börjar redan under projekteringen. Säkerställ att det finns mätpunkter (uppdelade på uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel) för uppföljning av byggnadens energiprestanda med i projekteringen. Svebys Mätföreskrifter med tillhörande handledning bör användas.

Ju tuffare energikrav, desto högre krav ställs på kvalitet i byggprocessen. Ställ därför kontrollfrågor om utförandet.

Mät om möjligt upp verkningsgrader och värmefaktorer på aggregat och värmepumpar under driften, inklusive avfrostringsperioder.

8.3 Sveby Mätföreskrifter

Sveby Mätföreskrifter ansluter till Sveby Energiavtal 12 och beskriver hur en byggnads energiprestanda skall verifieras genom mätning. Sveby Mätföreskrifter är en branschgemensam överenskommelse som kan användas vid kontraktsskrivning som bilaga till Sveby Energiavtal 12 (som är ett nytt avtal mellan byggherrar och entreprenörer och ansluter till ABT 06). Mätföreskrifterna fastställer vilka parametrar, samt hur och när de behöver kontrolleras för att verifiera byggnadens energiprestanda mot energikrav ställda i Boverkets Byggregler (BBR) avsnitt 9 eller mer skärpta krav enligt beställning.

Mätföreskrifterna är framtagna med aspekten av vad som måste mätas och mätningens noggrannhet i förhållande till kostnader för mätning. Handledningen till Sveby Mätföreskrifter ger dels förklaringar, motiv och källor till mätföreskrifternas utformning och dels förtydligande av hur mätföreskrifterna skall användas tillsammans med några exempel. Handledningen innehåller även föreskrifter för vad som behöver mätas för att ta fram underlag för analys vid en eventuell avvikelse från fastställda energikrav. Därefter följer mätföreskrifter för förebyggande mätningar. Slutligen finns några checklistor på vilka mätningar som behöver göras, vilka kan användas som underlag vid avtalsskrivning om uppföljning av energikrav.

Mätföreskrifterna omfattar:

- Mätning av energi till uppvärmning och tappvarmvatten
- Mätning av energi till komfortkyla
- Mätning av tappvarmvattenanvändning
- Mätning av driftel
- Mätning av area
- Mätning av uteluftsflöde i lokaler
- Mätning av processenergi i lokaler
- Mätutrustningens osäkerhet
- Utförande av mätning och registrering av mätdata
- Energi till tappvattenvärmning
- Normalårskorrigerings av energi till uppvärmning och komfortkyla
- Byggnadens energiprestanda

Föreskrifterna omfattar även hur man skall ta hand om processenergi mäts med byggnadsenergimätare. När man kan använda schablonvärden och när separat mätare behöver installeras.

9 ENERGI- OCH DRIFTUPPFÖLJNING

Mäta är att veta.

Om man inte mäter hur de tekniska systemen fungerar, så tror och gissar man att de har en viss funktion. Skulle man inte få den energiprestanda man önskar, så kan man bara gissa att något inte fungerar som det ska. Då är det svårt att visa på brist i funktion. Finns mätningar kan man visa att det tekniska systemet har brister och ta diskussion om hur det skall åtgärdas till korrekt funktion.

För att få den avsedda funktionen samt kunna mäta och verifiera den bör man:

- Beskriv de funktionskrav som gäller i projektet i systemskedet samt hur de verifieras och projekteras in mätutrustningen för verifieringen av funktionskraven. Om de inte projekteras in kan det bli svårt att verifiera funktionskraven och det blir svårt att mäta med tillräckligt litet fel.
- Beskriv funktionen hos systemen på driftkort, som lever genom projektet. Hur verifieras funktionskraven?
- Tillse att mätsystem och dataloggning är en del av entreprenaden
- Tillse att mätsystemet startas upp och signalerna verifieras under idrifttagningen senast en månad före slutbesiktningen.
- Tillse att besiktningsmannen under slutbesiktningen verifiera funktionskraven med mätningar från mätsystemet.

Detta gör att loggningen av mätdata fungerar, mätdata är verifierade, så att man direkt efter slutbesiktningen kan börja jobba med att driftoptimera byggnaden och dess installationssystem. Man har också erhållit en anläggning som är funktionskontrollerad av besiktningsmannen.

Blir mätsystemet inte en del av slutbesiktningen är risken stor att det tar 6 mån innan mätsystemet fungerar och man missar värdefull tid för driftoptimering. Byggnadens energiprestanda skall verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 mån. Det betyder att man använder första året för driftoptimering och andra (och tredje) året för verifiering av energiprestandan.

Har man inte ett mätsystem så att man kan följa systemens funktion vet man oftast inte varför man får avvikelser, för man kan inte enkelt följa de olika installationssystemen, för att

- utvärdera funktionen
- identifiera fel och brister
- utvärdera resultatet av olika åtgärder

Det finns mycket att beakta. Några exempel:

- För att känna en trygghet i verifieringen av energiprestanda enligt BBR, så bör man direkt vara igång med injusteringar och felavhjälpning, så att första året (vintern) kan användas för att erhålla korrekt drift. Andra året används för att verifiera energiprestanda.
- Överordnat system förenklar arbetet med att verifiera energiprestanda.
- Har man i projektering och byggande varit konsekvent, så att fastighetsmätare för energi (el, värme, VV) endast visar fastighetsenergi?
- Har man haft en samordning av energi- och installationsfrågor under hela byggprocessen?
- Har arbetet med inneklimatet (risk för övertemperaturer) samordnats med energiberäkningar?
- Har drifttagning, avluftning, injustering samt kontroll av funktioner utförts för de olika delsystemen?
- Har samordnad funktionsprovning utförts samt verifiering av mätningarna till det överordnade systemet, dvs. får man korrekt information från de olika mätarna och givarna i byggnaden.
- Kan driftkortet följas för de olika systemen, innehåller de korrekt och aktuell information. Är systemen på driftkortet de system som ursprungligen projekterades och installerats?
- I energieffektiva byggnader med låg energianvändning, är det ännu viktigare att ha god kontroll på installationernas funktion, för då får små fel och brister en relativt sett större betydelse. I värsta fall kan en lite större obalans i ventilationen, ge undertryck, vilket ger ett större effektbehov i vissa rum pga. luftläckage genom klimatskalet, som kan ge effektbrist och problem med inneklimatet (låg inomhustemperatur).

Om man endast har en energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man bara konstatera vilken energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Har man energiuppföljning på den energi som olika delsystem använder kan man se att ett delsystem använder för mycket energi, men troligast inte orsaken. Har man en detaljerad energi- och driftuppföljning kan man analysera hur de olika systemen fungerar samt ge förslag på hur man kan korrigera problemet, som försämrar energiprestandan och installationernas funktion. (Exempelvis med analyser med BELOK Driftanalys om de kompletterar med databas-koppling för att hämta mätvärden.)

För att kunna finna orsaken behöver man mätvärden från byggnadens olika delsystem. Beroende på vad det är för fel behöver man olika typer av mätdata. Timvärden kan vara tillräckligt för att se om något är i drift i onödan, exv. att tidstyrningen av

ventilationen på ett kontor inte fungerar. Har man ett styrproblem kan man behöva ha mätdata med minutupplösning, för att på styrsignaler, temperaturer, flöden, etc. se att regleringen av installationssystemen fungerar mindre bra.

Exempel på vad man bör kontrollera drifttider, börvärden och reglersekvenser, för felaktiga styrfunktioner, som att eftervärmaren går in före värmeåtervinningen är en liten felfunktion, som blir mycket kostsam.

Mycket av arbetet med driftuppföljning är lika, så det finns stor potential för att effektivisera om man kan automatisera och snabbt göra om samma beräkningar och diagram, vecka för vecka och månadsuppföljning för månadsuppföljning.

Det viktigaste är att man snabbt startar upp loggningen och verifierar mätdata i styrsystemets OPC-server. Helst skall besiktningsmannen använda mätdata från loggningen vid slutbesiktningen. Collectorn (dataprogram) hämtar mätvärden enligt TAG-lista (loggningslista) och skickar mätdata över nätet till databasen. Olika program kan sedan användas för att visualisera mätdata och utföra beräkningar av energiprestanda etc. Det viktigaste är att arbeta med verktyg, som kan automatisera mycket av administrationen av mätdata och uppritande av diagram etc.

Flerbostadshus och mindre kontor bör ha en detaljerad energi- och driftuppföljning de första månaderna när man verifierar installationsystemens funktion etc. Därefter har man några nyckelvärden och nyckeldiagram, som man följer upp och när de avviker för mycket gör man en detaljerad energi- och driftuppföljning, för att förstå varför.

Erfarenheter från många om- och nybyggnader av byggnader visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda. Främst är det brister inom installationssystemen, värme-, kyl- och ventilationssystemen. Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energianvändning, för man har inte en tillräckligt detaljerad energi- och driftuppföljning.

10 TEORETISK ANALYS AV VÄRMEÅTERVINNING UR FRÅNLUFT SAMT FÖRVÄRMNING

I många av intervjuerna förekom diskussioner om hur systemen för värmeåtervinning ur frånluften fungerade. Nedan är en kort sammanfattning om värmeåtervinning, för att visa på hur dessa varierar med typ av avfrostning, börvärde, luftfuktighet etc. I bilaga 2-4 finns ett antal diagram som redovisar hur systemen fungerar.

FrånluftsVärmePump

Vinterfall: Frånluftsflödet $0,35 \text{ l/s, m}^2$ sänker från 22°C till 2°C får man ut $9,3 \text{ W/m}^2$ ökar luftflödet till $0,525 \text{ l/s, m}^2$ och tar ut $9,3 \text{ W/m}^2$ blir avluftstemperaturen $7,5^\circ\text{C}$. Temperaturförluster på frånluften, så man erhåller 18°C frånluft går det inte att ta ut $9,3 \text{ W/m}^2$ vid frånluftsflödet $0,35 \text{ l/s, m}^2$ utan man erhåller $7,4 \text{ W/m}^2$ ner till 2°C .

Sommarfallet: Frånluftsflödet $0,35 \text{ l/s, m}^2$ och man tar ut från 22°C ner till 2°C får man 15 W/m^2 . Vid effektuttaget $9,3 \text{ W/m}^2$ blir avluftstemperaturen $8,5^\circ\text{C}$.

När man ser resultatet av beräkningarna inser man att det är av stor vikt att man har korrekt frånluftsflöde och frånluftstemperatur, för att dimensionera FVP och VÅV-batteri. FVP ska kunna avge värmen, som är 40 % större än upptagen värme (COP 3,5).

Avfrostning FTX

Behovet av eftervärme pga. av avfrostningsfunktion varierar en del. Med luftflödena $0,35 \text{ l/s, m}^2$ och 80 % temperaturverkningsgrad, årsmedeltemperatur 6°C och inget avfrostningsfunktion erfodras $1,7 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ samt max effekt $1,8 \text{ W/m}^2$. Med en avfrostningsfunktion som begränsar avluften till 2°C åtgår det $4,2 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ samt $7,4 \text{ W/m}^2$. Med 10 % tempfall på frånluften åtgår det $8,1 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ samt $9,1 \text{ W/m}^2$. Med en Bypass-avfrostning som öppnar vid $T_{\text{ute}} 0^\circ\text{C}$ åtgår det $11,4 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ samt $7,4 \text{ W/m}^2$ och när Bypass öppnar vid $T_{\text{ute}} 5^\circ\text{C}$ åtgår $15,7 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ samt $7,4 \text{ W/m}^2$.

När man ser resultatet av beräkningarna inser man att det är av stor vikt hur avfrostningsfunktionen fungerar. Det är mycket viktigt vilken typ av avfrostningsfunktion man har och hur den styrs.

Förvärmning uteluft

Förvärmning av uteluften med exempelvis borrhålsvatten minskar/ tar bort avfrostningsbehovet och reducerar kraftigt eftervärmebehovet $0,2 \text{ kWh/m}^2$, år och dess effektbehov $0,7 \text{ W/m}^2$.

Man kan även under sommaren få viss kylning av tilluften. Så att man varma sommardagar kan tillföra sval tilluft till bostäderna utan att behöva köpa kyla.

11 SLUTSATSER

Det är viktigt att få bättre upphandlingsunderlag med verifierbara funktionskrav, som man lätt kan modifiera till det aktuella projektet och återanvända. Dels behövs mer systemkunskap om installationssystem och hur de samverkar med byggnaden, för att kunna få bättre fungerande installationssystem och energiprestanda. Det är även viktigt att förstå hur styrningen av installationssystemen och dess börvärden påverkar funktion och energiprestanda. Detta är speciellt viktigt för energieffektiva byggnader, där de små detaljerna får en större betydelse. Nedan är några exempel på vad man behöver förbättra förutom att höja den installationstekniska systemkunskapen:

- Bättre statusbesiktningar av installationssystemen med risk och konsekvensanalys. Vad innebär läckande och dåligt isolerade frånluftskanaler?
- Viktigt att få fram bättre förfrågningsunderlag och ramhandlingar (regionsvis?)
- Ta fram relevanta verifierbara funktionskrav
- Projektera hur de verifierbara funktionskraven skall mätas och verifieras.
- Mätsystem för verifiering av funktionskrav skall vara del av entreprenad.
- I slutet av projekteringen skall handlingarna gås igenom samt alla driftkort och funktionskrav skall kontrolleras (Teoretisk samordnad funktionsprovning)
- Bättre kontroll att konsulter och entreprenörer följer byggherrens ramhandling
- Entreprenören skall ha ett utökat funktionsansvar och energiprestandaansvar
- Signaler och mätare till mätsystemet skall verifieras under idrifttagningen
- Se till att det finns tillräckligt med tid och resurser för idrifttagning och samordnad funktionsprovning
- Arbeta för att få en funktionsorienterad besiktning i stället för en installationskontroll som det ofta blir idag
- Besiktningsmannen skall nyttja mätsystemet för verifiering av funktionskrav under slutbesiktningen
- Direkt efter slutbesiktningen skall arbetet påbörjas att verifiera och optimera olika delsystems funktion och energiprestanda. Så att första året kan användas för att få korrekt funktion och god energiprestanda, för att sedan år två (och år tre) bevaka funktion och prestanda.

Dessutom skall man utgå ifrån att alla byggnader innehåller fel och fundera över vad man kan göra för att minska antalet fel samt att de fel som uppstår hur man kan hitta dem snabbt och utan alltför stor arbetsinsats.

12 FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE

Detaljanalysera fem till tio BEBO-projekt beträffande hur man arbetat med idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem. Dvs. hos BEBO-medlemmen gå igenom hur man arbetat med installations- och energifrågan i projekten från första ide till byggnaden har varit i drift något år. Detta för att få fram mer detaljer och exempel än vad som kan ges i intervjuer.

Regionsvisa samarbeten liknande "Framtidsboende norr" för att gå igenom varandras tekniska beskrivningar och diskuterat varför man gör på olika sätt. Försöker ta fram något som är gemensamt för alla. Borde kunna tas liknande initiativ i alla regioner. Från detta ta fram relevanta verifierbara funktionskrav, samt hur man skall mäta och verifiera dem.

Därutöver erfarenhetsåterföring för FVP-system och FTX-system i flerbostadshus. Samla ihop erfarenheterna från BEBO-medlemmar, för att ge input till projekteringen av bättre FVP- respektive FTX-system samt avfrostning, men även idrifttagning och injustering. Det som även är intressant för FTX-system är hur man har designat tilluftssystemet:

- Lösningar för att förhindra brandgasspridning för- och nackdelar enligt Byggherren
- Spiskåpeforceringar och risk för stora undertryck i lufttäta flerbostadshus. System för ersättningsluft vid forcering av spiskåpor.
- Val av tilluftsdon och placering. Hur påverkar detta ljud (egenljudalstring), drag samt luftomblandningen i rummet
- Har de boende påverkat inställningarna av tilluftsdonen och varför?

Samla ihop bra exempel på Driftkort för olika typer av installationssystem relevanta för BEBO-medlemmarna.

Vidarebearbeta materialet i förstudien, för att utveckla effektivare metoder och rutiner beträffande idrifttagning, driftanalyser och driftövervakning samt en plan för att testa detta i några utvalda pilotprojekt t.ex. två ombyggnadsprojekt och ett nybyggnadsprojekt

BILAGA 1 PPT-PRESENTATION, FÖRSTUDIEN MEDLEMSMÖTE 14 MAJ 2013

Förstudie:
Vidareutveckling metoder idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i FBH

Bakgrund
Erfarenheter från många om- och nybyggnader av flerbostadshus visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda. Främst är det brister inom installationssystemen, värme- och ventilationssystemen.
Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energianvändning.

projekt engagemang

Syfte och Mål
Syftet med förstudieförslaget är att kartlägga vanliga fel och brister samt varför de uppstår. Studien ska fokusera både på rent tekniska fel, varför och när i processen de uppstår samt vad man kan göra för att minska risken för de tekniska felen.

Målet är ge ett underlag för att utveckla effektivare metoder och rutiner beträffande idrifttagning, driftanalyser och driftövervakning samt en plan för att testa detta i några utvalda pilotprojekt t.ex. två ombyggnadsprojekt och ett nybyggnadsprojekt.

projekt engagemang

Metodik och Tider
Först kartläggs orsaker till vanliga fel och brister genom:
• litteraturstudie från utvärderade om- och nybyggnadsprojekt samt andra erfarenheter från relevanta BeBC-projekt
• Tre inledande intervjuer med projektorganisationer och förvaltare

Dagens presentation
• Detaljerade diskussioner med projektorganisationer och förvaltare (slutet på Maj och Juni) Örebrobostäder, Stockholmshem och Flagghusen
• Fler som är intresserade kan höra av sig nu under mötet

Utifrån material och diskussioner samt hänsyn till följande arbeten
• verifieringsarbetet inom Sveby-programmet
• uppföljningsprogrammet för NNE studeras också.

Sammanställs ett underlag för effektivare metoder och rutiner beträffande idrifttagning, driftanalyser och driftövervakning samt en rapport.

Slutrapport 2013-08-20

projekt engagemang

Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet (BFR) R42:1990, Bengt Wänggren

Rekommendationer
• Alla byggnader innehåller fel
• Ge installations och energifrågan större vikt genom hela projektet
• Analysera funktionen för de projekterade systemen
• Funktionskrav verifieras under idrifttagning och drift
• Mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen

projekt engagemang

Hur fel upptäcktes i Stockholmsprojektet

- Aktiv idrifttagning: Dataanalys och Test & Mätning 61%
- Boendesynpunkter 19%
- Larmer 9%
- Slumpen 8%
- Övrigt 3%

Orsaker

- Projekteringsfel 27%
- Utförandefel 30%
- Material & komponentfel 29%
- Instyckning & Drift 14%

projekt engagemang

Måta är att veta

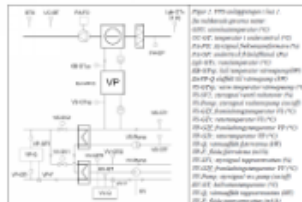
Första utkast

- Beskriv funktionen hos systemen på driftkort, som lever genom projektet. Hur skall funktionskraven verifieras?
- Mätssystem och dataloggning skall vara en del av entreprenaden
- Mätssystemet skall startas upp och signalerna skall verifieras under idrifttagningen
- Besiktningsmannen skall under slutbesiktningen verifiera funktionskraven med mätningar från systemet.

Blir mätssystemet inte en del av slutbesiktningen är risken stor att det tar 6 mån innan det fungerar. Byggnadens energiprestanda skall verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 mån.

projekt engagemang

Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning i flerbostadshus, SBUF okt 2009
Pär Carling, Skanska och Per Isaksson, KTH



projekt engagemang

I energieffektiva byggnader med låg energianvändning, är det ännu viktigare att ha god kontroll på installationernas funktion, för då får små fel och brister en relativt sett större betydelse. I värsta fall kan en lite större obalans i ventilationen, ge undertryck, vilket ger ett större effektbehov i vissa rum pga. luftläckage genom klimatskalet, som kan ge effektbrist och problem med inneklimatet (låg inomhustemperatur)

projekt engagemang

Förslag på frågor

1. Har Ni byggt / byggt om flerbostadshus till bra energiprestanda?
2. Vilken energiprestanda var projekterad?
3. Vilken energiprestanda har Ni erhållit?
4. Om energiprestandan inte var tillräcklig. Vet Ni vad problemet/bristerna var/ är?
Klimatskalet, ventilationen, värmen, brukarbeteendet, ...
5. Om Ni har haft problem, hur ser Ni att Ni nästa gång skall undvika/ minska problemen?
6. Har man haft en samordning av energi- och installationssystemen under hela processen?
7. Har arbetet med inneklimatet (risk för övertemperatur) samordnats med energiberäkningarna?

projekt engagemang

8. Har drifttagning, avluftning, injustering samt kontroll av funktioner utförts för de olika delsystemen?
9. Vilken typ av mätsystem använder Ni och vilka typer av signaler?
10. Visar energimätarna endast fastighetsenergi (EI, värme, vv)?
11. Har samordnad funktionsprovning utförts samt verifiering av mätningarna till det överordnade systemet, dvs. får man korrekt information från de olika mätarna och givarna i byggnaden.
12. Har Ni några inneklimatproblem? Orsak?
13. Vilken entreprenadform har Ni använt?
14. Hur skulle Ni önska att Ni skulle kunna arbeta för att få bättre energiprestanda i era byggnader? Verktyg, arbetssätt, idrifttagning, mätsystem, ...

projekt engagemang

15. Kan driftkortet följas för de olika systemen, innehåller de korrekt och aktuell information.
16. Är systemen på driftkortet de system som ursprungligen projekterades?

projekt engagemang

Resultat

Resultatet av förstudien förväntas ge ett underlag för att utveckla effektivare metoder och rutiner beträffande idrifttagning, driftanalyser och driftövervakning samt en plan för att testa detta i några utvalda pilotprojekt t.ex. två ombyggnadsprojekt och ett nyproducerat.

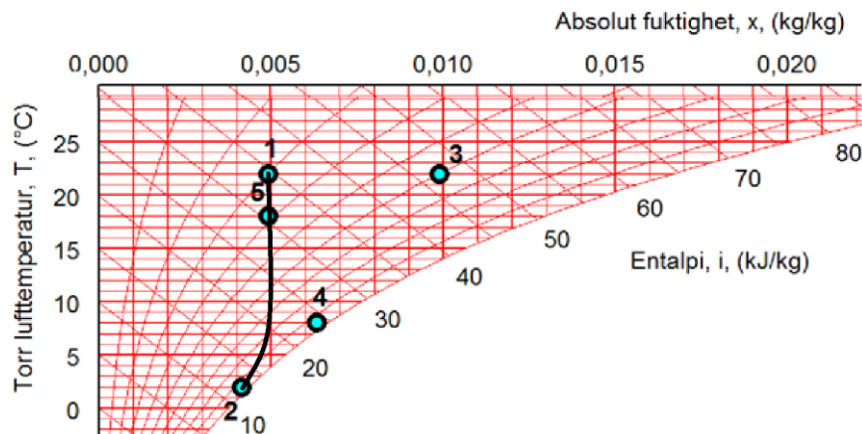
Exempel på nytta av resultatet:
BeBo håller nu på i kampanjen Halvera Mera att starta upp ett stort antal ombyggnadsprojekt med energieffektiviserande åtgärder. För att stötta dessa projekt kommer BeBo förstärka sin "resurspool" med fler experter. Dessa resurspersoner kommer att kunna få stöd av bättre metoder för driftanalyser och även möjligheter att implementera dessa metoder och rutiner för idrifttagning i dessa nya projekt.

projekt engagemang

BILAGA 2 TEORETISK ANALYS AV MÖJLIG VÄRMEÅTERVINNING MED FVP

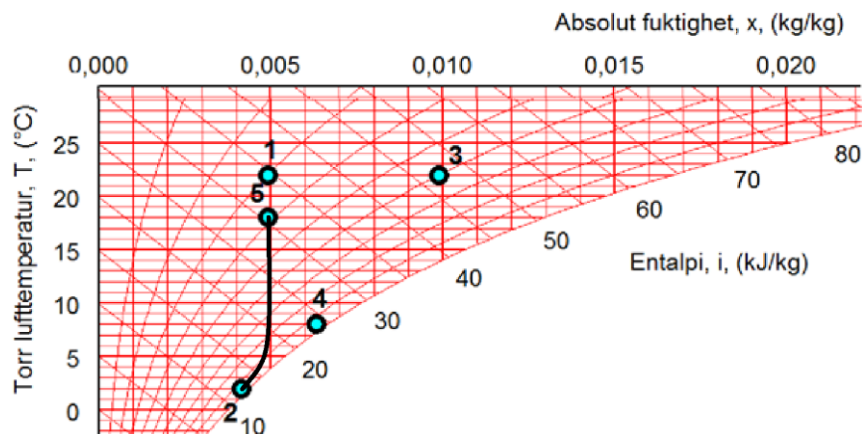
I exemplen nedan räknas med två olika flöden per kvm golvyta, dels $0,35 \text{ l/s, m}^2$ samt att man har 50 % förhöjt flöde i frånluftsfläkten, dvs. $0,525 \text{ l/s, m}^2$. För analyserna har Mollier Sketcher 2.1b använts från IV Produkt AB.

Under **vintern** kan man ha innetemperaturen 22°C och relativ fuktighet på 20-30 %. I exemplet nedan har valts 22°C , 30 % RF, "1" och frånluften kyls ner till $+2^\circ\text{C}$, "2". Man erhåller en viss kondensering i VÅV-batteriet. Entalpiminskningen är 22 kJ/kg , vilket räknat på $0,35 \text{ l/s, m}^2$ ger $9,3 \text{ W/m}^2$ som VÅV-batteriet tar upp ur frånluften. Med frånluftsflödet $0,525 \text{ l/s, m}^2$ erhålls 14 W/m^2 .



Figur 3 Mollierdiagram med vinterfall inlagt och utan temperaturförluster på vind.

Med en temperaturförlust på 4°C på frånluften till VÅV-batteriet blir frånluften 18°C och 38 % RF, "5", och frånluften kyls ner till $+2^\circ\text{C}$, "2". Entalpiminskningen är 18 kJ/kg , vilket räknat på $0,35 \text{ l/s, m}^2$ ger $7,6 \text{ W/m}^2$ som VÅV-batteriet tar upp ur frånluften. Med frånluftsflödet $0,525 \text{ l/s, m}^2$ erhålls 11 W/m^2 .

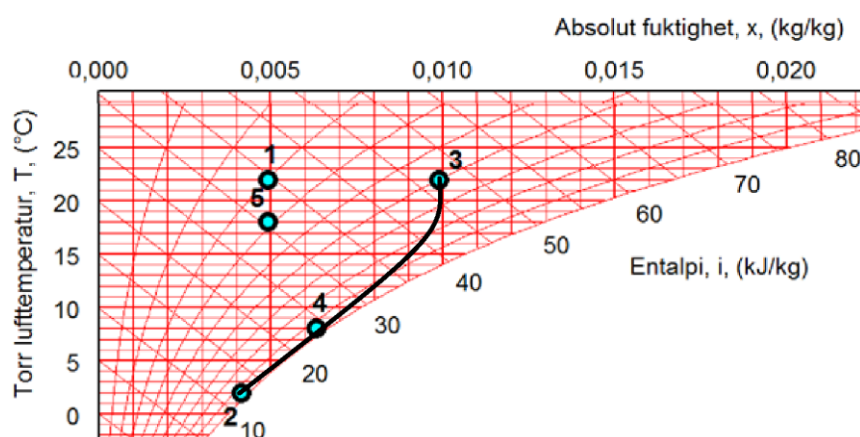


Figur 4 Mollierdiagram med vinterfall inlagt och med 4°C temperaturförluster på vinden.

Under **sommaren** kan man ha innetemperaturen 22 °C och den relativa fuktigheten är runt 60 %.

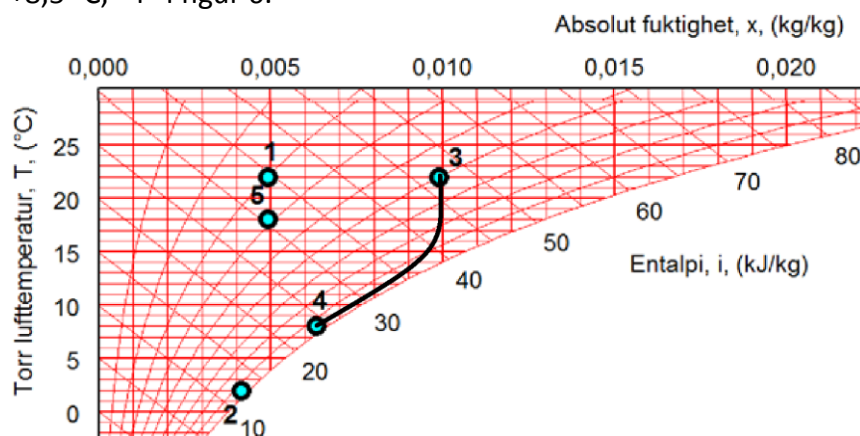
I exemplet nedan har valts 22 °C, 60 % RF, "3" och frånluften kylv ner till +2 °C, "2". Man erhåller en relativt stor kondensering i VÅV-batteriet. Entalpiminskningen är 35 KJ/kg, vilket räknat på 0,35 l/s,m² ger 15 W/m² som VÅV-batteriet tar upp under förutsättning att FVP och VÅV-batteri klarar av att ta upp den effekten, Figur 5.

Med frånluftsflödet 0,525 l/s,m² erhålls 22 W/m². vid nedkylning till +2 °C, "2".



Figur 5 Mollierdiagram med sommarfallet inlagt med tillräcklig effekt hos FVP och VÅV-batteri.

Klarar FVP bara av att ta upp 9,3 W/m² (som i vinterfallet) blir avluftstemperaturen +8,5 °C, "4" i figur 6.



Figur 6 Mollierdiagram med sommarfallet inlagt med begränsad effekt hos FVP.

En analys av ovanstående beräkningar, för att se vilken betydelse resultaten har. Om man dimensionerar ett VÅV-batteri för frånluften 22 °C, 30 % RF och avkylning till +2 °C, dvs. 9,3 W/m² och man erhåller 4 °C temperaturförlust på frånluften, så kommer

avluftstemperaturen teoretisk att bli $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, vilket betyder driftproblem. Med frånluften $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 % RF, $0,525\text{ l/s,m}^2$ och tar ut $9,3\text{ W/m}^2$ blir avluftstemperaturen $7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I sommarfallet när man tar ut $9,3\text{ W/m}^2$ blir avluftstemperaturen $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ vid $0,35\text{ l/s,m}^2$ samt $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vid $0,525\text{ l/s,m}^2$.

När man ser resultatet av beräkningarna inser man att det är av stor vikt att man har korrekt frånluftsflöde och frånluftstemperatur, för att dimensionera FVP och VÅV-batteri. FVP ska kunna avge värmen, som är 40 % större än upptagen värme (COP 3,5). För att ge en bättre översikt har beräkningarna ovan sammanställts i tabell 1.

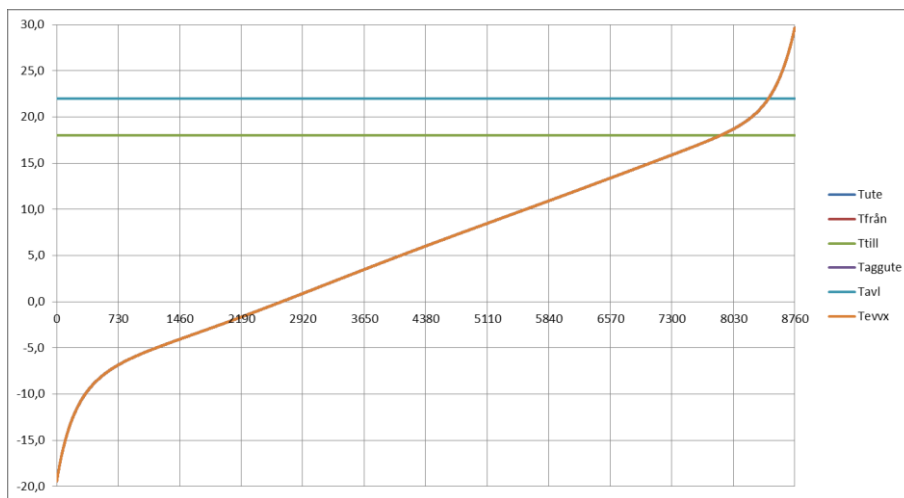
Tabell 1 Sammanställning av några olika driftsfall för FVP.

Lägenhet temp, RF	Frånluft före VÅV temp, RF	Avluft temp	Frånlufts- flöde	Värme- effekt
$^{\circ}\text{C}$, % RF	$^{\circ}\text{C}$, % RF	$^{\circ}\text{C}$	l/s,m^2	W/m^2
Vinterfallet				
22, 30	22, 30	2	0,35	9,3
22, 30	22, 30	2	0,525	14
22, 30	18, 38	2	0,35	7,6
22, 30	18,38	2	0,525	11
22, 30	18, 38	-0,4	0,35	9,3
22, 30	22, 30	7,5	0,525	9,3
Sommarfallet				
22, 60	22, 60	2	0,35	15
22, 60	22, 60	2	0,525	22
22, 60	22, 60	8,5	0,35	9,3
22, 60	22, 60	12,2	0,525	9,3

BILAGA 3 FTX: TEORETISK ANALYS AV AVFROSTNINGSFUNKTIONENS BETYDELSE FÖR ENERGIPRESTANDAN

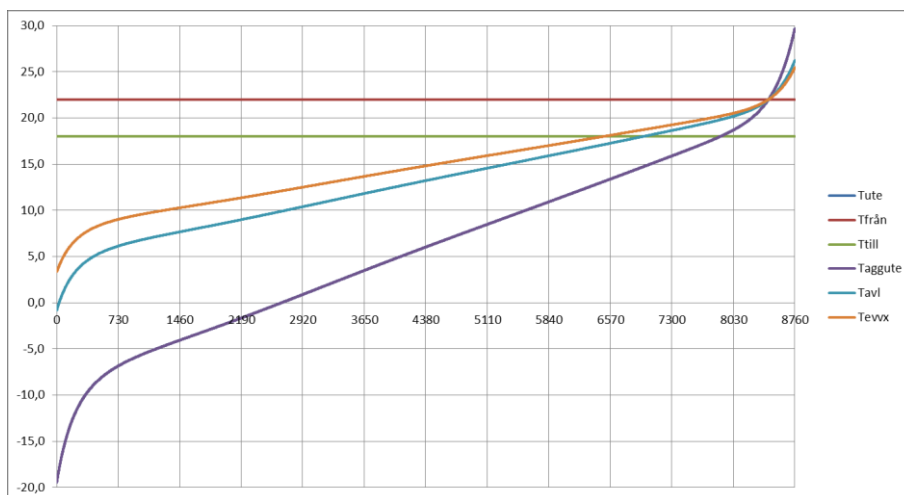
Tomas Hallens ekvation för utomhustemperaturens varaktighet med medeltemperaturen $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ har använts och frånluftstemperaturen är satt till $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ samt tilluftstemperaturen till $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. På samma sätt som i bilaga 2 är det räknat för golvyta.

Utan värmeåtervinning åtgår det $46\text{ kWh/m}^2\text{,år}$ värmeenergi och max värmeeffekt är $15,8\text{ W/m}^2$ för att värma uteluften till $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Frånluftens, $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, energiinnehåll relaterad till utomhusluften ger $60\text{ kWh/m}^2\text{,år}$ och $17,5\text{ W/m}^2$.



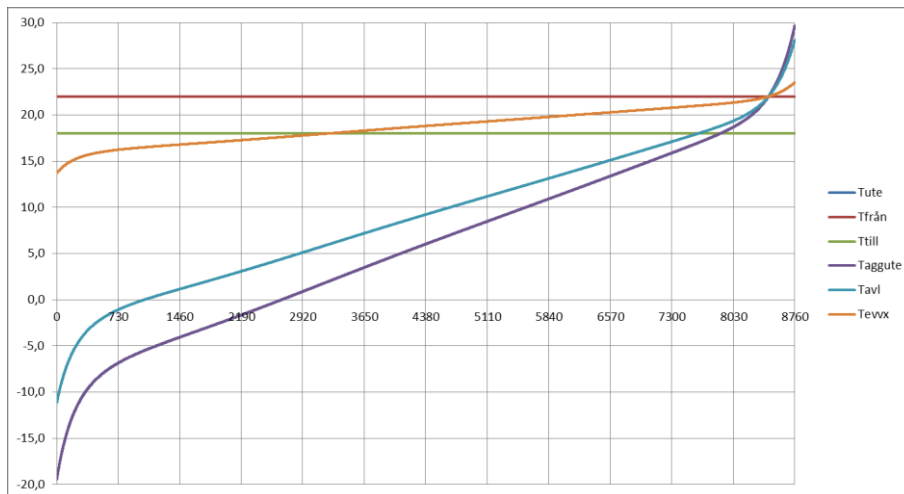
Figur 7 Temperaturer utan återvinning

Med 55 % torr temperaturverkningsgrad åtgår det $14\text{ kWh/m}^2\text{,år}$ värmeenergi och max värmeeffekt på $6,2\text{ W/m}^2$.



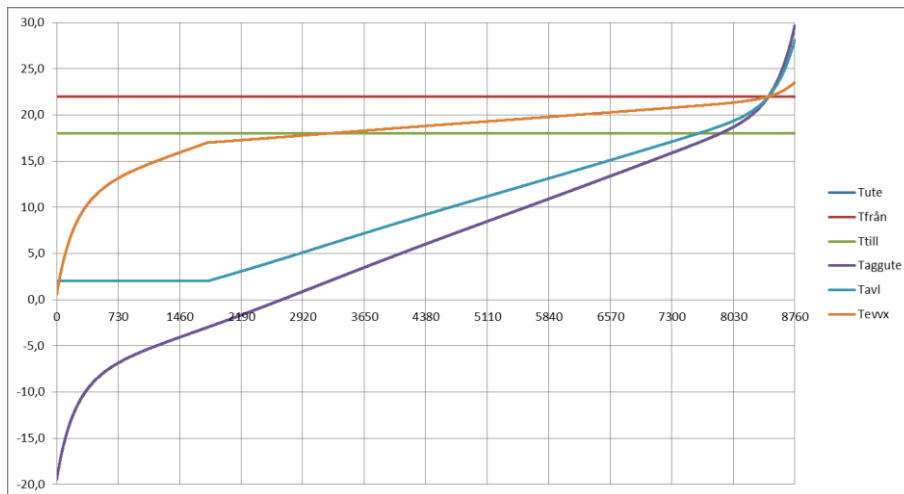
Figur 8 Temperaturer med 55 % torr temperaturverkningsgrad.

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad inget avfrostningsbehov åtgår det 1,7 kWh/m²,år värmeenergi och max värmeeffekt på 1,8 W/m².



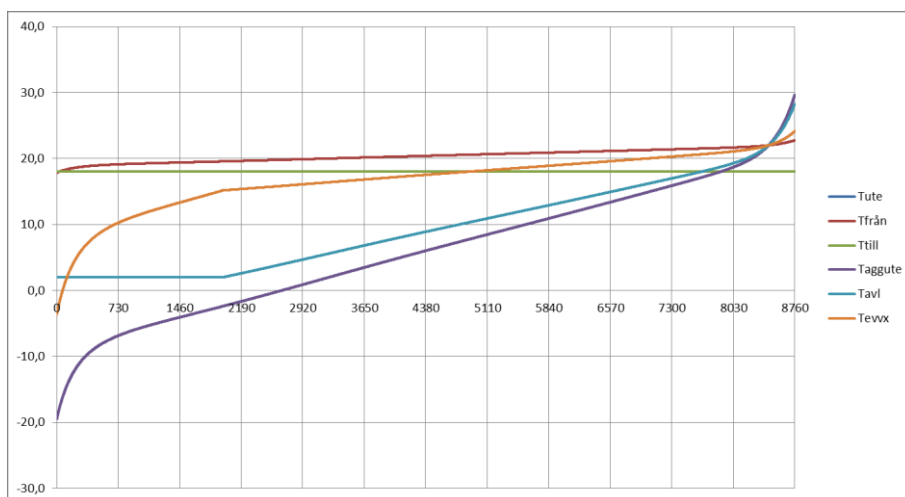
Figur 9 Temperaturer med 80 % torr temperaturverkningsgrad.

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad och man kan begränsa avluftstemperaturen till +2 °C pga. påfrysning åtgår det 4,2 kWh/m²,år och max värmeeffekt på 7,4 W/m².



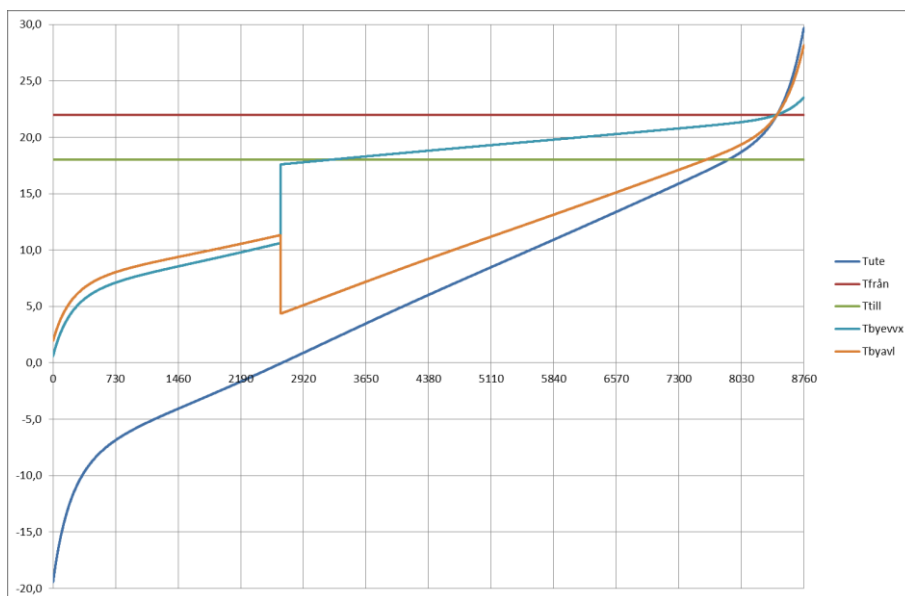
Figur 10 Temperaturer med 80 % torr temperaturverkningsgrad och min +2 °C avluftstemp.

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad, man tappar 10 % av temperaturdifferensen $T_{från} - T_{tute}$ samt att man begränsar avluftstemperaturen till $+2\text{ °C}$ åtgår $8,1\text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och max värmeeffekt på $9,1\text{ W/m}^2$.



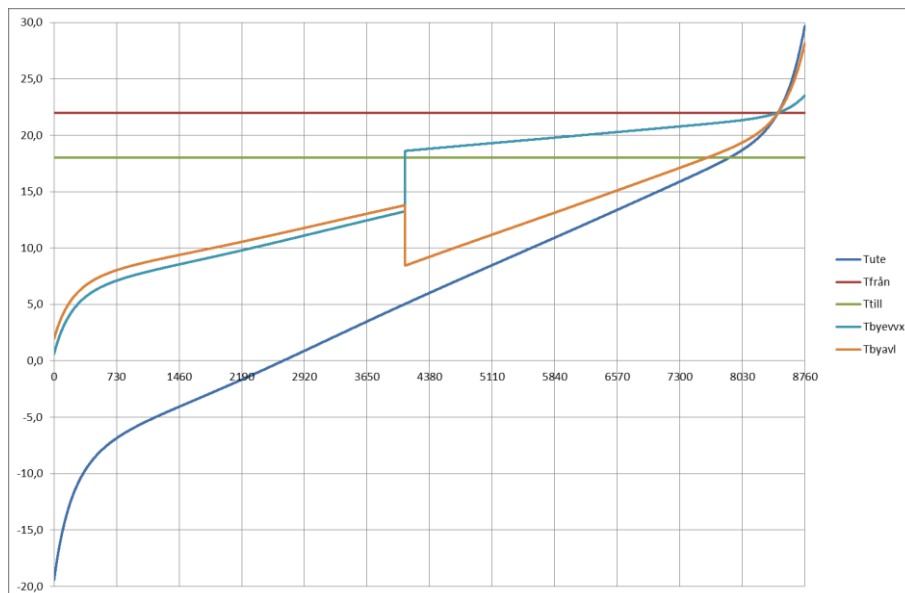
Figur 11 Temperaturer med 80 % torr temperaturverkningsgrad, 10 % temperaturfall på frånluftskanalen och min $+2\text{ °C}$ avluftstemperatur.

Bypass: Med 80 % torr temperaturverkningsgrad och man i stället för att styra temperaturverkningsgrad släpper förbi 45 % av frånluftslödet i en bypass, då uteluften är under 0 °C . Åtgår det $11,4\text{ kWh/m}^2, \text{år}$ och max värmeeffekt på $7,4\text{ W/m}^2$.



Figur 12 Temperaturer med 80 % torr temp.verkn.grad, 45 % bypass vid $T_{tute} < 0\text{ °C}$.

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad och man i stället för att styra temperaturverkningsgrad släpper förbi 45 % av frånluftsflödet i en bypass, då uteluften är under 5 °C. Åtgår det 15,7 kWh/m²,år och max värmeeffekt på 7,6 W/m².



Figur 13 Temperaturer med 80 % torr temp.verkn.grad, 45 % bypass vid Tute < 5 °C.

När man ser resultatet av beräkningarna inser man att det är av stor vikt hur avfrostningsfunktionen fungerar. Det är mycket viktigt vilken typ av avfrostningsfunktion man har och hur den styrs.

I bilaga 4 ges exempel på vilken effekt förvärmning har på VÅV.

För att ge en bättre översikt har beräkningarna ovan sammanställts resultatet i tabell 2.

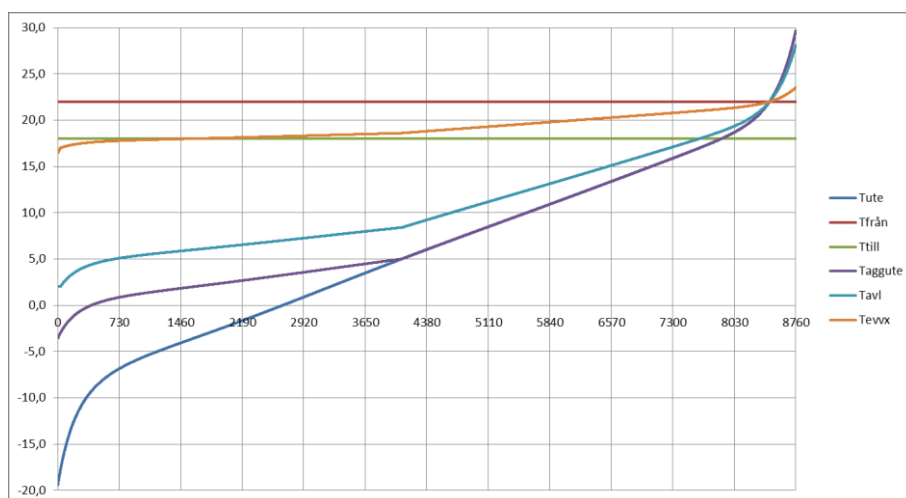
Tabell 2 Sammanställning av några teoretisk exempel på VÅV ur FTX,
Tute-medel +6 °C.

Temp- verkn. grad	Min avlufts- temp	Temp- fall frånluft	By- pass	By-pass vid Tute	Min. Tavl	Värme- energi	Värme- effekt
-	°C	%	%	°C	°C	kWh/ m ² ,år	W/m ²
0	-	-	-	-	22	46,1	15,8
55	-	-	-	-	-0,8	14,1	6,2
80	-	-	-	-	-11,2	1,7	1,8
80	2	-	-	-	2	4,2	7,4
80	2	10 %	-	-	2	8,1	9,1
80	-	-	45	0	2	11,4	7,4
80	-	-	45	5	2	15,7	7,4

När FJV-taxan går mer mot effekttaxa är det viktigt att analysera hur funktionen är när utetemperaturen är runt -15 °C.

BILAGA 4 FTX: ANALYS AV FÖRVÄRMNINGENS MINSKNING AV VÄRMEENERGI OCH VÄRMEEFFEKT

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad, förvärmning med borrhålsvatten och man kan begränsa avluftstemperaturen till +2 °C åtgår det 0,2 kWh/m²,år och max värmeeffekt på 0,7 W/m². Borrhålsvattnet måste kunna leverera upp till 6,7 W/m² vid 5 °C förvärmningstemperatur och 8,5 kWh/ m²,år.



Figur 17 Temperaturer med 80 % torr temp.verkn.grad, och förvärmning med borrhålsvatten. (Taggute är temperaturen efter förvärmningsbatteriet)

Har man förvärmning med borrhålsvatten kan man använda motströmsväxlare utan risk för påfrysning och man kan även under sommaren få viss kylning av tilluften. Så att man varma sommardagar kan tillföra sval tilluft till bostäderna utan att behöva köpa kyla.