

Förstudie - Förutsättningar för analyser av energieffektiva flerbostadshus funktioner och energianvändning

Version: 1.0

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

Per Kempe

PE Teknik & Arkitektur AB

2020-11-12

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	4
Executive summary	6
1. Inledning	8
1.1. Bakgrund.....	8
1.2. Syfte och mål.....	9
1.3. Genomförande	10
1.4. Energianvändning energieffektiva flerbostadshus Teori - praktik	11
1.5. Läsanvisningar - Tankar att ha med sig	14
2. Exempel på tidigare studier	17
2.1. Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet	17
2.2. Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning	17
2.3. Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie	18
2.4. Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus	19
2.5. Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning – BeBo-Förstudie.....	19
2.6. Glapp i byggprocessen – läckor i energisystemet	20
2.7. Drift- och Energiuppföljning.....	20
2.8. Brukaranpassad, hållbar byggnadsdrift med fokus på inneklimat och energiprestanda i kontor.....	21
2.9. Från beräkning till verklighet - Skillnader i energianvändning	22
2.10. Utvärdering av lågenergibygnader – Fallstudie 2017.....	22
2.11. Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017	23
2.12. Insamling och uppföljning av energidata. PILOT SABOs typhus KOMBO	24
2.13. Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2018	24
2.14. LÅGAN-Förstudie: Stegvis verifiering av delsystem.....	24
2.15. Energimätningar i flerbostadshus.....	25
2.16. Mätningar för verifiering av energiprestanda	26
2.17. Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2019	26
3. Exempel på vanliga avvikelser	27
3.1. VVC-förluster.....	27
3.2. Ventilationskanaler.....	30
3.3. Ventilationens energier.....	31
3.4. Problem med injustering och styrning värme	33
3.5. Vidareleveranser, betjäningssområden, mätning	34
3.6. Brister i modellering av installationssystem	35

3.7.	<i>Detaljerade analyser av installationssystem</i>	35
3.8.	<i>BEN-normering - Månadsvis</i>	36
3.9.	<i>Brister i klimatskärmen</i>	37
4.	Energiberäkningar	38
4.1.	<i>Energiberäkningar är ideala – Exempel på avvikelser</i>	38
4.2.	<i>Relationsenergiberäkningar</i>	38
5.	Granskning av bidragande projekt	39
5.1.	<i>Flerbostadshusprojekt som bidrar till förstudien</i>	39
5.2.	<i>Erfarenheter från bidragande projekt</i>	40
5.3.	<i>Förutsättningar för mätning och loggning</i>	43
5.4.	<i>Analyser av mätdata</i>	43
5.5.	<i>Erfarenheter från Workshop</i>	44
6.	Diskussion	46
6.1.	<i>Sammanfattande synpunkter från Workshops</i>	46
6.2.	<i>Sammanfattande synpunkter från Referensgruppmötena</i>	47
6.3.	<i>Hur blir vi bättre</i>	47
6.4.	<i>Spridning resultatet</i>	48
6.5.	<i>Fortsättning</i>	48
7.	Referenser	49
8.	Bilagor	51
	<i>Bilaga 1 - Sammanställning diskussioner på andra Workshopen</i>	52
	<i>Bilaga 2 Sammanställning diskussioner på referensgruppsmöten</i>	60
	<i>Bilaga 3 Mindre analys av mätdata med och utan förvärmning</i>	61

Förord

Förstudien är för att se på förutsättningar för analyser av energieffektiva flerbostadshus. Dvs kunskap om viktiga aspekter, exempel på vanliga brister, kontroll av handlingar och energiberäkningar samt möjligheter till bra mätningar för detaljerade utvärderingar.

Kontrollera hur ca 15 flerbostadshus uppfyller dessa förutsättningar. Dvs flerbostadshus från Norra djurgårdsstaden etapp 2 samt några av Stockholms stads allmännyttans energieffektiva flerbostadshus med flera.

Bidragande till förstudien har varierat mellan flerbostadshusprojekten men där finns Byggherrar, entreprenörer samt konsulter inblandade i de bidragande flerbostadshusprojekten. De har tagit fram underlag (ritningar, energiberäkningar, mätdata) och varit aktivt delaktiga i Workshops samt svarat på kompletterande frågor.

I förstudien avses area Atemp om inget annat anges. Det vill säga kWh/m²,år avser kWh/m²(Atemp),år

Arbetsgrupp

- Ivo Martinac, Professor, Avdelningen för Hållbara byggnader, Inst. F Bygghvetenskap, KTH
- Per Kempe, Tekn Dr., Gästforskare, Avd. Hållbara byggnader, Inst. F Bygghvetenskap, KTH, och Expert Installationsteknik samt Drift- och Energiuppföljning, PE Teknik och Arkitektur AB

Referensgrupp SBUF

- Kjell-Åke Henriksson JM
- Martin Jansson NCC
- Hans Söderström / Helen Aristondo Magnusson Installatörsföretagen
- Göran Werner Koordinator BeBo
- Jan-Ulric Sjögren Stockholm Stad
- Per Levin Projektledare Sveby
- Åsa Wahlström Koordinator LÅGAN

Representanter för BeBo-Förstudier

Agneta Persson Anthesis

Egil Öfverholm Anthesis

Förstudien är genomförd med finansiering från KTH, SBUF via JM samt BeBo-Förstudie via Aktea.

Stort tack till referensgruppen, Aktea/ Anthesis och alla som bidragit med information, ritningar, mätdata, etcetera samt diskussioner som gjort denna förstudie möjlig.

Det huvudsakliga arbetet i förstudien och rapportskrivningen har utförts av Per Kempe, PE, Teknik & Arkitektur AB.

Danderyd 2020-11-12

Per Kempe

Sammanfattning

Tidigare studier

Problematiken som adresseras i detta projekt har tagits upp i olika rapporter tidigare, men kvarstår ändå i de flesta nya byggnader. I kapitel 2 redovisas två studier om lågenergibyggnader från 2015 – 2017, som omfattar ca 45 byggnader var. Dessa två studier är ”Utvärdering av lågenergibyggnader – Fallstudie 2017” (kap.2.10) och ”Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017” (kap.2.11). I de båda studierna är det endast 25 % av byggnaderna, som uppfyller sin beräknade energiprestanda. Resten av byggnaderna använder mer eller mycket mer än beräknat.

Våren 2020 publicerade Stockholm stad sin utvärdering av Norra djurgårdsstaden etapp 2, som har uppmätta värden på i genomsnitt 70 kWh/m²,år (Hållbarhetsrapporten 2019) att jämföra med kravet 55 kWh/m²,år. Lyfts tappvarmvattenenergin (standardiserat brukande) bort från den uppmätta energianvändningen är uppmätt energianvändning för värme och fastighetsel i snitt 50 % över beräknat.

Förutsättningar för analyser

Förstudien har sett på förutsättningar för analyser av energieffektiva flerbostadshus för att öka möjligheten att de kan uppfylla den beräknade energianvändningen. Det vill säga tillgång till systemdokumentation, energiberäkningar/ energiberäkningsrapporter samt mätdata som erfordras/ önskas respektive möjlighet att hämta ut mätdata ur systemen och med vilken tidsupplösning.

Vid den översiktliga genomgången av flerbostadshusprojekten som ingick i förstudien iakttogs ett flertal orsaker/ detaljer som ger en högre energianvändning. Dock kan inte den exakta storleken för respektive orsak/detalj i respektive projekt anges i denna förstudie utan detta är del i det planerade större projektet, som omfattar detaljanalyser av olika orsaker/detaljer i energieffektiva flerbostadshus.

Teoretisk fördelning av energianvändning för energieffektivt flerbostadshus

Teoretisk energianvändningen i ett flerbostadshus med hög energieffektivitet 55 kWh/m²,år är:

- Varmvatten är 25 kWh/m²,år alternativt $0,9 \cdot 25 = 22,5$ kWh/m²,år (A-klassade blandare)
- Fastighetsel ca 10 kWh/m²,år
- Kvarstår till värme 22,5 kWh/m²,år (varav icke tillgodogjord VVC-förlust är någon kWh/m²,år, vädring 4 kWh/m²,år samt ca 10 % säkerhetsmarginal på beräkningen.)

Olika åtgärder kan bidra till att minska energianvändningen i de olika systemen. Solceller kan bidra med någon kWh/m²,år, som direkt kan nyttjas till fastighetsel. Solfångare och avloppsvärmeväxlare kan ge ett bidrag till varmvattenenergin om de erhåller en korrekt funktion i flerbostadshuset.

Det ställer väldigt höga krav på design, produkter, injustering, drift etcetera, för att byggnaden ska kunna bli så bra som tänkt/projekterat.

Exempel på avvikelser i energieffektivt flerbostadshus och deras betydelse

Några vanliga avvikelser och deras påverkan på energianvändning i ett nybyggt flerbostadshus.

Bedömt vid 23 °C och låg hushållsel 20 kWh/m²,år, 15 % avvikelser i luftflödesbalans samt problem med ventilationsaggregatets funktion:

- Korrektur för innetemperatur: 2 - 3
- Korrektur för avvikelse hushållsel: 3
- Betydelse för luftflödesobalans: 6
- Betydelse för avvikelse ventilationsaggregat: 4
- VVC-förluster som inte kan tillgodogöras: 4
- Total påverkan av olika avvikelser: ca 19 - 20 kWh/m²,år.

Således finns med lite småfel och utan BEN-normering en risk att värmeanvändningen kan bli dubblerad.

Tillgång till dokumentation

För de flesta flerbostadshusprojekten mejlades önskad dokumentation, men för några erhöles en inloggning till webbserver med deras relationshandlingar.

Energiberäkningar

I en del energiberäkningarna är inte uppdaterade till hur det blev byggt. Det vill säga hänsyn till förändringar under byggprocessen av systemval och produkter samt brister i idrifttagning och injustering. Relationsenergiberäkningen ska redovisa relevant månadsenergier för olika system i byggnaden vilka driften kan jämföra med sina uppmätta energier.

Energiberäkningen bör revideras vid tre skeden i byggprocessen utöver den beräkning som sker i tidiga skeden med arkitektens arbete med byggnadsutformningen:

- Systemhandling (SH) – Systemval, schaktplacering, funktionskrav, etcetera
- Bygghandling (BH) – Handlingar över tekniska systemlösningar för byggnaden, som ska byggas.
- Relationshandling (RH) – Verkligt utförande, som tar hänsyn till förändringar, som kan ske under byggprocessen av systemval och produkter samt att det vid idrifttagning och injustering blir avvikelser mot projekteringen.

I energiberäkningar av byggnader underskattar/ försummas ofta värmeförluster från distributionssystem med avvikande medietemperatur mot omgivningen som VVC-förluster och ventilationskanals förluster, främst utelufts- och avluftskanalerna. Luftflödesobalans kan ge ett ökat värmebehov och driftstörningar i ventilationens värmeåtervinning, samt brister i injusteringen och styrning av värmesystemen.

Genomgång av energiberäkningsrapporter för de flerbostadshusprojekten som ingår i denna förstudie visade en variation på "nivån" för energiberäkningarna samt att det finns många olika påslag som kan bli i storleksordningen halva beräknade värmeenergin för ett energieffektivt flerbostadshus. Det finns ett behov att styra upp hur mycket av en energipost, som är schablonvärde. Det bör inte vara mer än 10 – 20 %, annars blir resultatet av energiberäkningen alltför beroende på schablonvärden.

Förutsättningar för mätning och loggning.

Sveby Mätanvisningar 2.0 2020-06-19 samt detaljmätningar (loggning i styrsystem) för funktioner i installationssystemen. De flesta av de granskade flerbostadshusen i förstudien har goda mätförutsättningar och 40 % av flerbostadshusprojekten kan logga 5-min-data. Dock är inte betjäningssområden kontrollerade, för energimätare, etcetera, då platsbesök inte genomförts.

Analys av mätdata

Visar att tim-mätdata räcker för att hitta en del avvikelser mellan tänkt och verklig funktion. Är det snabba förlopp är 5-min-mätdata att föredra och i bilaga 3 visas exempel på hur avfrostning fungerar.

Exemplet i bilaga 3 visade på två orsaker till ökad energianvändning. Stor obalans i ventilationens luftflöden samt felplacerad rökdetektor som indikerade och öppna förbigång förbi ventilationens värmeväxlare på grund av matlagning.

Energibesiktning

Med energibesiktning och komplettering av stegvis verifiering av delsystem blir det större fokus på funktion och energianvändning, för de olika delsystemen samt återkoppling skapas till hur delsystemen fungerar. Då blir det bättre förutsättningar för att byggnaden ska kunna uppfylla sin beräknade energianvändning. Det behöver skapas och spridas goda exempel.

Hur bli vi bättre

Det är viktigt med detaljer i energieffektiva byggnader. Detaljer som kunde försummas för 15 år sedan måste man ta hänsyn till nu eftersom värmeanvändningen idag är en bråkdel av vad den var då. Därför finns ett stort behov av att gå igenom metoder, arbetssätt, med mera, för att tillse att tillräcklig hänsyn tas till de viktiga detaljerna i energieffektiva byggnader.

Executive summary

Previous studies

The problems addressed in this pre-study have been addressed in various reports earlier, but still remain in most new buildings. Chapter 2 presents two studies on low-energy buildings from 2015 - 2017, covering approximately 45 buildings each. These two studies are "Utvärdering av lågenergibygnader – Fallstudie 2017" (Chapter 2.10) and "Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017" (Chapter 2.11). In both studies, it is only 25% of the buildings that meet their estimated energy performance. The rest of the buildings use more or much more than expected.

In spring 2020, the City of Stockholm published its evaluation of "Norra djurgårdsstaden stage 2", which has measured values of an average of 70 kWh/m²,year (Hållbarhetsrapporten 2019) to compare with requirement 55 kWh/m²,year. If hot tap water energy (standardized use) taken away from the measured energy use, the measured energy use for heating and facility electricity is 50% above calculated.

Prerequisites for analysis

The pre-study has looked at the conditions for analyses of energy-efficient apartment buildings in order to increase the possibility that they can meet the estimated energy use. That is, access to system documentation, energy calculations / energy calculation reports as well as measurement data that is required / desired and the possibility of retrieving measurement data from the systems and with what time resolution.

The general review of the apartment building projects that were included in the pre-study, a number of reasons / details were observed that give a higher energy use. However, the exact size of each cause / detail in each project cannot be stated in this pre-study, but this is part of the planned larger project, which includes detailed analyses of various causes / details in energy-efficient apartment buildings.

Theoretical distribution of energy use for energy-efficient apartment buildings

Theoretical energy use in an apartment building with high energy efficiency 55 kWh/m²,year is:

- Hot tap water is 25 kWh/m²,year or $0,9 \cdot 25 = 22,5$ kWh/m²,year (A-rated mixers)
- Property electricity about 10 kWh/m²,year
- Remains heating 22,5 kWh/m²,years (of which uncredited VVC loss is a couple of kWh/m²,year, airing 4 kWh/m²,year and about 10 % safety margin on the calculation.)

Different measures can help to reduce energy use in the different systems. PV can contribute with some kWh/m²,year, which can be used directly for property electricity. Solar collectors and sewage heat exchangers can contribute to the hot tap water energy if they obtain a correct function.

This places very high demands on design, products, adjustment, operation, etc., so that the building can be as good as intended/ projected.

Examples of deviations in energy-efficient apartment buildings and their importance

Some common deviations and their impact on energy use in a newly built apartment building.

Assessed at 23 °C and low household electricity 20 kWh/m²,year, 15 % deviations in airflow balance and problems with the function of the ventilation unit:

- | | |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|
| • Correction for indoor temperature: | 2-3 |
| • Correction for deviation household electricity: | 3 |
| • Importance for airflow imbalance: | 6 |
| • Importance for deviation ventilation units | 4 |
| • VVC losses not eligible: | 4 |
| • Total impact of various deviations: about | 19-20 kWh/m ² ,year. |

Thus, with a few small errors and without BEN normalization, there is a risk that heat use may be doubled.

Access to documentation

For most apartment building projects, the desired documentation was emailed, but for some a login to the web server was obtained with their as-built documents.

Energy calculations

Some energy calculations are not up to date on how it was built. That is, consideration of changes during the construction process of system selection and products as well as shortcomings in commissioning and adjustment. The as-built energy calculation must report relevant monthly energies for different systems in the building which the operation can compare with its measured energies.

The calculation should be revised at three stages of the construction process in addition to the calculation that takes place in the early stages of the architect's work on the building design:

- System document (SH) – System selection, shaft placement, functional requirements, etc.
- Construction document (BH) – Documents of technical system solutions for the building, to be built.
- As-built document (RH) – Actual design, which takes into account changes, that may occur during the construction process of system selection and products and that there are deviations from the design during commissioning and adjustment.

In energy calculations of buildings, heat losses from distribution systems with deviating from ambient temperature such as VVC losses and ventilation duct losses are often underestimated/neglected, mainly outdoor air- and exhaust ducts. Airflow imbalance can increase heat demand and malfunctions in ventilation heat recovery, as well as deficiencies in the adjustment and control of the heating systems. Review of the energy calculation reports for the apartment building projects included in this pre-study showed a variation in the "level" of the energy calculations and that there are many different additions that can be in the order of half the calculated thermal energy for an energy-efficient apartment building. There is a need to control how much of an energy item, which is standard values. It should not be more than 10-20 %, otherwise the result of the energy calculation will be too dependent on standard values.

Conditions for measurement and logging.

"Sveby Mätanvisningar 2.0 2020-06-19" and detailed measurements (logging in control system) for functions in the installation systems. Most of the examined apartment buildings in the pre-study have good measurement conditions and 40% of apartment building projects can log 5-min data. However, "service areas" are not checked, for energy meters when site visits do not have been carried out.

Analysis of measurement data

Shows that hourly measurement data is sufficient to find deviations between the intended and actual function. If the rapid changes should be analysed, 5-min measurement data is preferable.

The example in Appendix 3 revealed two reasons for increased energy use. Large imbalance in ventilation air flows and misplaced smoke detector that indicated and open bypass past the ventilation heat exchanger due to cooking.

Energy inspection

With energy inspection and completion of step-by-step verification of subsystems, there will be a greater focus on function and energy use, for the various subsystems. And feedback is created on how the subsystems work. Then there will be better conditions for the building to be able to meet its estimated energy use. Good examples need to be created and disseminated.

How do we get better

Details of energy-efficient buildings are important. Details that could have been neglected 15 years ago must be taken into account now because the use of heat today is a fraction of what it was then. Therefore, there is a great need to review methods, working methods, etc., to ensure that sufficient consideration is given to the important details in energy-efficient buildings.

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Problematiken som adresseras i detta projekt har tagits upp i olika rapporter tidigare, men kvarstår ändå i de flesta nya byggnader. I kapitel 2 redovisas två studier om lågenergibygnader från 2015 – 2017, som omfattar ca 45 byggnader var. Dessa studier är "Utvärdering av lågenergibygnader – Fallstudie 2017" (kap.2.10) och "Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017" (kap.2.11). Det är endast 25 % av byggnaderna i de båda studierna, som uppfyller sin beräknade energiprestanda. Resten av byggnaderna använder mer eller mycket mer än beräknat.

Våren 2020 publicerade Stockholm stad sin utvärdering av Norra djurgårdsstaden etapp 2, som har uppmätta värden på i genomsnitt 70 kWh/m²,år (Hållbarhetsrapporten 2019) att jämföra med kravet 55 kWh/m²,år. Detta är lite bättre än 76 kWh/m²,år, som redovisades i Hållbarhetsrapporten 2018. Lyfts tappvarmvattenenergin (standardiserat brukande) bort från den uppmätta energianvändningen är uppmätt energianvändning för värme och fastighetsel i snitt 50 - 70 % över beräknat.

Ett energieffektivt flerbostadshus beräknas idag använda runt 20 kWh/m²,år värme att jämföra med för 15 år sedan då värmeanvändningen kunde vara 4–5 gånger högre för flerbostadshuset. (Varmvatten borträknat som är ett standardiserat brukande/energianvändning).

För att nå dagens mycket låga värmeanvändningen är allt optimerat, för mycket låg värmeanvändning. Små fel och brister i energiberäkning, projektering, byggproduktion och drift får då stor betydelse.

Frånluften i flerbostadshus värmeinnehåll (Stockholm) är runt 56 kWh/m²,år och huvuddelen återförs med värmeåtervinning om luftflödesbalans och korrekt funktion hos ventilationens värmeåtervinning föreligger. Vad innebär bristande funktion energimässigt?

10 % av frånluftens energi motsvarar 30 % av ett energieffektivt flerbostadshus värmeanvändning, så det är viktigt att ha mycket god kontroll på ventilationens luftflödesbalans och dess värmeåtervinning.

Orsakerna till att nya byggnader ofta har en högre energianvändning än beräknat kan vara:

- Okunskap och felskattningar i tidiga skeden (program- och systemskedet), då grundförutsättningarna sätts
- Förluster från distributionssystemen försummas eller underskattas. Mediesystem med en medietemperatur som avviker från omgivningens temperatur. Exempelvis VVC-förluster, värmeförluster från/ till utelufts- och avluftskanalerna
- Brister i injustering, idrifttagning och återställning efter driftstopp
- Ofta används schabloner i energiberäkningarna, vilka många gånger är orealistiska
- Brister i det som modelleras
- Mätning och uppföljning av energikrav relativt komplicerat och görs därför inte i tillräcklig omfattning (bland annat mätare och betjäningsområden)

1.2. Syfte och mål

I nyligen sökt E2B2-projektet/ djupanalysen (2021–2022) är det planerat att undersöka 8 - 10 flerbostadshus med stor avvikelse i energianvändningen samt 2 - 4 flerbostadshus med god överensstämmelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning, för att kunna redogöra för både goda och mindre effektiva exempel. I första hand avses att analysera flerbostadshusprojekt från Norra Djurgårdsstadens Etapp 2 och Stockholms allmännyttan.

Det sökta projektet har målsättningen att öka förståelsen om orsakerna för de betydande avvikelserna mellan beräknad och uppmätt funktionskvalitet och energianvändning i energieffektiva flerbostadshus. Studien avses belysa när i byggprocessen samt i vilka undersystem som avvikelserna företrädesvis uppstår. Bättre kunskap kring de vanligast förekommande avvikelserna förväntas succesivt leda till en bättre kravuppfyllelse genom byggprocessen för en effektivare byggnadsdrift och bättre energiprestanda. För att verifiera att inga större brister (till exempel köldbryggor) förekommer i klimatskärmen avses Saint Gobains klimatskalkskontroll att användas i det sökta projektet.

Det finns två stora problem vilka är:

- Mäta rätt saker i byggnaden för att kunna verifiera funktion, energianvändning och brukarpåverkan. Mätningarna ska vara möjliga att jämföra med de beräknade förutsättningar och resultat.
- Få ut kunskapen om viktiga detaljer i energieffektiva byggnader och att det används i projekten.

Det är ofta svårt att se egna brister i arbetet med energieffektiva byggnader och det är samtidigt viktigt med alla detaljer i energieffektiva byggnader. Detaljer som kunde försummas för 15 år sedan måste tas hänsyn till nu eftersom värmeanvändningen idag är en bråkdel av vad den var då. Därför finns ett stort behov av att gå igenom metoder, arbetssätt, med mera, avseende hur de detaljerna behandlas för energieffektiva byggnader i olika skeden av byggprocessen.

Mål för förstudien

Målet med denna förstudie har varit att se på förutsättningar för analyser av energieffektiva flerbostadshus. Det vill säga tillgång till systemdokumentation, energiberäkningar/ energiberäkningsrapporter, mätdata som erfordras/ önskas samt möjlighet att hämta ut mätdata ur systemen med lämplig tidsupplösning för analyser. Det stora projektet ska ha möjlighet att analysera systemen, se orsaker till avvikelser/ fel samt deras betydelse. Detta för att kunna informera branschen om orsaker/ fel till avvikelse i energianvändning och deras energibetydelse, för att i framtiden öka möjligheten att energieffektiva flerbostadshus uppfyller sin beräknade energianvändning.

Kontroll/ översiktliga genomgången av de 15 flerbostadshusprojekten i förstudien beträffande:

- Förutsättningar för mätning och loggning. I princip Sveby Mätanvisningar 2.0 2020-06-19 samt detaljmätningar (loggning styrsystem) för funktioner i installationssystemen
- Tillgång till (och status/tekniklösningar) systemdokumentation, energiberäkningar, mätdata
- Mindre analys av mätdata. I vilken utsträckning de 15 flerbostadshus uppfyller förutsättningarna

Målet har varit att 12 av de 15 flerbostadshusen ska ha tillräckligt bra förutsättningar för att (med mindre justeringar) kunna ingå som studieunderlag i det större projektet. Av dessa bör 2–4 av flerbostadshusen uppfylla sin beräknade energiprestanda och funktion, så att det finns både goda exempel och mindre effektiva exempel, som kan analyseras i större projekt.

Två Workshops har genomförts med representanter för flerbostadshusen (fastighetsägare, entreprenör, etcetera)

- Kravlista "förutsättningar": Hur kontrollera kravuppfyllelse på energieffektiva flerbostadshus. bland annat vilka mätningar och möjligheter att hämta ut historiska mätdata behövs?
- Utfall av kontroll av de 15 flerbostadshusen. Är kravlistan rimlig?

1.3. Genomförande

När ansökan om medel för förstudien lämnades in i mitten av maj planerades för följande tidplan 2020-06-08 – 2020-10-15, men det tog till slutet av juni innan finansieringen var klar så projektiden blev 2020-07-01 – 2020-10-31.

Detta innebar att uppstartsarbetet som skulle ha skett i juni hamnade i semesterperioden, så tidplanen blev förskjuten. Nedan är ursprunglig tidplan.

Juni	<p>Lista upp och motivera de mätningar som krävs för att kunna följa upp de energieffektiva flerbostadshusen i mer detalj, för att ha möjlighet att förstå var avvikelser mellan beräknad och uppmätt energianvändning uppstår. Dvs. vilka signaler, upplösning, samplingsintervall krävs samt krav på vad som måste kunna hämtas ut ur systemen i flerbostadshuset.</p> <p>Förslag på 15 energieffektiva flerbostadshus (minst 25 % bättre än BBR) från Sthlm stad (Norra Djurgårdstaden etapp 2 samt Sthlm allmännytta) som var färdigställda för 2 - 5 år sedan samt bedöms uppfylla kraven på mätningar och möjligheter att hämta ut mätdata.</p> <p>Workshop om förutsättningarna med intressenter inklusive byggherrar och entreprenörer för de ca 15 flerbostadshus som förstudien ska kontrollera mät och samplingsstatus hos.</p> <p>Workshop om förutsättningarna med referensgruppen samt byggherrar och entreprenörer för de ca 15 flerbostadshus som förstudien ska kontrollera mätstatus och möjligheter att hämta ut mätdata.</p>
Juli	-
Augusti	<p>Kontrollera hur väl de 15 flerbostadshusen uppfyller krav med provhämtningar av mätdata och analys av mätdata samt tillgång till dokumentation och energiberäkningar/ energiberäkningsrapporter med beräkningsförutsättningar. Det förekommer att tidiga antaganden inte kontrolleras senare i projekten och att förutsättningar för beräkningar då inte uppfylls. Samt det förekommer att det inte i beräkningsprogrammen är möjligt att modellera mer komplexa lösningar avsedda att ge en högre energieffektivitet, vilket kan ge avvikande beräkningsresultat.</p>
September	<p>Fortsatt kontroll av mätförutsättningar mm för de 15 flerbostadshusen.</p> <p>Kontroll av möjligheter att genomföra Saint Gobains metod för korttidskontroll av klimatskärms funktion i det större projektet för de 15 flerbostadshusen.</p> <p>Workshop med intressenter om hur flerbostadshusen uppfyller kraven och vilka möjligheter som finns att förbättra dessa vid brister i uppfyllande av förutsättningarna.</p> <p>Diskussion om resultatet med projektgrupp för större ansökan om analyser avvikelser för energieffektiva flerbostadshus.</p> <p>Diskussion om resultatet med projektgrupp för större ansökan om analyser av avvikelser för energieffektiva flerbostadshus.</p> <p>Målet är att 12 av flerbostadshusen ska ha tillräckligt bra mätförutsättningar, så att de kan vara möjliga att använda i det större projektet med endast mindre kompletteringar.</p>
Oktober	Slutrapport förstudie
November	Diskussioner med flerbostadshusägare om bidrag till den större studien, som har sökts.

1.4. Energianvändning energieffektiva flerbostadshus Teori - praktik

För att ge en uppfattning om storleksordningen på olika energianvändningsposter i energieffektiva flerbostadshus, vilken brukarpåverkan kan vara samt vilken energipåverkan olika fel kan ha.

Beräkningsmässig fördelning av energianvändningen för energieffektivt flerbostadshus

Teoretisk energianvändningen i ett flerbostadshus med hög energieffektivitet 55 kWh/m²,år är:

- Varmvatten är 25 kWh/m²,år alternativt $0,9 \cdot 25 = 22,5$ kWh/m²,år (A-klassade blandare)
- Fastighetsel ca 10 kWh/m²,år
- Värme 22,5 kWh/m²,år (varav icke tillgodogjord VVC-förlust är någon kWh/m²,år, vädring 4 kWh/m²,år samt ca 10 % säkerhetsmarginal på beräkningen.)

Olika åtgärder kan bidra till att minska energianvändningen i de olika systemen. Solceller kan bidra med någon kWh/m²,år, som direkt kan nyttjas till fastighetsel. Solfångare och avloppsvärmeväxlare kan ge ett bidrag till varmvattenenergin om de erhåller en korrekt funktion i flerbostadshuset. (Förekommer driftstörningar, så god idrifttagning och driftövervakning behövs).

Det ställer väldigt höga krav på design, produkter, injustering, drift etcetera, för att byggnaden ska kunna bli så bra som tänkt/projekterat.

Brukarpåverkan

Brukarbeteendet får en relativt sett större betydelse för energieffektiva byggnaders energianvändning än för byggnader med högre energianvändning.

Känslighetsanalyser utförda med IDA ICE beräkningar i projekt om Kombohus (Levin, P., et al. 2018) för innetemperatur och hushållselanvändningens påverkan på värmeanvändningen indikerade att:

- Avvikelse i innetemperatur från 21 °C ger 1,0 - 1,5 kWh/m²,år, °C (Tabell 1, kap. 2.11), vilket är något mer än 5%/°C
- Avvikelse i hushållselanvändning ger ca 70 % av avvikelsen per månad på värmen under uppvärmningssäsongen. Det vill säga en avvikelse på 10 kWh/m²,år på hushållselanvändningen ger en avvikelse på ca 3 kWh/m²,år på värmen.

Varmvatten normeras till normal användning 25 kWh/m²,år alternativt $0,9 \cdot 25$ om A-klassade blandare. Om månadsanalyser utförs utifrån köpt fjärrvärme på delenergi behöver hänsyn tas till inkommande kallvattnets variation över året. Inkommande kallvatten är som kallast i februari (2 – 5 °C) och varmest i augusti (15 – 18 °C), så energimängderna för att värma varmvattnet varierar över året.

Exempel på fel/avvikelse i energieffektiva flerbostadshus från felsökningar/ optimeringar

För att ge en viss förståelse för vilka avvikelser som kan erhållas i energianvändningen ges några exempel från felsökningar och optimeringar av energieffektiva flerbostadshus från de sista 8 - 10 åren.

Avvikelse för ventilationen är en av de svårare avvikelserna att upptäcka och förstå. Ventilationen står för mycket stora energiflöden, se tabell 4 och 5 i kapitel 3.3. Flerbostadshus i Mälardalen behöver ca 50 kWh/m²,år för att värma inkommande uteluft och huvuddelen av den värmen bör komma från värmeåtervinning ur frånluften, som innehåller ca 56 kWh/m²,år (beror på frånluftstemperaturen). Detta kan jämföras med det totala värmebehovet för energieffektivt flerbostadshus, vilket är runt 20 kWh/m²,år.

Energiberäkningar bygger oftast på en ideal funktion för ventilationen, så en avvikelse från den ideala funktionen kommer att få signifikant betydelse för byggnadens energianvändning.

Tio procent avvikelse på luftflödesbalansen ger en total ökning på 3 - 4 kWh/m²,år för flerbostadshusets värmeanvändning. När en byggnad har 10 % underskott på tilluft erhålls ett inläckage av uteluft in i byggnaden och den värms upp med byggnadens värmesystem, vilket blir lite mer än 4 kWh/m²,år i ökad

värmeanvändning. Samtidigt minskar ventilationsaggregatets behov av eftervärme med strax under 1 kWh/m²,år, då temperaturverkningsgraden stiger vid mer frånluft än tilluft. Se tabell 5 i kap.3.3, I detta bör beaktas att det är mycket svårt att få ett mindre fel på luftflödesmätningar än 5 % och att det i slutet av byggprojekt oftast är mycket ont om tid för injustering, idrifttagning och samordnad funktionsprovning. En större luftflödesobalans eller försämrad funktion för värmeåtervinningen kommer att öka värmebehovet, vilket kraftigt försämrar energieffektiva byggnaders energiprestanda.

Vid felsökning av Passivhus som ej klarade av att hålla innetemperaturen när det var kallt ute framkom att luftflödesbalansen var 0,7 (Tilluft 28 l/s / Frånluft 40 l/s) och värmeeffektbehovet ökade med ca 40 %. Orsaken till luftflödesbalansen berodde på felaktigt åtgärdat ljudproblem från tilluftsdon i ena sovrummet. Ventilationsinstallatören trodde att passivhuset var helt tätt och drog därför ner tilluftsfläkten för att få ner ljudet från tilluftsdonet. Passivhuset var betydligt tätare än passivhuskravet, men ändå läckte det in 12 l/s i lägenheten vid ett undertryck på 15 Pa. När luftflödena återställdes försvann värmeeffektproblemet, så passivhuset klarade av att hålla önskad innetemperatur under vintern.

Avvikelser i funktionen för ventilationsaggregaten som ger en ökad energianvändning: avfrostning, bypassläckage, luftflödesobalans för ventilationsaggregat, felaktig styrning, etcetera. Ventilationsutmaningarna med mycket lufttäta byggnader föranledde att Byggtjänst kom ut med skriften "Injustering av luftflöden i luftbehandlingsystem" hösten 2019 som är en revidering av Injustering av luftflöden i ventilationsinstallationer – beskrivning av proportionalitetsmetoden (T12:1981), så att lägenheterna numera ska vara tryckavlastade under injustering.

Värmeförluster till utelufts- och avluftskanalerna

Vid lägenhetsaggregat tas oftast inte hänsyn i energiberäkningen till värmeförluster från ute- och avluftskanalerna. De kanalerna är ofta bara kondensisolerade, eftersom det är för trångt för mer isolering och ofta uppgår förlusterna till runt 4 kWh/m²,år. Denna typ av förlust behöver även tas hänsyn till för centrala ventilationsaggregat i källaren och ute/ avluft placerat på taket, då det blir långa dragningar inom klimatskärmen.

VVC-förluster i ett nybyggt flerbostadshus var ansatt MEBY klass B samisolerade varmvatten och varmvattencirkulationsrör, 28 W/lägenhet, vilket motsvarar 2 kWh/m²,år och i projekteringen skall värmeförlusterna beräknas utifrån löpmeter rör och isolering, vilket aldrig utförts/redovisats. Verkligt utförande och handlingar är separata rör från fördelare i källaren till lägenheterna, uppmätt VVC-förlust 8 kWh/m²,år. Detta har ej observerats i projektet trots flera genomgångar om varför energianvändningen var för hög i flerbostadshuset.

Det finns många exempel på flerbostadshus med betydligt högre VVC-förluster bland annat i BeBos projekt om VVC-förluster där ett relativt nybyggt flerbostadshus hade 23 kWh/m²,år. (lika mycket som total värme i energieffektivt flerbostadshus, men ligger fel tidsmässigt).

Distributionsförluster från värmerör är del av värmeavgivningen och ej styrd. De orsakas av felaktig injustering av värme, fel max-begränsning av termostater, fel i undercentral, som ger för hög framledningstemperatur och felaktig pumpstyrning. Detta indikerades som ett av problemen i analyserna av Kombohus Bas. Problemet med för mycket värmeavgivning kan ge mer vädring och större värmeförluster, vilket inte får korrigeras enligt BEN, då det är ett fel i installationsystem.

Hur stor betydelse kan dessa fel ha

Exempel på vad dessa avvikelser kan ge för påverkan på energianvändning i ett nybyggt flerbostadshus. Bedömt vid 23 °C och låg hushållsel 20 kWh/m²,år, 15 % avvikelser i luftflödesbalans samt problem med ventilationsaggregatets funktion:

- Korrektionsfaktor för innetemperatur: 2 - 3 (2 * (1,0 - 1,5))
- Korrektionsfaktor för avvikelse hushållsel: 3
- Betydelse för luftflödesobalans: 6
- Betydelse för avvikelse ventilationsaggregat: 4
- VVC-förluster som inte kan tillgodogöras: 4
- Total påverkan av olika avvikelser: ca 19 -20 kWh/m²,år.

Således finns med lite småfel och utan BEN-normering risk att värmeanvändningen kan bli dubblerad.

Så för att kunna uttala sig om en byggnads energianvändning och jämföra den med den beräknade måste man ha god kontroll på installationssystemen (driftdata), designen och de olika energierna i flerbostadshuset samt brukarpåverkan.

Utöver detta kan det vara problem med energimätarens betjäningssområden, så att till exempel tvättstugor, hyresgästlokaler, elektriska motorvärmare, elbilsladdning, gårdsbelysning, vidareleveranser av värme till andra byggnader finns med på energimätarna för byggnadens energianvändning.

Men även bristande funktion i avloppsvärmeväxlare, solfångare, feltänkt hur energieffektiv och kostnadseffektiv installation kan skapas, för komplicerat installationssystem som inte kan energiberäknas på rätt sätt, etcetera.

1.5. Läsanvisningar - Tankar att ha med sig

Det är ett branschproblem att endast 25 % av nya byggnader uppfyller sin beräknade energianvändning och att 75 % av byggnaderna använder mer eller mycket mer energi.

Det finns två vägar att gå för att säkerställa att byggnaderna uppnår den beräknade energianvändningen:

- öka säkerhetsmarginalen i beräkningarna, så att det tas höjd att det uppstår avvikelser mellan beräknad och uppmätt, vilket innebär mycket dyrare lösningar. Det vill säga åtgärder för att minska energianvändningen, som tjockare isolering i väggarna, bättre fönster, solceller, med mera.
- arbeta med ökad kompetens och kvalitet genom hela byggprocessen för alla delar.

Det är viktigt att åtgärda avvikelser för varje enskild byggnad, men egentligen ointressant i ett större perspektiv att byggnad X har avvikelse a, c, d, g och h, byggnad Y har avvikelserna b, d, e och f samt byggnad Z har avvikelserna a, b, c, och h.

Det intressanta är varför byggnaderna har de olika avvikelserna (a, b, c, d, e, f, g, h, ...) och vad som ska göras/ ändras, för att få bort/ kraftigt reducera avvikelserna/ bristerna i kommande projekt/ byggnader.

Problematiken med avvikande funktion och energianvändning är inte ny (kap.2). I en Byggforskningsrapport från 1990 beskriver hur de jobbade med problematiken i utvärderingen av Stockholmsprojektet (1980-talet). Deras rekommendation för att minska antalet fel i funktion och energianvändning gäller fortfarande:

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

Vad behöver göras utifrån punkt 1 Utgå från att alla byggnader innehåller fel?

Vara medveten om att det blir fel och arbeta aktivt med att minska antalet fel. Exempelvis införa ett antal kontroller under byggprocessen samt se till att snabbt kunna finna huvuddelen av kvarstående fel/ avvikelser under första årets drift samt ha en fungerande erfarenhetsåterföring. Erfarenhetsåterföringen är för att minska risken att felet återupprepas i kommande projekt.

Punkt 2 behöver ingen ytterligare förklaring. Ge installations- och energifrågan större vikt genom hela projektet.

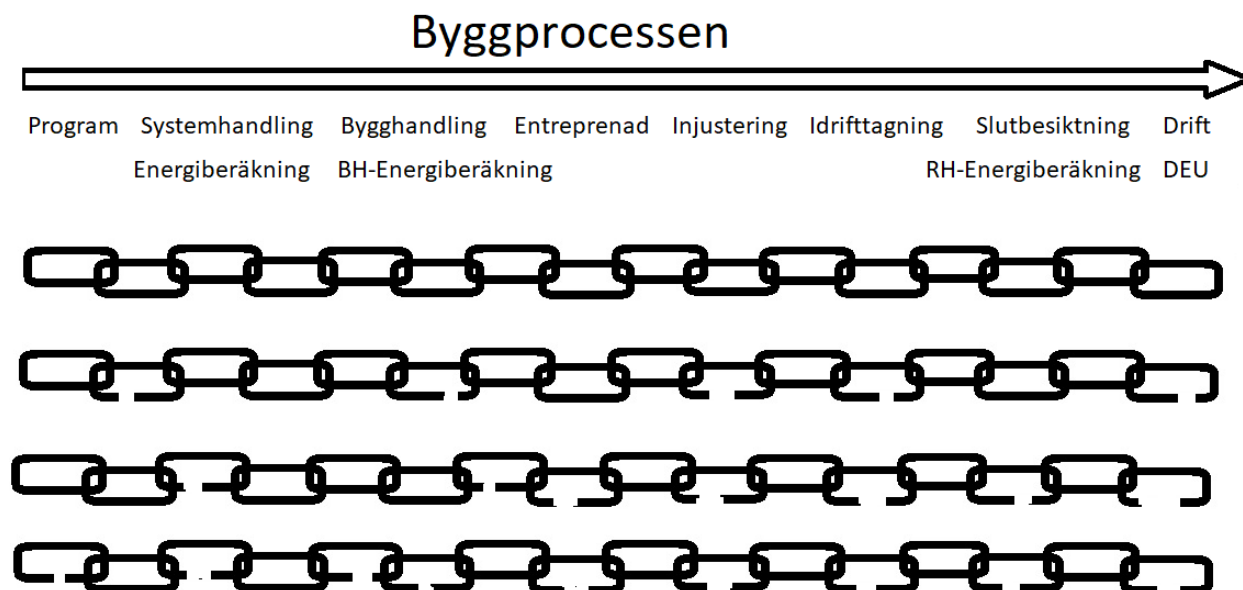
Vad som behöver göras utifrån punkterna 3 – 5: innebär en funktionsorienterad byggprocess där funktionskrav sätts tidigt, metod för verifiering fastställs i systemhandlingskedet, eventuella "extra"-mätare projekteras på rätt plats och i förhållande till förutsättningar samt att funktionskraven stegvis verifieras genom byggprocessen (kap.2.13, Kempe, P. 2019).

En byggnads energianvändning är summan av alla delsystems energianvändning och i energieffektiva byggnader är detaljerna särskilt viktiga, för att uppnå den projekterade energianvändningen.

Om allt i byggnaden skulle fungera som avsett och realistiska antagande är gjorda för (den ideala) energiberäkningen kan uppmätt energiprestanda bli runt den beräknade.

Att inte göra rätt från början kan bli dyrt och särskilt för system som byggs in och går genom hela byggnaden. Ventilationen är ett sådant system och historiskt sett har ventilationssystemen varit kvar i 50 år i bostadshus, ett exempel där de nu åtgärdas/ byggs om när miljonprogrammets områden renoveras. Så det gäller att ventilation är energieffektiv, tyst, lätt att justera, rensa, etcetera annars finns en risk att bygga in problem som kvarstår i 50 år.

Byggprocessen är komplicerad med många aktörer och överlämningar.
 Byggprocessen kan liknas vid en kedja av processer från idé – program - till byggnad i drift
 Att tänka på är att en kedja inte är starkare än sin svagaste länk!



Figur1 Bilden illustrerar hur byggprocessen är en kedja av aktiviteter och personer, där vissa länkar kan vara svagare på grund av olika brister i projekten. Detta försämrar slutresultatet, så byggnaden erhåller en för hög energianvändning.

Översta kedjan/ projektet har haft ordning på alla små detaljer genom projektet och det finns endast marginella avvikelser, så det projektet tillhör de 25 % av projekten som erhåller uppmätt energianvändning runt den beräknade energianvändningen.

Övriga projekt har diverse svaga länkar (avvikelser), så den uppmätta energianvändningen blir högre eller mycket högre än den beräknade energianvändningen.

Byggprocessen och några exempel på avvikelser:

- Systemhandlingen ger grunden till hur bra/energieffektiv byggnaden kan bli.
Sedan låst till form, schaktplacering, systemval, ... (Sedan blir ändringar oftast dyra)
- Energiberäknaren arbetar hårt med att beräkningsmässigt uppfylla energikraven – optimera lösningen.
Jobbar övriga aktörer lika hårt med att optimera lösningen?
Har energiberäknaren samma systemutföranden som VVS-konsulten.
Är distributionsförlusterna korrekt uppskattade?
Kan energiberäknaren modellera de önskade systemen eller blir det något som kanske inte är likartat?
- Är systemen i konsultens bygghandling samma som i systemhandlingen och energiberäkning?
- Görs uppdatering av energiberäkningen till Bygghandlingen - Bygghandlingsberäkning?
- Föreslår entreprenören förändringar av systemval och produkter, för en mer kostnadseffektiv byggnad/entreprenad. Detta kan påverka funktion och energianvändning. Har hänsyn tagits till detta vid accept av förändring?
- Är systemen korrekt injusterade, drifttagna samt samordnad funktionsprovning gjord till slutbesiktning?
- Fungerar mätsystemen vid slutbesiktning, så driften kan se funktion och energianvändning för de olika delsystemen och jämföra med energiberäkningens delresultat?
- Utförs uppdatering av energiberäkningen till Relationshandling (hur byggt) med månadsenergier för respektive delsystem. Relationsenergiberäkningen är teoretiskt "facit" för driftens energiuppföljning.

- Startar drift- och energiuppföljning direkt efter slutbesiktningen?
 - År 1: Korrigera fel och brister samt optimering
 - År 2: Bevaka energianvändning och funktioner

Byggprocessen (kravställande, entreprenadform, etcetera) hos respektive byggherre varierar likaså kunskapen i deras organisation. Kunniga och driftiga nyckelpersoner påverkar byggnadens kvalitet, energianvändning. Exempelvis:

- Egenutvecklade/ projektutvecklare som bygger för "eget" byggnadsbestånd och vidareutvecklar sina ramhandlingar succesivt från egen erfarenhetsåterföring.
- Totalentreprenad Upphandlingsunderlag och upphandling är mycket viktigt. Entreprenör är upphandlad i konkurrens och levererar 99 % av **faktiska** krav. Är ställda krav och uppföljda krav lika? Viss komplettering efter slutbesiktning.
- Det finns förbättringspotential på upphandlade tjänster där avvikelser finns från ramhandlingar. Beställares funktionskrav i ramhandling uppfylls inte utan man gör som i förra projektet. Mätare placeras felaktigt, så de mäter inte det som var avsikten. Mätare faller bort.
- Brf har oftast en lägre kunskapsnivå och är en svagare beställare
- Injustering och idrifttagning är ibland bristfällig på grund av tidsbrist i slutet av projekt. Datum för inflyttning kan inte ändras och slutbesked krävs. Så byggherre och entreprenör sänker kravet på injustering, idrifttagning och samordnad funktionsprovning, för att de boende ska kunna flytta in i sina lägenheter och inte behöva annat boende under några veckor/ månader.

Vid diskussioner om vad som behöver mätas och göras ses det ofta som en kostnad och är krångligt.

Ibland jämförs byggbranschen med bilindustrin men det finns en markant skillnad. Bilindustrin har mycket stora modellserier medan de flesta byggnader är unika och skraddarsydds för sin plats. Det finns serieprodukter i byggbranschen med några hundra byggnader, men även de har avvikelser sinsemellan. Främst problem med att byggnadernas olika system inte fungerar som avsett. Dvs problem med injustering, idrifttagning, samordnad funktionsprovning, mätdata och drift, kap.2.11.

Man behöver beakta tidsaspekten. Dvs att det tar ca 5 år från bygglov till flerbostadshuset har varit i drift i minst 1 år. Så viss vidareutveckling förekommer, men det finns för de flesta en stor förbättringspotential.

Primärenergi, viktningsfaktorer och Fgeo blir för komplicerat och kommer inte att användas i denna typ av förstudie eftersom fokus är på att förstå och förklara avvikelser mellan beräknad och uppmätt funktion och energianvändning. Primärenergi, viktningsfaktorer och Fgeo är för att visa att man uppfyller BBR och inte för jämförelser mellan beräknad och uppmätt energianvändning.

Den stora utmaningen är hur få till en förändring i branschen, så det i framtida projekt tas hänsyn till de viktiga detaljerna i energieffektiva byggnader, så de flesta nya byggnader uppnår sin beräknade energianvändning.

2. Exempel på tidigare studier

Nedan ges lite kortfattade sammanställningar av ett antal rapporter där det finns redovisningar om avvikelser i byggnaders energianvändning och funktion för installationssystem. Rapporterna visar att problemet har varit känt i trettio år, men rapporterna har inte gjort något större avtryck i byggbranschen som helhet.

Hur skall en bättre överensstämmelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning kunna erhållas?

2.1. Idrifftagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet

Idrifftagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet (Wånggren, B. 1990) handlar om hur de arbetade med aktiv idrifftagning i Stockholmsprojektet. 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 drifftagningsprojektet startades upp.

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

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 idrifftagning och drift
- Mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen

2.2. Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning

Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning (Carling, P., Isaksson, P., 2009) Enligt Pär och Per är det mycket som måste göras rätt för att ett flerfamiljshus ska bli, så energisnålt som önskat. Systemval, projektering, produktion och idrifftagning 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.

Författarna visar även på ett arbetssätt som bygger på visualisering av mätdata med verktyget, PIA, som bygger på Matlabs kraftfulla visualisering.

Kommentar: BELOK har tagit fram en standalone-version av PIA, BELOK Driftanalys, som finns tillgänglig på BELOK:s hemsida efter registrering som användare. BELOK Driftanalys använder Matlab Common RunTime-modul i stället för fullversion av Matlab. (BELOK Driftanalys, 2011)

2.3. Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie

SBUF-rapport 12541, Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie (Kempe, P. 2013) lyfter fram erfarenheter från 15 års felsökningar 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 %.

Distributionsförlusterna från kanaler och rör beror på fyra saker: temperaturdifferens, arean (rörlängden), isoleringens värmemotstånd på rören/ kanalerna och drifttiden. Drifttiden kan reduceras i lokaler där exempelvis komfortkyla endast primärt behövs under kontorstid. Man måste dock beakta tiden då börvärdena i kylsystemet skall återtas så att börvärdet på kylan är återtaget innan ventilationen startar, så att kyleffektspik undviks.

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 värmedistributionssystemet. 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. 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.

Kommentar: Material från denna SBUF-rapport är underlag till artikelserien "Erfarenheten" i Energi&Miljö bestående av 6 artiklar under 2014 (Kempe, P. 2014).

2.4. Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus

Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus (Wahlström, Å. 2014) 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 tilluftskanaler 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 i efterhand. Man har bland annat haft problem med lufttätheten i befintliga ventilationskanaler. Den inläckande luften har gett större elanvändning för frånluftsfälken 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 bypass 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 det nödvändigt 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.

2.5. Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning – BeBo-Förstudie

BeBo-förstudien Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning (Kempe, P. 2014) redovisar erfarenheter från om- och nybyggnader att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda. Främst är det brister inom installationssystemen, värme- och ventilationsystemen. Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energianvändning på grund av att man inte har ett mätdatasystem eller inte har fått igång mätdatasystemet.

Förstudien består av litteraturstudie samt nio djupintervjuer med projektorganisationer, förvaltare etcetera där ca 30 personer deltog. Djupintervjuerna gjordes hos respektive företag och tog ca 2 timmar.

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:

- Viktigt att få fram bättre förfrågningsunderlag och ramhandlingar
- Ta fram relevanta verifierbara funktionskrav
- Projektera hur de verifierbara funktionskraven skall mätas och verifieras. Mätssystem för verifiering av funktionskrav skall vara del av entreprenad.
- I slutet av projekteringen skall handlingarna gås igenom samt alla driftkort och funktionskrav 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 för de fel som uppstår hur hittar man dem snabbt och utan alltför stor arbetsinsats. 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.

2.6. Glapp i byggprocessen – läckor i energisystemet

BeBo-rapporten Glapp i byggprocessen – läckor i energisystemet (Larsson, A., et al. 2014) innehåller en kritisk och konstruktiv granskning av om- och nybyggnadsverksamhet vad gäller effekter på energieffektivitet. Rapporten bygger dels på Ingenjörsvetenskapsakademins, IVAs, projekt "Energieffektivisering av Sveriges flerbostadshus", dels på fem BeBo-finansierade projekt för utvärdering av energieffektivisering och energiuppföljning, omfattande byggnader med över 5 000 lägenheter samt intervjuer med företrädare för nio BeBo-företag. Den är därmed en av de mest omfattande analyser, som gjorts av byggprocessens betydelse för energieffektivitet.

Rapporterna från de fem BeBo-projekten ger en konkret och praktisk belysning av hinder och möjligheter i om- och nybyggnadsverksamheten. De visar att många om- och nybyggnader av flerbostadshus ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda; ofta vet man inte förrän efter något eller några år att man ligger för högt i energianvändning.

Det föreligger, enkelt uttryckt, brister på ritbordet, på byggplatsen och i driftcentralen. Främst finns det brister inom värme- och ventilationssystemen, brister som kallas "glapp i byggprocessen".

2.7. Drift- och Energiuppföljning

SBUF-rapporten Drift- och Energiuppföljning (Kempe, P. 2016) syftar till att ge viktiga insikter om drift- och energiuppföljning samt att sätta fokus på vad som är viktigt för att uppnå god funktion och energiprestanda hos byggnader och deras installationssystem. Då det ibland görs missar i detaljer, som gör att

driftuppföljningen får problem tas en del detaljer upp i denna rapport.

Erfarenheter från många projekt visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda om man inte arbetar seriöst med idrifttagning och samordnad funktionsprovning samt aktivt med drift- och energiuppföljning från projektets start, systemhandlingen. Detta är speciellt viktigt i mycket energieffektiva byggnader, NNE, för där kommer små avvikelser att relativt sett få betydligt större konsekvenser. Verifiering av önskad energiprestanda och funktionsanalys bör starta upp i projekteringen, där förutsättningarna bestäms för driftoptimeringen. Speciellt viktigt är genomförandet i detalj för verifiering av funktionskrav och energiprestanda. I det ligger var och hur man mäter upp funktion och prestanda samt med vilken noggrannhet. I slutet av projekteringen skall samtliga funktioner i alla driftkort gemensamt gås igenom med alla discipliner. Detta för att verifiera att alla funktioner kan verifieras, delselement kan kommunicera med varandra i tillräcklig utsträckning och att inget har blivit bortglömt. Det är viktigt att loggningen av mätdata från byggnadens olika system är i drift före slutbesiktningen, så att besiktningsmannen kan verifiera en del funktioner via mätdata samt att driftoptimering startar direkt efter slutbesiktningen. Blir mätsystemet inte en del av slutbesiktningen är risken stor att det tar mer än 6 månader innan mätsystemet fungerar och värdefull tid för driftoptimering försvinner. Byggnadens energiprestanda skall verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 månader från idrifttagningen. Det betyder att man använder första året för driftoptimering och andra året för verifiering av energiprestandan. I Energiavtal 12 är även det tredje årets drift viktig. Det finns ett behov av bättre verktyg till drift- och energiuppföljning, så att den dataadministrationstiden minskar. Erfarenhet från driftoptimering är att administration av mätdata tar mycket tid. Detta på grund av att driftuppföljningsverktyg inte är delvis automatiserade. Dvs. man måste utföra samma handgrepp i verktygen 10 – 50 ggr i ett driftuppföljningsuppdrag på 18–24 månader.

I drift- och energiuppföljning utgår man från energiberäkningen. Se till att energiberäkningen är uppdaterad till relationshandlingarna, dvs. hur det blev byggt. Se till att det finns goda förutsättningar för uppföljning (till exempel mätare och rutiner). Ju tuffare energikrav, desto högre krav ställs på kvalitet i byggprocessen, detaljlösningar och mätningar.

Vid brist i mätningar är det svårt att se vad som inte fungerar och orsaken till en sämre energiprestanda. Det är också svårt att visa vad den sämre energiprestandan beror på och föra en saklig diskussion om att korrigera till rätt funktion och energiprestanda.

2.8. Brukaranpassad, hållbar byggnadsdrift med fokus på inneklimat och energiprestanda i kontor

SBUF-rapport 13293 och Energimyndigheten 42639-1 (Martinac, I., et al. 2017) fokuserar på kontorsbyggnader som oftast är mer komplexa än flerbostadshus, men i kap.3 Energieffektiv drift är även intressant för flerbostadshus.

Det finns ett behov av att öka kunskapen om effektiv byggnadsdrift och vad som är viktigt, för att få bättre förutsättningar att verifiera samt att erhålla beräknad funktion och energiprestanda. En erfarenhetsbaserad insikt är att utgå ifrån att en byggnad och dess installationssystem nästan alltid innehåller felaktiga inställningar, mindre lämpligt utförda detaljer, då de flesta byggnader är unika. Främst är det brister inom installationssystemen: värme-, kyl- och ventilationssystemen. Det är särskilt viktigt för energieffektiva byggnader med låg energianvändning att ha god kontroll på installationernas funktion. När den totala energianvändningen är låg får små fel och brister en relativt sett större betydelse. Erfarenheter från aktiv driftoptimering visar på möjlighet att minska lite mer komplicerade byggnaders energianvändning med i storleksordningen 20–25 % jämfört med energianvändning efter slutbesiktningen med en väl genomförd idrifttagning och samordnad funktionsprovning. Verifiering av önskad energiprestanda och funktionsanalys bör starta upp i projektets start, systemhandlingen, där förutsättningarna bestäms för driftoptimeringen.

2.9. Från beräkning till verklighet - Skillnader i energianvändning

Från beräkning till verklighet - Skillnader i energianvändning (Persson, A. et al 2017) redovisar analyser av beräkningar och ett års detaljerade mätningar av energianvändning för två byggnader.

Analyserna visade att de tre största orsakerna till skillnaden mellan verklig och beräknad energi-användning är brister i beräkningsunderlaget, "glapp" i byggprocessen och brister i idrifttagningen.

Brister i beräkningsunderlag och beräkningsmetod

Den genomförda analysen visar att skillnaderna mellan verklig och beräknad energianvändning till stor del beror på brister i beräkningsunderlag. Beräkningsunderlag i tidiga skeden är inte kompletta, och ändringar sker ofta ända fram till det att den färdiga byggnaden står på plats. De ändrade förutsättningarna bidrar signifikant till avvikelser mellan beräknad och verklig energianvändning. Men valet av beräkningsmetod har också en stor påverkan på skillnaden mellan beräknad och verklig energianvändning. Här inverkar flera faktorer: energiberäkningsprogram är endast modeller som så väl som möjligt ska efterlikna verkligheten, beräkningar görs för ideala eller statiska fall, brukarpåverkan är stor, risk för beräkningsfel med mera. Dessa felkällor får särskilt stor betydelse för byggnader med låg energianvändning eftersom marginalerna för beräkningsfel är mindre ju lägre energianvändning byggnaden har.

"Glapp" i byggprocessen

En stor del av skillnaden mellan verklig och beräknad energianvändning beror på "glapp" i byggprocessen. Utöver att ändringar sker under hela byggprocessen är en viktig källa till avvikelse att många projektörer och byggare har bristfällig förståelse för vilka konsekvenser olika tekniska lösningar har för energianvändning och termisk komfort i byggnader.

Brister i idrifttagningen och löpande drift

Projektresultaten visar att en väsentlig del av skillnaden mellan beräknad och verklig energianvändning orsakas av bristfällig idrifttagning. Ett viktigt tillägg är att en onödig energianvändning också uppstår till följd av fel och brister i den långsiktiga driften, särskilt avseende återställning efter driftstopp. Här finns utrymme för stora förbättringar och ett behov av förbättrade verktyg för att möjliggöra energieffektiv drift av fastigheterna.

2.10. Utvärdering av lågenergibygnader – Fallstudie 2017

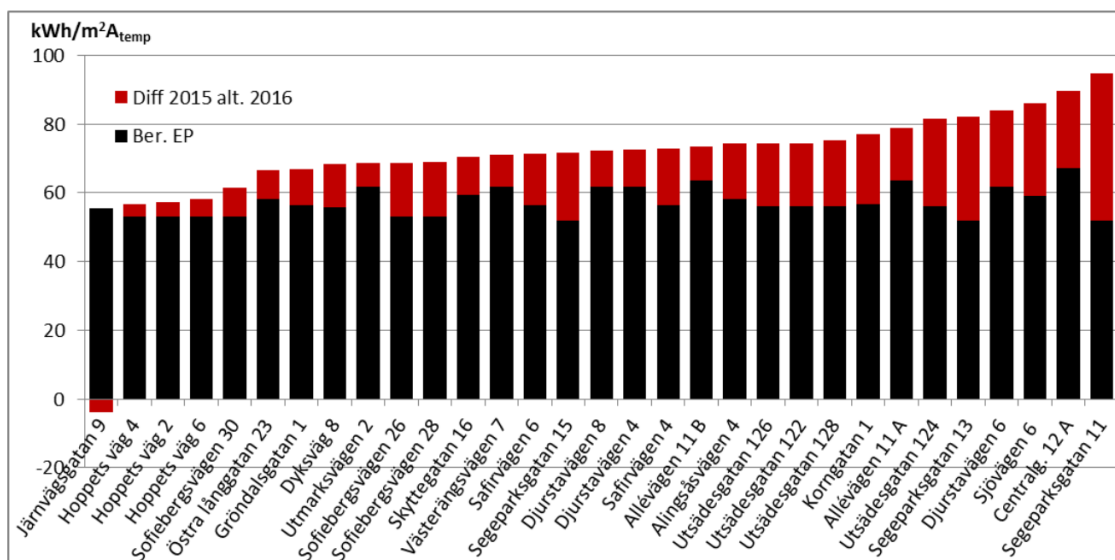
Utvärdering av lågenergibygnader – Fallstudie 2017 är en rapport till regeringen mars 2018. Redovisning av Boverket och Energimyndigheten uppdrag Kontrollstation 2015 och Demonstrations-projektet. Två mätprojekt av Energimyndigheten och Boverket samlade in detaljerade mätdata från ca 45 lågenergibygnader: Småhus, flerbostadshus, lokaler. Syftet med uppdragen var att ta fram underlag inför kommande ändringar i Boverkets byggregler. Några av slutsatserna i rapporten är:

- I 75 procent av byggnaderna visade sig den uppmätta energianvändningen överstiga den projekterade (beräknade) energianvändningen.
- Konventionella byggnadsutföranden är att föredra framför specialutföranden.
- Det krävs god kunskap för att kunna underhålla tekniska installationer och för att på så sätt uppnå och bibehålla en god energiprestanda.
- Brukarnas beteende får större relativ betydelse för energianvändningen, ju lägre energi per m² byggnaden är konstruerad för.

2.11. Energiförbrukning i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017

Energiförbrukning i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017 (Levin, P., et al. 2018)

I projektet har statistik från 46 st. SABO:s Kombohus Bas, 2 – 4 våningar analyserats och jämförts med energiberäkningar med IDA ICE 4.7.1. Resultaten visar i medeltal en uppmätt energiförbrukning på 70 kWh/m²,år och med normalisering av varmvatten-användningen blir energiförbrukningen 77 kWh/m²,år, där den beräknade var i snitt 57 kWh/m².



Figur 2 Uppmätt normalårskorrigerad energiförbrukning för fjärrvärmvärmda Kombohus Bas 2016 jämfört med beräknad (kWh/m²). Hela stapelhöjden avser uppmätt energiförbrukning. Skillnaden mellan beräknad och uppmätt energiförbrukning framgår av differensen. För stapeln längs till vänster är uppmätt energiförbrukning något mindre än beräknad.

Orsaker till att energianvändningen är högre än beräknat beror främst på uppvärmningsenergin. Underlag för mer detaljerade förklaringar, som till exempel lägenhetstemperaturer, hushållsel, vädring med mera saknas. Platsbesök visade att mycket av skillnaden beror på stora olikheter i installationernas injustering och intrimning trots att Kombohuset är en "serieprodukt". Exempelvis så levererades till Segeparksgatan 11 radiatortermostater med felaktig maxbegränsning, vilket gav över 25°C i lägenheterna under första vintern/ uppvärmningssäsongen. Denna avvikelse fick driften successivt justera bort under de kommande åren.

Tabell 1 Med energiberäkningar för ett 4-vånings Kombohus bas gjordes känslighetsanalys av energianvändningens beroende av inomhustemperatur och hushållsel (kWh/m²,år).

Inomhustemperatur (°C)	22	21 (normal)	20
Hudiksvall	1,4	0	-1,4
Malmö	1,1	0	-0,9
Hushållsel (kWh/m ² ,år)	40	30 (normal)	20
Hudiksvall	-3,0	0	3,1
Malmö	-1,9	0	2,4

Kommentar: Energiförbrukningen ger en något större påverkan från inomhustemperaturen än BENs defaultvärde 5%/°C.

2.12. Insamling och uppföljning av energidata.

PILOT SABOs typhus KOMBO

(Kempe, P. 2017) Projektet syftar till att jämföra energiprestanda för likadana Kombohus placerade på olika orter i Sverige, för att utvärdera hur det påverkar byggnadens energiprestanda. Dvs. hur det geografiska läget mm. påverkar byggnadens energiprestanda. Projektet syftar även till att ta fram och verifiera ett system för mätvärdesinsamling, för uppföljning av byggnaders energiprestanda och funktionen för installationssystem. Mätssystemet är en del av leveransen av de fyra Kombohusen, för att det inte skall bli några problem med ansvarsfrågan och garantier. Vilket betyder att mätssystemet måste komma in i projekteringen av Kombohusen.

Idrifttagningen av installationssystemen tog från början ingen hänsyn till att ett mätssystem även skulle driftsättas. Det är viktigt att internet är inkopplat, fjärrvärmemätaren monterad och man har ändrat från bygge till vanlig/normal elanslutning, för att underlätta arbetet med mätssystemet. Det har varit vissa problem med mätdata, men det mesta är åtgärdat. Problemet har varit att mätssystemet inte har varit en del av slutbesiktningen och styrentreprenörens arbetssätt har gjort att alla signaler inte har varit verifierade samt att det har varit ett tidssynkningsproblem i mätssystemet. När mätdata har lästs in i datorn, kontrollerats och eventuellt korrigerats, så har analyserna fungerat bra.

När slutligen ett års mätdata samlats in kunde byggnadernas energianvändning analyseras. Resultatet visar att varmvattenanvändningen är lägre i alla husen jämfört med beräkningen och att värmen är högre. I en av byggnaderna är värmeanvändningen mycket högre. I det huset fanns fel i styrningen av värmesystemets framledningstemperatur, så att framledningstemperatur svängde kraftigt. Inställningsvärdena på installationssystemen varierade en del trots att det är likadana hus.

2.13. Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2018

Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2018, (Stockholm stad 2019) där 2-årsuppföljningen redovisade i genomsnittlig energianvändning på 76 kWh/m²,år, 15 % lägre än BBR-kravet. Det ska noteras att Stockholm stads krav för NDS2 är 55 kWh/m²,år.

Kommentar: Stockholms stad har tillsammans med byggherrarna i Norra Djurgårdsstaden etapp 2 en konstruktiv dialog med regelbundna möten för att försöka förbättra energiprestandan i etappen. Gemensam erfarenhetsåterföring från byggprocessen och rapportering om utförda åtgärder tillsammans med redovisning av uppdaterade värden för energianvändningen diskuteras. Men de förstår ännu inte varför byggnaderna har så hög energianvändning.

2.14. LÅGAN-Förstudie: Stegvis verifiering av delsystem

(Kempe 2019) Det är många byggnader som inte uppfyller sin beräknade energiprestanda och ofta går det inte heller att förstå orsaken till en sådan avvikelse. Eftersom en byggnads energianvändning är summan av energianvändningen i byggnadens olika delsystem, skulle man behöva gå djupare in på detaljer med avseende på hur de olika delsystemen fungerar och hur energin används.

Beslut som tas i tidiga skeden av byggprocessen påverkar vilka system som installeras, utformningen av dessa samt vilken energianvändning som erhålls för olika delsystem. Det därför viktigt att ha kontroll på hur funktionskraven för byggnadens delsystem sätts, vad de innebär med avseende på systemval och energianvändning samt hur kraven ska verifieras. Val av verifieringsmetod i systemskedet påverkar vilka givare och mätare som projekteras in i systemen och som sedan kan nyttjas vid verifieringen.

För att öka möjligheten att en byggnad ska kunna nå projekterad energianvändning och avsedda funktioner föreslås en metod med stegvis analys och verifiering av funktionerna hos byggnadens olika delsystem, från programskedet till byggnad i drift.

Förstudien syftar till att öka förståelsen för detaljernas betydelse i energieffektiva byggnader samt att undersöka och ge exempel på hur man skulle kunna arbeta med metoden Stegvis verifiering av delsystem. Förstudien syftar även till att identifiera behov och intresse för metoden hos olika aktörer. Resultaten ska ligga till grund för ett större utvecklingsprojekt, i vilket metoden kan utformas i sin helhet och även testas. Efter diskussioner med en representant från Sveby samt ett flertal branschrepresentanter, framför allt från de stora installatörsföretagen i Sverige, har följande tagits fram:

- En exemplifiering av metoden genom ett förslag på stegvis verifiering av ett VVC-system.
- Förslag på fem olika delsystem som överför eller kontrollerar mycket värme i flerbostadshus och därmed har stor betydelse för energiprestandan.
- Förslag på hur Stegvis verifiering skulle kunna samordnas med Svebys Energiverifikat.

I många fall berör verifieringarna av olika funktioner i delsystemen flera olika aktörer. Det är därför viktigt att beakta hur den stegvisa verifieringen fördelas och vem som är ansvarig för olika delar.

Det finns ett stort intresse från de medverkande företagen att vara med i ett större projekt, för att ta fram en första version av metoden Stegvis verifiering av delsystem. De medverkande företagen var även intresserade av att testa olika delar av stegvis verifiering av funktionskrav VVC-system i några av sina byggnader samt komma med förbättringsförslag.

2.15. Energimätningar i flerbostadshus

SBUF-rapport 13658 Energimätningar i flerbostadshus (Levin, P. 2019)

Sedan 2006 finns krav på energimätning i byggnader för att redovisa bygglov och erhålla slutbesked. Sedan 2016 ska dessutom energianvändningen verifieras och normaliseras, dvs korrigeras till normalt brukande. Detta ställer stora krav på uppföljande mätningar i byggnader, vilka till övervägande del har varit minst sagt bristfälliga, kraven till trots. Många exempel på bristande mätningar finns dokumenterade i olika rapporter de senaste åren, även för de som erhållit speciella bidrag för mätningar, exempelvis Energimyndighetens och Boverkets projekt om NNE-hus, uppföljning av SABO:s Kombohus, med flera. Brister i dokumentation har även påtalats som resultat av projektet Energikartan (Energimyndigheten/SBUF). Ett problem är att de olika aktörerna bara har sin egen bild av syftet med mätningarna, och att då beslut tas som är bra för just den aktören men som påverkar helheten negativt. Därför behöver en helhetssyn skapas genom hela processen så att suboptimerade lösningar undviks.

Projektets mål har varit att ta fram och redovisa standardiserade anvisningar för energimätningar i flerbostadshus, som kan följa med i hela processen för att säkerställa och underlätta uppföljning och verifiering. Projektet inleddes med intervjuer och diskussioner med inblandade aktörer (beställare, konsulter, leverantörer och utförare) hur dagsläget i processen ser ut, var informationsbortfallen finns och vilka instruktioner som behövs för att de skulle kunna undvikas.

Intervjuresultaten kan sammanfattas i nedanstående punkter.

- Företagen har olika standardiseringsnivå på styrande dokument.
- Få (ingen) har tänkt på BEN-verifiering fullt ut.
- IMD-mätningar i lägenheter verkar fungera bättre än mätningar för energiuppföljning och verifiering. Ofta mer automatik i IMD-mätningar, vilka ofta handlas upp separat från mät företag, än för energiuppföljningsmätningar i undercentraler.
- Fel upptäcks för sent. Mer skulle kunna ses vid besiktning.
- Samordnad provning görs ibland utan mätsystemet, ibland för att kommunikation ej hunnit installeras.

2.16. Mätningar för verifiering av energiprestanda

Resultat från LÅGAN-workshop om erfarenheter och förbättringsmöjligheter (Kempe, P. m.fl. 2020).

Workshoparna genomfördes 2 december 2019 i Göteborg och 13 december 2019 i Stockholm.

Syfte med Workshoparna var att identifiera och förankra behov av förbättrade förutsättningar eller rutiner relaterade till mätningar för verifiering av energianvändning i byggnader, samla in erfarenheter och synpunkter i ämnet samt initiera en diskussion kring hur föreslagna förbättringar skulle kunna realiseras.

Bakgrund är att vid verifiering av energikraven enligt BBR ska BEN tillämpas, vilket innebär att energianvändningen ska korrigeras till vad den blir vid normalt brukande och normalår. De korrigeringar som bör utföras för att spegla ett normalt brukande är relaterade till varmvattenanvändning, hushållselanvändning och inomhustemperatur. För att kunna genomföra dessa korrigeringar erfordras bland annat månadsmedelvärden för inomhustemperaturen samt månadsvärden för den totala hushållselen och den totala varmvattenanvändningen i byggnaden.

Baserat på diskussioner som förts vid genomförda workshops, december 2019, är slutsatsen att, trots förekomsten av goda exempel, så är många fastighetsägare i dagsläget en bra bit ifrån en välfungerande process med avseende på mätningar för verifiering och normalisering av energianvändning.

Både byggherrar och entreprenörer kommer sannolikt att förstå de här delarna mer och mer med tiden, men bedömningen är att det behövs fortsatta utredningar och projekt för att förbättra både förutsättningar och rutiner så snart som möjligt.

Kommentar: En stor del av den skillnad i hur långt som arbetet hade kommit i Stockholm respektive Göteborg kan förklaras med Stockholms Allmännyttas arbete med Energibesiktningar.

2.17. Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2019

Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2019, (Stockholm stad 2020), där uppföljningen redovisade i snitt en energianvändning på 70 kWh/m²,år. Stockholms krav för NDS2 är 55 kWh/m²,år.

3. Exempel på vanliga avvikelser

I energiberäkningar av byggnader underskattas/ försummas ofta värmeförluster från distributionssystem med avvikande medietemperatur mot omgivningen som VVC-förluster och förluster till/ från ventilationskanaler, främst utelufts- och avluftskanalerna.

Luftflödesobalans kan ge ett ökat värmebehov och den är osynlig. Uteluften till en bostad behöver ca 50 kWh/m²,år värme varav huvuddelen bör överföras via ventilationens värmeåtervinning vid FTX-ventilation. Ofta används luftflödesbalans i beräkning, men i verkligheten önskas ett litet underskott av tilluft för att minska risken att fuktig ineluft läcker ut i klimatskärmen under vintern och kondenserar.

Ökad värmeanvändning på grund av brister beträffande injustering av värmesystem, brister i styrning av värmesystemstemperaturer samt felaktiga maxbegränsning av radiatorermostater.

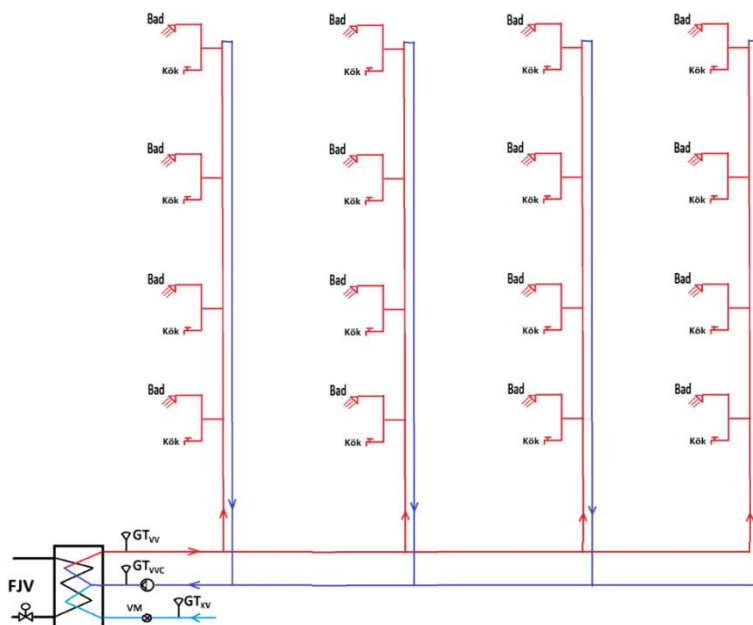
Vidareleveranser till andra byggnader och betjäningssområden (Ej byggnadsenergi finns på mätarna). Felaktiga styrfunktioner, vilka leder till en ökad energianvändning.

3.1. VVC-förluster

Varmvattencirkulation (VVC) krävs i de flesta byggnader för att uppfylla BBR:

- Väntetid på varmvatten bör vara max 10 sek (Före 2006 max 30 sek)
- Lägsta temperaturen i VV/VVC-ledning är 50 °C (Legionellarisk)
- Högsta temperaturen i tappställe är 60 °C (Skållningsrisk)

Detta innebär att temperaturen i varmvatten/varmvattencirkulationsrören är ca 55°C 8760 tim./år, så de värmeförlusterna är större än förluster från andra rörsystem. Det innebär att det viktigt att varmvatten/varmvattencirkulationssystemen är optimerade för låga värmeförluster.

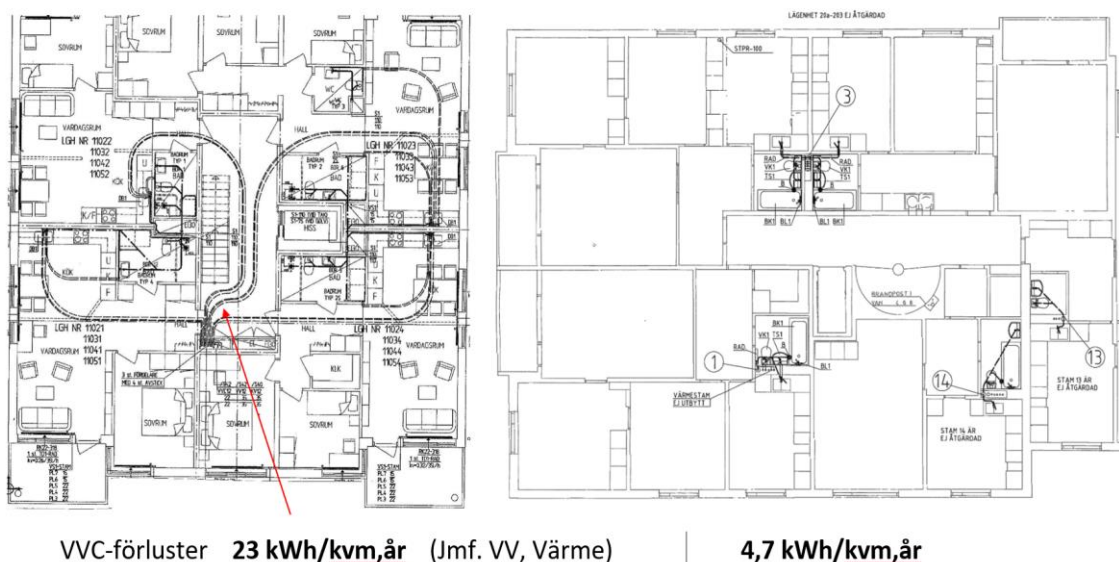


Figur 3 Principskiss varmvatten/varmvattencirkulationssystemen

För att ge en viss känsla för storleksordningen på värmeförlusterna från varmvatten/varmvattencirkulationsrör:

- Isolerat rör ca 30 W/löpmeter
- Rör med 40 mm tjock isolering 3 - 4 W/löpmeter (40 + 25 + 40 = ca 105 mm diameter)
- Fyrdubbling av isolertjocklek behövs för halverad värmeförlust från isolerade rör, men det är inte realistiskt (ca 350 mm), för det finns inte plats för så stora schakt i flerbostadshuset.

Så för att minimera VVC-förluster, minimera varmvatten/varmvattencirkulationsrörlängderna, och då är badrums och köks placering i förhållande till varmvatten/varmvattencirkulationsschakt viktig. I figur 4 ses två exempel från Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus - mätningar i 12 fastigheter (Bergqvist, B. 2015) där man kan se i vänstra bilden att VVC-slingor i pågjutningen blir som ett litet "golvvärmesystem". VVC-slingor på våningsplanen är en energimässig katastrof och bidrar till övertemperaturer under sommaren. VVC-förlusterna i vänstra bilden är 90 % från slingorna på våningsplanet och 10 % från schaktet.

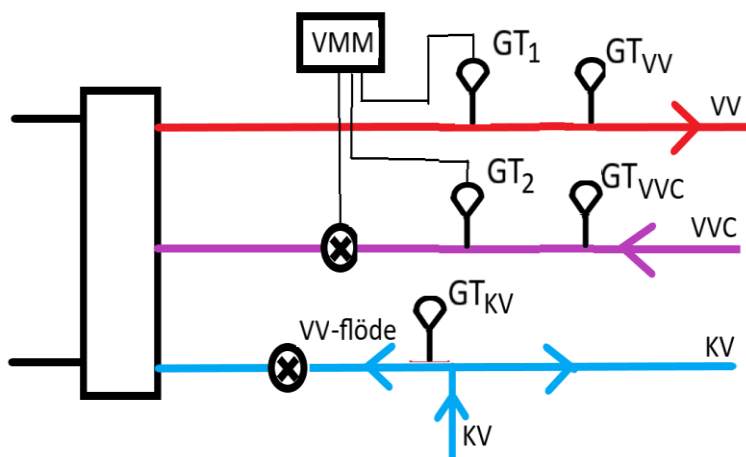


Figur 4 Två exempel på VVC-förluster från BeBo-rapport (Bergqvist, B. 2015)

VVC-förluster - mätning

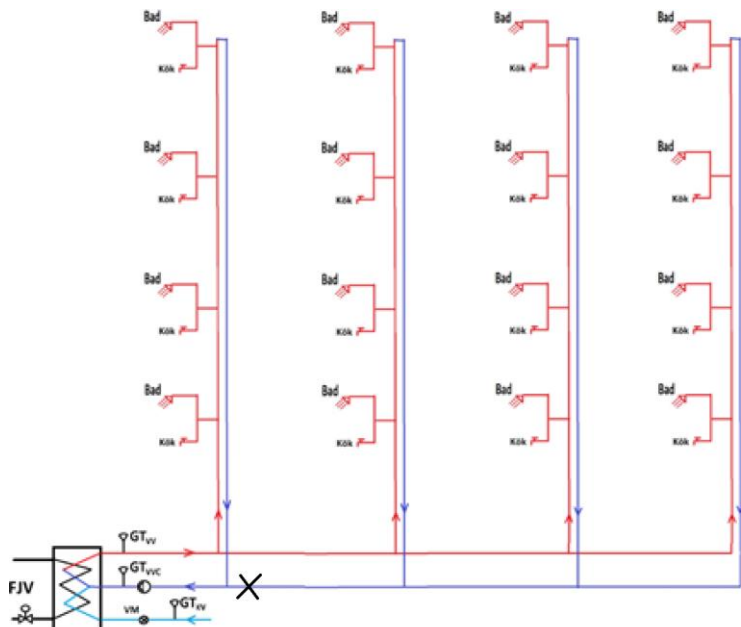
VVC-förluster är relativt konstanta över året, eftersom temperaturdifferens mellan varmvatten/varmvattencirkulation och omgivningen (innetemperaturen) är runt 32 °C. Det finns åtminstone tre sätt att mäta/ bestämma VVC-förlusten.

- Värmemängdsmätare
- Korttidsloggning (vecka) med handinstrument, med mätning liknande värmemängdsmätaren
- Baslast på FJV-effekt under varma somrarnätter (ingen värme eller varmvattenanvändning) eller inför slutbesiktning bör värmen och varmvattnet slås av en period, för att erhålla VVC-förlusten.



Figur 5 VVC-förlusten mäts med värmemängdsmätare

För att denna typ av mätning ska fungera måste det vara samma temperaturfall på varje varmvatten/ varmvattencirkulationsstam. Om det finns en ventil "X" enligt figur 6, vilken är nästan stängd, så kan VVC-flödet i stam "2" – "4" vara ca 10 % av projekterat flöde och VVC-flödet i stam "1" ca 150 % av projekterat flöde. Då kommer VVC-temperaturen (GT_{VVC}) till varmvattenberedningen bli normal. Så det är viktigt att verifiera varmvatten/varmvattencirkulationstemperatur och väntetider för varje stam, för att erhålla en korrekt mätning av VVC-förlusten.



Figur 6 VVC-system med flödesobalans, strypning till stam "2" – "4".

Så för att kunna mäta upp VVC-förlusterna korrekt behöver först VV/VVC-temperaturerna och väntetiderna på varmvatten kontrolleras. Ett förslag till metodik, Funktionskrav för VV/VVC, finns redovisad i LÅGAN-Förstudien Stegvis verifiering av delsystem. (Kempe, P. 2019)

Stegvis verifiering av funktionskrav VVC-system

LÅGAN-Förstudien Stegvis verifiering av delsystem-exempel VVC-system redovisar metod (Kempe, P. 2019).

Stegen i metoden är:

- Funktionskrav sätts av expert efter samråd med arkitekten i tidiga skeden (planlösning, ...)
- I systemhandlingskedet fastställs med vilken metod och mätningar som funktionskrav VV/VVC skall verifieras samt VVC-förluster beräknas från löpmeter VV/VVC-rör och isolering.
- Under projekteringen projekteras de mätare och givare in med rätt placering, som erfordras för verifiering av funktionskrav VV/VVC-system.
- Beräkningen av VVC-förluster revideras med information från bygghandlingen.
- VVC-förluster verifieras genom mätning, där besiktningsman under slutbesiktningen granskar mätningen och jämför med den teoretiska beräkningen från bygghandlingen. Besiktningsman kontrollerar även att VV/VVC-systemet uppfyller temperaturkraven och väntetiderna på VV i enlighet med BBR. (Det är lätt att få låga VVC-förluster om man inte uppfyller väntetiderna för varmvatten.)
- Ny verifiering genom mätning av VVC-värmeförluster vid garantibesiktning.

3.2. Ventilationskanaler

Ventilationskanaler med medietemperatur som avviker från omgivningens temperatur kan ha stora värmeförluster om kanalerna endast är kondensisolerade.

Utelufts- och avluftskanalerna mellan klimatskärmen och ventilationsaggregatet har värmeförluster. Det finns i princip tre huvudkategorier av system.

- Centralt aggregat med fläktrum på "vind" med korta isolerade utelufts- och avluftskanalerna, vilka ofta har små förluster.
- Centralt aggregat med fläktrum i källaren kan ha långa utelufts- och avluftskanalerna om de mynnar ut ovan yttertak, vilket ger betydligt större förluster än vid fläktrum på vind.
- Lägenhetsaggregat som är placerat bakom kryddhyllan ovanför spisen eller i badrum/ tvättstuga har relativt stora värmeförluster om de inte sitter nära yttervägg.

Överslag energiförlust till utelufts-/avluftskanal.

Tabell 2 Centralt ventilationsaggregat med 20 meter 625-kanal i flerbostadshus på 2500 m².

Kanal och isolering	oisolerad	30 mm isolering	50mm isolering	100 mm isolering
Värmeförlust in i uteluftskanalen kWh/m ² ,år	10	1,5	1,1	0,6
Total förlust utelufts- och avluftskanal ¹⁾ kWh/m ² ,år	17	2,5	1,8	1

- 1) Förlusterna in i avluftskanalen är beroende på hur effektiv ventilationens värmeåtervinning är samt avfrostning, men för överslag sätts den till 70 % av uteluftskanalens värmeförlust. Sedan är det beroende på hur det ser ut runt utelufts- och avluftskanalerna i flerbostadshuset.

Så i ett energieffektivt flerbostadshus med ventilationsaggregat i källaren och utelufts- och avluftskanalerna dragna genom den uppvärmda byggnaden upp ovan yttertak behöver hänsyn tas till värmeförlusterna från de kanalerna. Med 30 mm kondensisolerings blir förlusten i runt 2,5 kWh/m²,år, 10 - 12 % av värmen och är inte försumbar i ett energieffektivt flerbostadshus.

Värmeförluster till kalla delar av ventilationsaggregat har påverkan för större lägenhetsaggregat/skåpaggagat och kan ha viss påverkan på centralt ventilationsaggregat, så detta bör kontrolleras.

Tabell 3 Lägenhetsaggregat med 4 meter 125-kanal (utelufts- / avluftskanal) i lägenhet på 80 m² yta.

Uteluftskanal	30 mm isolering	50 mm isolering	100 mm isolering
Värmeförlust in i utelufts-kanalen kWh/m ² ,år	2,4	1,8	1,1
Total förlust utelufts- och avluftskanal ¹⁾ kWh/m ² ,år	4	3	1,9

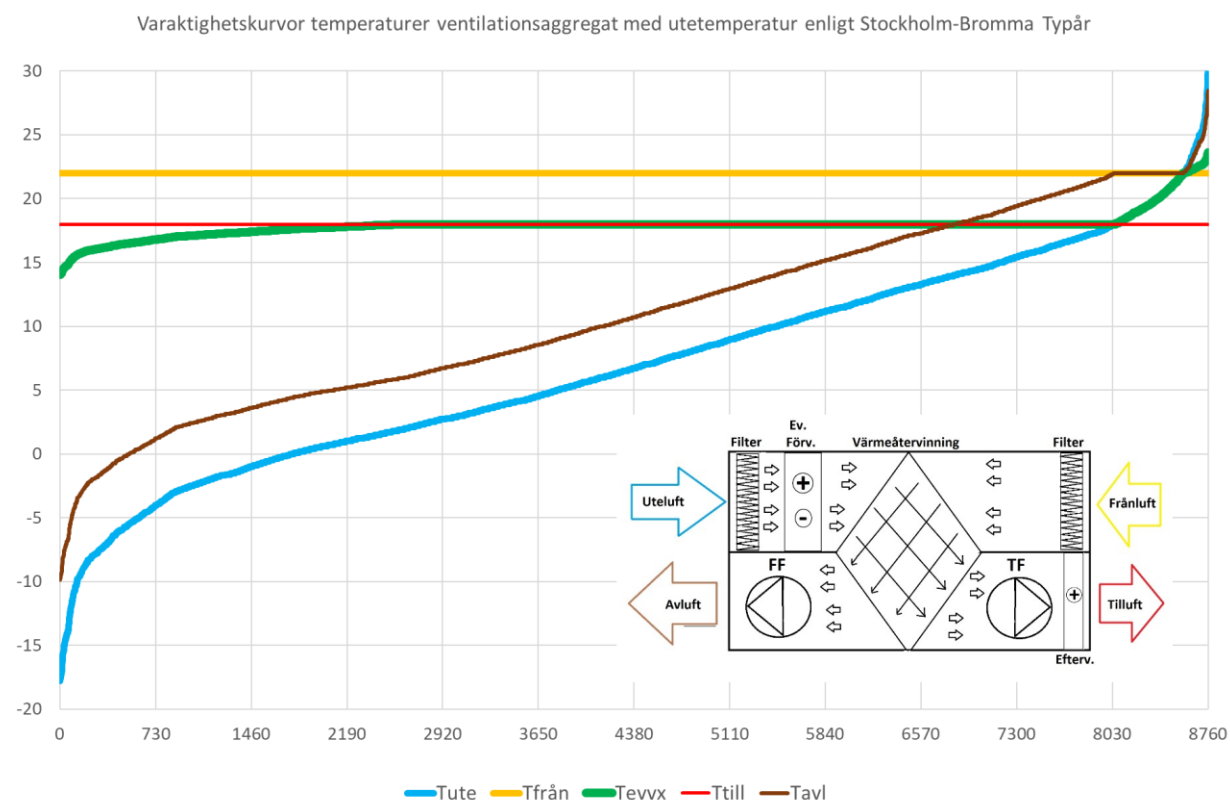
- 1) Förlusterna in i avluftskanalen är beroende på hur effektiv ventilationens värmeåtervinning är samt avfrostningen, men för överslag sätts den till 70 % av uteluftskanalens värmeförlust. Sedan är det beroende på hur det ser ut runt utelufts- och avluftskanalerna i flerbostadshuset.

Så i energieffektivt flerbostadshus med lägenhetsaggregat bör ventilationsaggregatet monteras nära ytterväggen om möjligt. annars kan värmeförluster vara 15 – 20 % av värmen och är inte försumbar.

Övriga ventilationskanaler med medietemperatur som avviker från omgivningen bör kontrolleras.

3.3. Ventilationens energier

Bostadsventilationsaggregatets värmeåtervinning överför vid korrekt funktion 40–45 kWh/m²,år. Det vill säga dubbelt så mycket värmeenergi än den värmeenergi som tillförs ett energieffektivt flerbostadshus. Så det är viktigt med korrekt luftflödesbalans och funktion för ventilationsaggregatet.



Figur 7 Resultatet av beräkningen av temperaturerna i ventilationsaggregat med värmeåtervinningsgraden på 80 % med utetemperatur enligt Stockholm-Bromma Typår.

Ventilationsaggregat överför stora energimängder mellan frånluften och inkommande uteluft och brister i dess funktion innebär en ökad energianvändning. Vanligtvis uppmärksammas inte brist i funktion eller effektivitet hos ventilationsaggregatet utan bara en ökad energianvändning för byggnaden.

För att ge en förståelse för storleksordningen på energimängderna kan areorna i bilden betraktas.

- Frånluft relaterat till uteluften (arean mellan gul och blå kurva)
- Tilluft relaterat till uteluften (arean mellan röd och blå kurva)
- Värmeåtervinningen överför (arean mellan grön och blå kurva)
- Eftervärmebehov (arean mellan röd och grön kurva)

Beräkningarna för tabell 4 är under ideala förhållanden, luftflödesbalans samt ingen avfrostning. Ventilationen är med normenligt luftflöde 0,35 l/s,m² för bostäder, uteklimat enligt Stockholm-Bromma Typår, frånluftstemperatur 22°C eller 23°C, tilluftstemperatur 18°C eller 20°C samt tre olika verkningsgrader för värmeåtervinning: 70 %, 80 % samt 85 %.

En mycket stor del av energin för att värma tilluften erhålls via värmeåtervinningen. Endast någon procent är från eftervärmebatteriet om tilluftstemperaturen 18°C används, vilket ger goda möjligheter att nyttja värme från internlasten i byggnaden. För detta är donval och donplacering viktig för att minska risken för att de boende ska uppleva drag. Donvalet och donplaceringen skall ge god ombländning med rumsluften innan luften kommer in i vistelsezonen.

Exempel på vad avvikelser i ventilationsaggregatets funktion betyder för eftervärmebehovet (Tabell 4):
Frånlufts energiinnehåll i Stockholm är ca 56 kWh/m²,år

- Om tilluftstemperaturen ökar från 18 grC till 20 grC ökar eftervärmebehov 4-5 kWh/m²,år
- Värmeåtervinningsproblem, om verkningsgrad sjunker från 80 % till 70 % erfordras 4 – 5 kWh/m²,år mer eftervärme.
- Problem med luftflödesbalansen. Tilluftsflöde 80 % av frånluftsflöde innebär att behovet av eftervärme minskar för ventilationsaggregatet, men samma luftflöde som tas ut ur byggnaden måste tillföras. Detta innebär att 20 % av uteluftsflödet läcker in i byggnadens rum och värms av värmesystemet, vilket innebär att värmebehovet ökar med 8 kWh/m²,år. Tabell 5
- Nolljustering kanaltryckgivare. Avsaknad kan efter något år ge 20% obalans i luftflöden
- Injustering vent. Byggtjänst har gett ut rapport nov 2019 om reviderad metod för proportionell injustering av ventilationssystem. (Tryckavlastat)

Jämförs meranvändningarna orsakade av problem med ventilationsaggregatet med värmeanvändning för ett energieffektivt flerbostadshus på 20 - 25 kWh/m²,år, inses att något av ovanstående problem har en mycket stor påverkan på energianvändning för energieffektiva flerbostadshus.

Tabell 4 Energianvändning för bostadsventilationsaggregat i Sthlm med luftflödesbalans och utan behov av avfrostning

70 %	Energi kWh/m ² ,år			
Tfrån / Ttill	Frånluft	Tilluft	Värmeåtervinning	Eftervärme
22 / 18	56	42	37	5
22 / 20	56	49	39	10
23 / 18	60	42	38,5	3,5
23 / 20	60	49	41	8
80 %	Energi kWh/m ² ,år			
Tfrån / Ttill	Frånluft	Tilluft	Värmeåtervinning	Eftervärme
22 / 18	56	42	41	1
22 / 20	56	49	44	5
23 / 18	60	42	41,6	0,4
23 / 20	60	49	46	3
85 %	Energi kWh/m ² ,år			
Tfrån / Ttill	Frånluft	Tilluft	Värmeåtervinning	Eftervärme
22 / 18	56	42	41,8	0,2
22 / 20	56	49	46,5	2,5
23 / 18	60	42	42	0
23 / 20	60	49	48	1

Fläktelen blir 4,6 kWh/m²,år om SFP är 1,5 kW/m²,år och luftflöde 0,35 l/s,m².

Tabell 5 Energianvändning ventilation på grund av luftflödesobalans och avfrostning [kWh/m²,år] vid luftflöde 0,35 l/s,m²; Klimat Typår Stockholm-Bromma; T_{till} 18°C; T_{från} 22°C

Luftfl.-balans	Utan avfrostning		Ideal Avfrostning Avluft ≥ 1°C		Bypasspjäll Utetemp < -4°C halverad återvinning		Bypasspjäll Utetemp < 1°C halverad återvinning	
	Efter-värme	Extra radvärme	Efter-värme	Extra radvärme	Efter-värme	Extra radvärme	Efter-värme	Extra radvärme
1,00	1,0	0,0	1,9	0,0	4,7	0,0	10,4	0,0
0,95	0,4	2,1	1,2	2,0	4,0	2,1	9,5	2,1
0,90	0,1	4,2	0,7	4,2	3,6	4,2	8,8	4,2
0,85	0,0	6,3	0,4	6,3	3,3	6,3	8,1	6,3
0,80	0,0	8,4	0,3	8,4	3,1	8,4	7,4	8,4

Energiberäkningsprogram använder exempelvis ideal avfrostning, kolumn "2" och verklig avfrostning av motströms-värmeväxlare som styr på tryckfall över värmeväxlaren kommer att växla mellan kolumn "1" och "3" och hamna någonstans däremellan. Kolumn "4" visar på vad en felaktig avfrostningsfunktion kan innebära.

Viktningfaktorerna i BBR 29 (El 1.8 och Fjv 0,7) innebär att det behövs ett stort fokus på elanvändning. En stor del av fastighetselanvändningen används i ventilationens fläktar. Så det är viktigt att ventilationssystemet är väl designat och korrekt dimensionerat, för behöver luftflöden eller tryck justeras upp i den färdiga byggnaden ökar fläktelen kraftigt.

3.4. Problem med injustering och styrning värme

Injustering av värmesystemet och undercentralen görs i slutet av entreprenaden, när det ofta är ont om tid, vilket kan påverka resultatet. Det är viktigt att värmesystemet är väl avluftat (vakumavgasare) och injusterat samt framledningsskurvan anpassad till byggnaden.

Radiatortermostater bör ha en maxbegränsning på 21 °C, men blir ibland levererade med +26 °C maxbegränsning, vilket innebär att de boende kan erhålla upp till +26 °C i lägenheten under vintern (om framledningstemperaturen är något hög) i stället för en normal temperatur på 21 °C. När de boende har vant sig vid hög innetemperatur tar det några uppvärmningssäsonger och en stor arbetsinsats från driftpersonal att få en lägre innetemperatur och inte för mycket klagomål. Exakt hur stor betydelse detta får är svårt att säga, men i "Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 – 2017" (Levin, P., Bergsten, D. 2018) har en byggnad med detta problem en av de högre energianvändningarna tillsammans med de byggnader som har problem med styrningen av undercentralen.

Låg temperatur i ett rum ska lösas i det rummet och inte höja framledningstemperaturen. Felkopplad radiator avger ca 40 % lägre värmeeffekt. Värmebild av radiator kan användas för att kontrollera att radiator är korrekt inkopplad och har rätt temperaturfall. (ICHB - Guide driftoperering, Kempe, P. 2019)

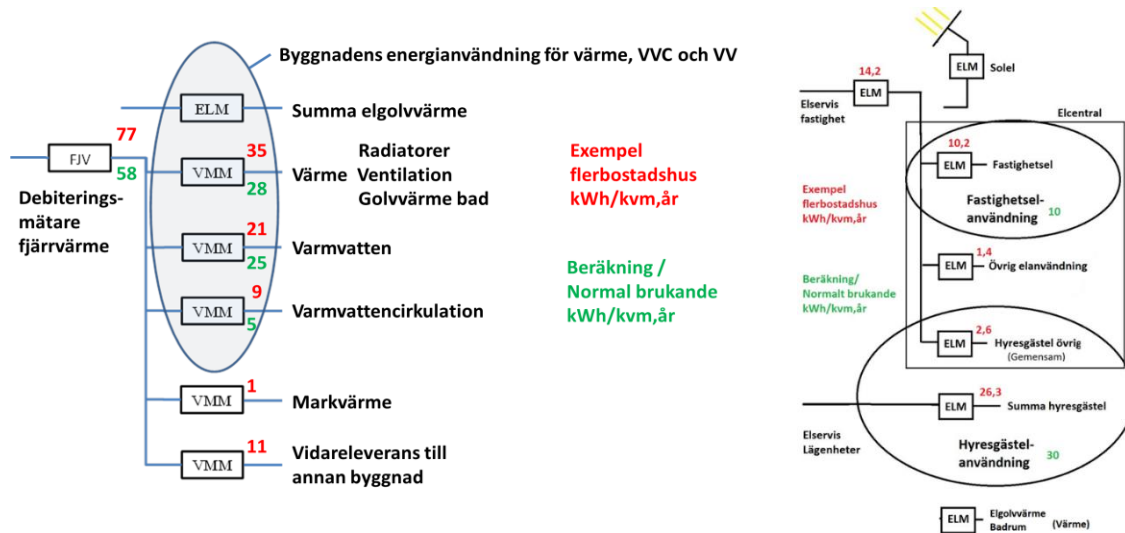
Dolda styrningar på framledningsskurvan (nattsänkning som inte skulle existera) släppte kl.7, vilket ledde till höjd framledningstemperatur på grund av att det var kallt på morgonen. Sedan blev det övertemperaturer under dagen, som inte gav någon reaktion.

För golvvärme förekommer att det blir fel på slingmärkningen, så rumstermostater styr fel slingor i golvvärmesystemet. Då är det tidskrävande att fastställa till vilket rum olika golvvärmeslingor går och göra en omjustering. Exempelvis golvvärmen i ena sovrummet styrdes med rumstermostaten i köket.

Detta kan ge övertemperatur och en ökad vädring från de boende för att få en acceptabel innetemperatur och erhåller därigenom en högre energianvändning.

3.5. Vidareleveranser, betjäningsområden, mätning

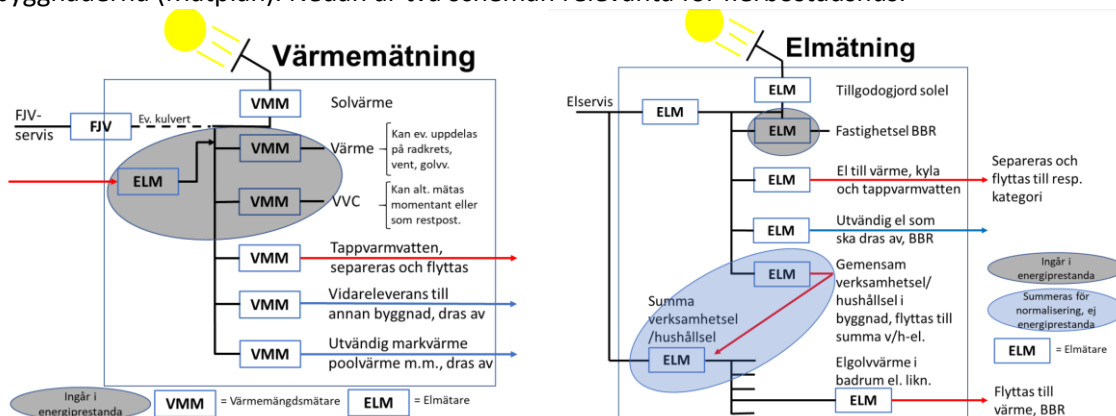
Vid felsökningar framkommer ofta att det är fel på betjäningsområden samt att det finns vidareleveranser, som inte dras bort i energiuppföljningen. Udermätare kan finnas för vidareleveranser, men nyttjas inte. Ett av de analyserade flerbostadshus hade 33 % för hög fjärrvärmeanvändning, så det antogs att det måste var fel på klimatskärmen. Vid kontroll i undercentralen mätsystem identifierades värmemängdsmätare för vidareleverans till annan byggnad, men den mätaren var inte del av energiuppföljningssystemet. Så det kunde konstateras att 60 % av meranvändningen var vidareleverans till annan byggnad. Se figur 8. Ett annat flerbostadshus hade 42 % för hög fastighetsel. Vid platsbesök identifierades ett antal elmätare som inte var inkopplade till energiuppföljningssystemet eller togs hänsyn till. På fastighetselmätaren fanns "övrig hushållsel" (tvättstuga, hyresgästlokal, bastu, gym) samt "övrig elanvändning" (gårdsbelysning, uttag för motorvärmare, etc). När dessa elanvändningar drogs bort från debiteringsmätaren för fastighetsel blev fastighetselen 10,2 kWh/m²,år att jämföra med 10 kWh/m²,år i energiberäkningen. Se figur 8.



Figur 8 Exempel på energier från tidigare analyser av flerbostadshus

Det är viktigt att en mätplan tas fram tidigt i projektet och ligger till grund för hur system och mätsystem designas.

I Sveby – Mätanvisningar, Ver.2.0, 2020-06-10 (Sveby 2020) finns det bra principscheman som bör användas i tidiga skeden för att strukturera upp installationssystemen och mätningarna av delenergi i byggnaderna (Mätplan). Nedan är två scheman relevanta för flerbostadshus.



Figur 9 Principskisser för hur mätningarna ska struktureras upp i byggnad (Sveby 2020)

3.6. Brister i modellering av installationssystem

I energiberäkningen antas oftast perfekt luftflödesbalans i hela flerbostadshuset, men i verkligheten försöker man ha något mindre tilluft än frånluft av fuktsäkerhetsskäl. 10 % luftflödesobalans i en bostadsbyggnad motsvarar 3 - 4 kWh/m²,år.

Det är viktigt att beställaren, VVS-konsulten och energiberäknaren förstår varandra i minsta detalj.

I ett fall ville beställaren spara på kostnaden för eftervärme och hade räknat ut att det endast erfordrades lite förvärmning, för att eftervärmaren inte skulle behövas. Energikonsulten räknade på lösningen, men hade inte förstått att lösningen var utan eftervärme och redovisade energianvändningen för standardlösning med eftervärme.

Första vintern när byggnaden var i drift blev tilluftstemperaturen lite låg och de boende klagade, så driften var tvungen att öka förvärmningen, för att få upp tilluftstemperaturen. Detta ökade förvärmningsenergin med ca 10 kWh/m²,år. Se tabell 4, jämför eftervärmen vid 18 °C respektive 20 °C och multiplicera differensen i eftervärme med 5, för att förvärmning är före värmeåtervinningen.

Förvärmning med gratisenergi (geoenergi) är ett sätt att spara värmeeffekt genom att tillse att inkommande uteluft till värmeväxlaren är tillräckligt varm (> -3 °C), för att förebygga avfrostning. Styrningen av förvärmningen ska vara robust och enkel, för att minska risken att det blir fel och ökad energianvändning, som i fallet ovan.

3.7. Detaljerade analyser av installationssystem

Detaljerade analyser är nödvändiga för att verifiera funktionerna på driftkortet. Driftkortet beskriver hur installationssystemet ska styras och med vilka börvärden. För att kunna se och analysera driften av systemen dynamiskt bör användas åtminstone 5-min-loggning av signalerna från installationssystemen. Några exempel på felkällor som har identifierats:

- Jämför uppmätt funktion med designad funktion enligt driftkort
Exempelvis plotta värmesystemets temperaturer vs utomhustemperaturen.
- Dolda styrfunktioner som nattsänkning som inte skulle finnas, men släppte kl.7 på morgon i stället för ca kl.4, vilket gav kalla lgh på morgonen. Detta syns på tidsdiagram respektive signaturdiagram.
- Kontrollera att alla funktioner som finns i driftkortet fungerar. Det förekommer att "Bortglömda" styrfunktioner/ ej aktiverade som kylåtervinning hittas.
- Kontroll luftflödesbalans
- Plotta styrsignalerna för ventilationsaggregatet mot utomhustemperaturen, för att se att styrningen av de olika delarna fungerar som avsett.
- Kontroll avfrostningsfunktioner
- Trasiga komponenter
- Brist i injustering och särskilt vid parallellkörning av ventilationsaggregat ger sämre energiprestanda
- När allt går enligt designen (driftkortet) kan ytterligare optimering av funktioner diskuteras.
Är byggnaden fortfarande under garantitiden bör detta göras i samråd med Entreprenören.

Detta arbete är tidskrävande och här behövs i framtiden AI-stöd för att snabbt peka ut vad "driften" bör fokusera på, så att avvikelser i funktion hittas snabbt av driften och åtgärdas. Detta för att driften inte ska använda 98% av sin tid för felsökning med att konstatera att systemen fungerar.

Men innan AI-systemet kan börja arbeta måste mätsystemet vara verifierat, så att AI-systemet får korrekt information. Flödesgivare har ibland skafel på 10, tryckgivare är inte nollkalibrerade, fel på temperatur och fuktgivare, ställdon som inte sitter fast, utportar på styrutrustningen som är trasiga.

3.8. BEN-normering - Månadsvis

Månadsvis bör byggnadens olika delsystem normeras till normalt brukande och uteklimat samt jämföras med relationsenergiberäkningen, för att tidigt se om något delsystem har större avvikelser mot energiberäkningen. Korrektionerna bör utföras med avseende på summa varmvatten, summa hushållsel, månadsmedeltemperaturerna samt uteklimat (EnergilIndex för byggnadstypen).

Finns sol kan direkt använd sol för fastighetsel (timdata) tillgodoräknas.

Tabell 6 Exempel tabell för 12 mån rullande BEN-normering

Månad Rull 12m	Värme Rad+ Vent	Hushållsel- korr	Temp- korr	Värme- netto	El- akt	El- norm	Värme- korr	VVC (del)	VV (T _{kv})
Summa 12-mån									

Förklaring till tabelltexter.

Värme (rad+Vent)	Det är en fördel om värme (rad + vent) mäts direkt, men kan även tas fram indirekt genom att ta köpt fjärrvärme och dra bort vidareleveranser, markvärme, VVC-förluster och energi till VV som varierar på grund av variationer i inkommande kallvattentemperatur över året. I februari är inkommande kallvatten som kallast och i augusti som varmest, så energin att värma en kbm varmvatten varierar med 15 - 20 % över året.
Hushållsel-korr	Hushållsel-korr är korrigerad värmeanvändningen under uppvärmningssäsongen för avvikelse i användandet av hushållsel från normalt brukande. 70 % av hushållselen blir värme. Utmaning att erhålla summa hushållsel för byggnaden om ej del i IMD.
Temp-korr	Temp-korr.: Korrigerad värmeanvändningen per månad på grund av den boende skapat avvikelse i innetemperatur, som avviker mer än 1°C från normal innetemperatur (21°C).
Värme-netto	Värmeanvändningen korrigerad för avvikelse i hushållsel och innetemperatur
El-akt/ norm #1	El-akt och El-norm är värden från SMHI för aktuell månad, byggnadstyp och ort. För att beräkna Värme-korr så divideras Värme-netto med El-akt och multipliceras med El-norm
Värme-korr	Värme-korr är korrigerad värme för avvikelse i hushållsel och innetemperatur samt uteklimat.
VVC (del)	VVC är relativt konstant. Bidrar delvis till uppvärmning under uppvärmningssäsongen och till övertemperaturer under sommaren.
VV (T _{kv})	Energi till varmvatten varierar på grund av variationer i inkommande kallvatten-temperatur över året. I februari är inkommande kallvatten kallast 2 - 5°C och i augusti varmest 15 – 18°C, så energin att värma 1 kbm varmvatten varierar med 15 - 20 % upp/ner över året. Därutöver finns olika åtgärder att minska VV-energin, som A-klassade blandare, vilka minskar varmvattenbehovet med 10 %, samt olika energibesparande åtgärder för varmvattenproduktion. Exempelvis: avloppsvärmeväxlare, solfångare

#1 SMHI håller på att ta fram underlag till några nya typbyggnader för EnergiIndex, EI. Den typbyggnad som är intressantast för energieffektiva flerbostadshus är typbyggnad "flerbostadshus BBR 28". SMHI planerar att släppa Energiindex, för de nya typbyggnaderna våren 2021. (Grönbergs, T. 2020)

3.9. Brister i klimatskärmen

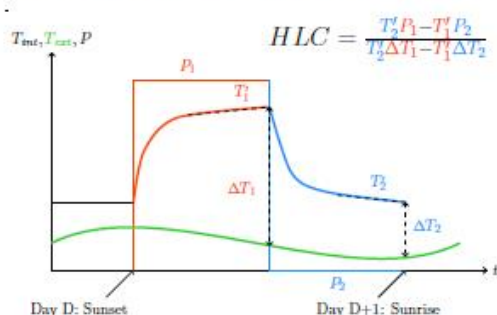
Eftersom det ibland förekommer brister i klimatskärmen, köldbryggor och brister i utförandet av isolering etcetera, planeras att använda QUBe-metoden från Saint Gobain i det större projektet som sökt medel från E2B2, för att se på om de eventuella bristerna har någon större påverkan.

Nedan en kort beskrivning av metoden (Puhringer, T., 2020).

QUBe-metoden är utvecklad av Saint-Gobain för att in-situ mäta U-värdet på en byggnads klimatskärm. Metoden är testad på olika universitet och presenterad på olika vetenskapliga konferenser. Metoden användes på ett av Stockholms hems flerbostadshus i EU H2020 GrowSmarter projekt. Se Tabell 7.

Metoden fungerar så att man mäter i en av lägenheterna i en byggnad. Vid mätningstillfället sätts sensorer på ytterväggens olika byggdelar samt ytorna mot omkring liggande lägenheter och utrymmen. För mätningarna har Saint-Gobain utvecklat ett kompakt kit. Mätningen skall äga rum efter solnedgång och utförs lämpligen under årets kalla del, vilket i Sverige blir från oktober/november till mars/april. Ventilationen skall kopplas ifrån och även lägenhetens uppvärmning skall slås av. Vid mätningen så värms lägenheten upp till några grader över normal rumstemperatur och sedan stängs extravärmen av och nedkylningsförloppet följs sedan i detalj enligt figur 10. Med hjälp av sensorerna och olika beräkningar kan sedan U-värde beräknas. Denna mätning tar 1 natt och resultatet har god överensstämmelse med mätningar som görs enligt ISO 9869-1, som dock tar många dagar att genomföra. Saint-Gobain har erbjudit att utföra mätningar i det större sökta projektet utan kostnad.

- A dynamic measurement **in a single night** (no occupancy) to estimate the whole HLC and the local U -values
- Based on a simple 1R1C model: $C \times T'(t) = P - HLC \times \Delta T$



Schematic evolution of temperatures and heating power during a QUB/e test (left) and overview of sensors used (right)

Figur 10 QUBe-metodens teoretiska bakgrund

Tabell 7 Resultatet vid mätningarna av U-värden i Stockholms hems flerbostadshus i GrowSmarter

Element	Baseline		Retrofit
	ISO 9869-1	QUB/e	QUB/e
Ext. walls	0.77 ± 0.05	0.75 ± 0.06	0.25 ± 0.02
Glazings	1.82 ± 0.05	1.93 ± 0.12	0.64 ± 0.04

Table: Average U -values ($W m^{-2} K^{-1}$)

4. Energiberäkningar

Energiberäkning kan vara en pappersprodukt, men även ett verktyg beroende på hur man styr det. Det finns ett behov av att ta fram bättre underlag för det som inte ingår i energiberäkningsprogrammet. Se till att relationsenergiberäkningen är så nära verkligheten som möjligt då den ska vara driftens mål.

Man bör ha åtminstone tre revideringar av energiberäkningen vid tre skeden i byggprocessen förutom i tidiga skeden med arkitektens arbete med utformningen av byggnaden:

- Systemhandling – Systemval, schaktplacering, funktionskrav, etcetera
- Bygghandling – Handlingar över tekniska systemlösningar för byggnaden, som ska byggas.
- Relationshandling – Verkligt utförande – Under entreprenaden kan förändringar ske av systemval och produkter samt att det vid idrifttagning och injustering blir avvikelser mot projekteringen. RH-energiberäkningen ska bygga på mätningar/ prestandaprov på olika delsystem.

Schabloner ska endast användas i tidiga skeden, då arkitekten tar fram utformningen av byggnaden.

I energieffektiva byggnader är detaljerna viktiga, så då behöver diverse möjliga förluster analyseras och tas hänsyn till om de kan vara större än 1 % av sin energipost (värme, fastighetsel, etcetera). Detta för att minska risken att någon värmeförlust förbises i energiberäkningen.

Resultatet från de olika energiberäkningarna samt jämförelser mellan relationsenergiberäkningarna och uppmätt energianvändning under de första årens driftoptimering ger grunden till erfarenhetsåterföring och vilka säkerhetsmarginaler, som behövs för de olika energiberäkningarna (SH, BH, RH).

4.1. Energiberäkningar är ideala – Exempel på avvikelser

Energiberäkningar bygger på ideala förutsättningar och bygger på energibalanser för olika zoner (rum/lägenhet) i flerbostadshuset med lasterna: hushållsel, personlast/ närvaro, solinstrålning, etcetera, som är indata till beräkningen. Installationssystemen beräknas leverera de teoretiska luftflödena, med önskad temperatur på tilluften, värmeeffekter till radiatorer eller golvvärme, etcetera, som zonerna behöver. Summa av energitillförsel till de olika zonerna samt installationssystemens energier till fläktel, pumpel med mera beräknas. De energierna till installationssystemen som energiberäkningsprogrammen inte beräknar är förlusterna från installationssystemen. I energiberäkningar använder man sällan obalans i luftflödena, men ofta önskas ett tilluftsflöde som är 5 - 10 % lägre än frånluftsflödet för att erhålla ett lite undertryck och därigenom minska risken att fuktig inneluft läcker ut i klimatskärmen och kondenserar under vinterhalvåret (uppvärmningssäsongen).

Exempel på de förluster som behöver tas hänsyn till:

- Värmeförluster från rör och kanaler. (System med medietemperatur som avviker från omgivningens temperatur): VVC-förluster (olämplig dragning/isolering), Värmeförluster utelufts-/ avluftskanalerna
- Luftflödesbalans lägenhet, ventilationsaggregat, (mätfel på luftflöden, luftflödesinjustering, ...)
- Spridning i kvalitet på komponenter/delsystem (verifiering delsystems funktion/prestanda)
- Köldbryggor
- Olika styrfunktioner: avfrostning, sommardriftfall, anpassning av värmeåtervinning,
- Modellering av nya energieffektiva funktioner kan vara problematisk (behöver praktiskt verifieras)

4.2. Relationsenergiberäkningar

Relationsenergiberäkningen är den enda beräkningen som man kan jämföra sina uppmätta värden med. Redovisningen av relevanta energianvändningar för olika system så att man kan jämföra sina uppmätta energier för att verifiera att flerbostadshuset fungerar på avsett vis.

Relationsenergiberäkningen ska vara så nära verkligheten som möjligt för att bli ett bra mål för driften.

5. Granskning av bidragande projekt

Eftersom det är ett branschproblem att endast 25 % av nya energieffektiva byggnader uppfyller den beräknade energiprestandan, så redovisas inte projektnamn eller fastighetsägare, istället redovisas en sammanställning av olika avvikelser.

5.1. Flerbostadshusprojekt som bidrar till förstudien

Tabell 8 Bidragande flerbostadshusprojekt

Fbh	Atemp	Hus-kroppar	lgh	Färdig-ställt	Energiberäkning	Ber EP	Värmeprod	Vent	VVC-t	Mätning
1	5033	1	93	2018	VIP Energy 2.1.1 2017-01-11	48,4	FVP + FJV	FVP	4	Goda, tim logg
2	9203	3	85		VIP Energy 2.1.2 2015-02-17	63,7	FJV	FTX	2,5	Goda, tim loggn
3	20961	7	226	2018	Ida ICE 4.7 2017- 06-23 Syst	63,7	FJV	FTX		Goda, tim loggn
4	8182	3	64	2015	VIP Energy 1.5.6 2012-06-11	74,6	FJV	FTX	2,5	Goda, tim loggn
5	3217	1	37		IDA ICE 4.7.1 RH 2019-05-27	50,1	FVP+FJV	FVP	4	Goda, ex på 10 min loggn
6	7887	5	73		VIP Energy 4.0.0 2016-06-10	49,8	FJV + solfångare	FTX m förv	4	Goda, ex på 10 min loggn
7	19210	6	154		IDA ICE 4.6 BH 2015-12-01	53,4	FJV	FTX	3,9	Goda, 5 min logg
8	18282	2	195	2019	VIP Energy 4.1.8 RH 2019-07-01	54,3	BVP+FJV	FTX	3,4	Goda, ex på 10 min loggn
9	4200	2	43		2014-06-23	64,2	FJV	FTX+Geo	2,5	Goda, tim loggn
10	7863	2	72	2016		53,4	FJV	FTX	3,9	Goda detaljlogg
11	3256	2	30	2016	VIP Energy 3.1.1 RH 2017-01-24	54,8	FJV + solfångare	FTX	2	Detaljerad loggn, men begränsade
12	19500	12	357	2018	VIP Energy 2.1.1 BH 2015-11-30	62	FJV	FTX	4	Goda, 5 min logg
13	16319	4	187		VIP Energy 2.1.1 2014-10-01	72	FVP + FJV	FVP	4	Goda, tim logg
14	14376		141	2015	VIP Energy 2.1.1 2015-10-26	54,8	FJV	FTX m förv	4	Goda, 5 min logg
15	9700	6	111	2015		47	FVP+FJV	FVP	9	Goda, tim loggn
16	4317	1	45	2019	TMF Energi 6.4 flb, RH, 2019-02-12	64,3	FJV	FTX+Geo	4,1	Goda, tim loggn
17	avbrutet									
18	avbrutet									

Samanställning av de bidragande projekten:

- 16 flerbostadshusprojekt bidrar
 - 10 flerbostadshus från BeBo-medlemmar
 - 2 hyresfastighetsprojekt JM (egenutvecklade)
 - 2 flerbostadshusprojekt SKB
 - 1 flerbostadshusprojekt HEBA
 - 1 BRF-projekt via byggtreprenör
- Avbrutna 2 BRF-projekt via byggtreprenör
- 57+ huskroppar (161806+ m²)
- 1913+ lägenheter
- Byggår 2015-2019 (Önskemål)
- 1 med BVP + FJV
- 4 med FVP + FJV
- 4 med förvärmning för att minska avfrostningsbehov
- 9 VIP Energy, 3 IDA ICE, 1 TMF Energy flb, några har bara en sammanställning utan att ange energiberäkningsprogram
- De flesta har BygghandlingsenergiBERÄKNING,
4+ RelationsenergiBERÄKNING (hur det blev byggt)

5.2. Erfarenheter från bidragande projekt

I några av de i förstudien ingående flerbostadshusprojekten har de arbetat aktivt med energiberäkningarna och låter månadsvärden för delsystem i relationsenergiBERÄKNINGEN bli mål för driftens arbete med optimering. Vid genomgång av energiberäkningsredovisningarna för de bidragande flerbostadshusprojekten reagerar man nivån på beräkningarna varierar samt att det finns många olika påslag som kan bli i storleksordningen halva beräknade värmeenergin. Exempel:

- Enligt energiberäkningen är värme till radiatorsystem och ventilation 20,1 kWh/m²,år och sedan görs olika påslag för sådant som energiberäkningen inte tar hänsyn till på 10,2 kWh/m²,år!
- Har energiberäknaren kontrollerat under vilka förutsättningar som påslagen gäller?
- Annars kanske de olika påslagen skulle vara 7 kWh/m²,år eller 20 kWh/m²,år. Detta får mycket stor betydelse för resultatet av energiberäkningen.

Reflektionen över detta är att det behöver styras upp hur mycket av en energipost, som får vara en schablon. Det bör inte vara mer än 10 – 20 %, annars blir resultatet av energiberäkningen alltför beroende på schablonvärden och inte hur byggnaden är designad och byggd.

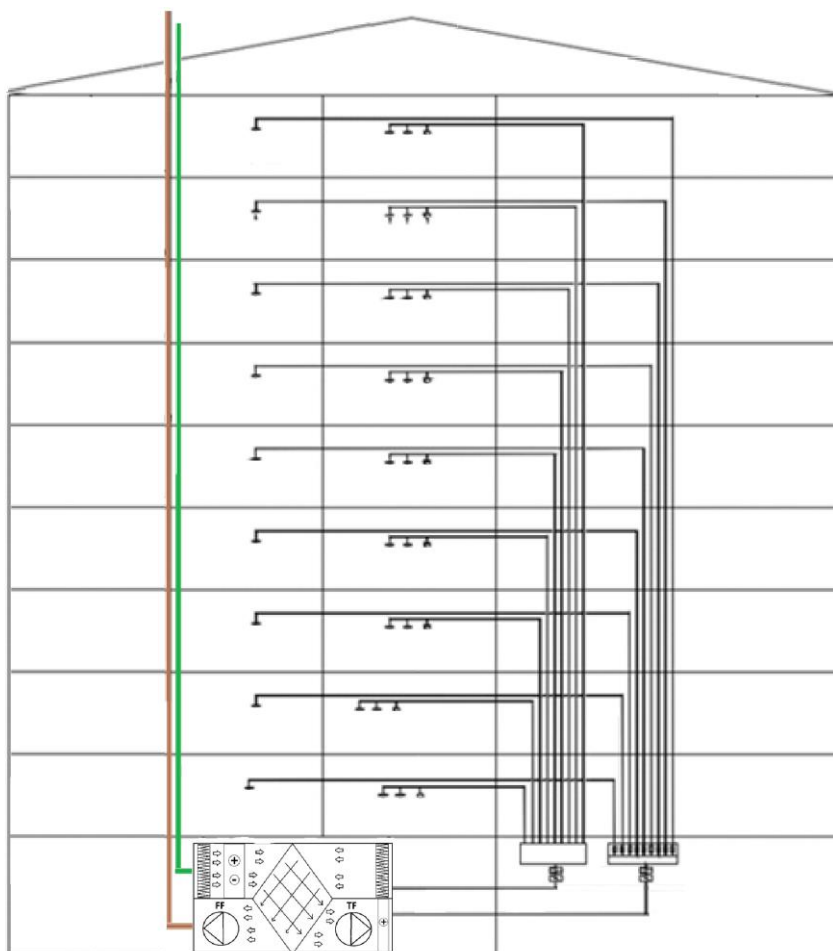
Exempel på några av dessa olika påslag:

- Köldbryggor vilka kan vara 15 – 20 % av summa UA. Detta kan användas i tidiga skeden då byggnaden inte är bestämd, men sedan skall köldbryggor (linje, punkt) beräknas. Större aktörer har sina byggsystem och där kan de ta fram en katalog över köldbryggorna i deras byggsystem, vilket några av de större aktörerna har gjort.
- VVC-förluster är redovisade som 10 % av VV-energin, 4 kWh/m²,år, MEBY klass B 28 W/lgh, 1 W/m² när det inte förekommer värmebehov, etc. Dessa kan användas i tidiga skeden innan systemlayouten är bestämd, sedan skall VVC-förluster beräknas utifrån rörlängder, isolering, placering, utförande på bjälklagsgenomföringar, utförande i fördelnings-skåp, etcetera.
- Systemverkningsgrad och distributionsförluster för värmesystem.

Kommentar: Det är mycket viktigt att redan i systemhandlingsskedet beräkna VVC-förlusterna, så VV/VVC-systemen utförs med små förluster. Annars finns en risk att det kan bli som redovisat i figur 4, 23 kWh/m²,år. Detta är i samma storleksordning som energieffektiva flerbostadshus årliga värmebehov, men under sommarhalvåret bidrar VVC-förlusten inte till värmeenergin utan troligast bara till sanitär olägenhet på grund av övertemperaturer. Detta är ett allvarligt problem i några svenska projekt.

Det finns exempel på påslag som inte görs, men som borde göras.

- Värmeförluster till utelufts- och avluftskanalerna. Detta är speciellt viktigt för lägenhets-aggregat, men även centrala aggregat placerade i källaren med utelufts- och avluftskanalerna, som går genom byggnaden upp ovan yttertak. Se exempelbild nedan.
När problematiken med värmeförluster till utelufts- och avluftskanalerna togs upp på Workshop fram kom att det i ett av projekten hade entreprenören glömt att isolera de kanalerna, så att de under vintern hade haft 10–12 °C på badrumsväggarna mot ventilationsschaktet.
- Luftflödesbalans tas normalt inte hänsyn till i energieffektiva byggnader, men det behövs då man normalt önskar ett litet underskott av tilluft i förhållande till frånluft av fuktsäkerhetsskäl.



Figur 11 Exempelbild på flerbostadshus med centralt ventilationsaggregat i källaren och ute och avluft på taket, så utelufts- (grön) och avlufts- (brun) kanalerna går genom byggnaden som en "kall pinne". Kanalerna är ibland bara kondensisolerad. Detta kan bli en mycket stor värmeförlust. Detta utförande hade för 15 år sedan relativt sett ingen större påverkan på byggnadens värmeanvändning, eftersom den kunde vara 5 ggr högre än idag.

Flera av beställarna kräver numera relationsenergiBERÄKNINGAR. I äldre projekt kan sådana saknas, men idag begärs underlag in från entreprenörer i samband med slutbesiktning.

RelationsenergiBERÄKNINGEN är den enda beräkningen att jämföra uppmätta värden med.

RelationsenergiBERÄKNINGEN ska redovisa månadsenergier för relevanta delsystem i flerbostadshuset. Så att uppmätta energier kan jämföras, för att verifiera att flerbostadshuset fungerar på avsett vis.

RelationsenergiBERÄKNINGEN ska vara så nära verkligheten som möjligt för att bli ett bra mål för driften.

Det ger grunden till felsökning och felavhjälpning och inte förrän vi har fått ordning på det mesta är det möjligt att uttala sig om vilka säkerhetsmarginaler, som erfordras i energiberäkningarna.

Energiberäkning – Problem

Energiberäkningen utförs inte för hur byggnaden ser ut och fungerar

- Brist i samordning
- Kunskapsbrist
- Schabloner används utanför tidiga skeden
- Brist i ”utförande” av modelleringen av installationssystem

Brist i samordningen och schabloner utanför tidiga skeden ger brist i energiberäkningen.

Byggtreprenör nyttjar samma konsultföretag för energiberäkning och VVS-projektering. Trots detta olika systemlösningar i projektering och energiberäkning.

Energiberäkning – Samisolering VV-VVC (Meby klass B => 2 kWh/m²,år); Steg 2 enligt MEBY ej utfört, dvs beräkning utifrån rörlängd och isolering.

Projektering och verkligheten: Fördelare i källargången och separata rör till lägenheterna, vilket ger en verklig VVC-förlust enligt värmemängdsmätare på 8 kWh/m²,år.

Installationssystemets styrningar och funktioner

Vid energieffektiva flerbostadshus är det även viktigt att ha kontroll på att styrningar och funktioner är korrekt modellerade i energiberäkningen, för detta kan få en stor betydelse för värmeanvändningen och inneklimatet. Bland annat avfrosthingsfunktioner, men även styrning av värmeåtervinningen under sommaren, för att kunna nyttja nattkyla om det skulle erfordras.

Kunskapsbrist gav brist i utförande i energiberäkningen.

Energiberäknaren (erfaren och kunnig) kunde inte utföra energiberäkningen av installationssystemen enligt beställarens design av system. Ny innovativ styrning som energiberäknaren inte förstod/ kunde sätta upp och beräkna, så de utförde energiberäkningen enligt ”normalt” utförande av systemet.

Brukarindata

Det finns viss kunskapsbrist om brukarindata, exempelvis tvättstugor. Oberoende om ”tvättstuga” finns i lägenhet eller gemensam i källaren är det hushållsenergi. I en av energiberäkningarna fanns det en post Verksamhetsenergi Tvättstuga 750 kWh/lgh,år, vilket gav 7,7 kWh/m²,år. (Kap.3.5)

Detta ger felaktigt ett bidrag till värmen på ca 2,5 kWh/m²,år, vilket är 10 – 12 % av värmeenergin.

Erfarenhetsåterföring till energiberäkningarna

Det är viktigt att mäta upp de olika delenergierna i flerbostadshuset och återkoppla till energiberäknarna med flera så att energiberäkningarna blir bättre allt eftersom och att samma fel/ avvikelse inte återupprepas.

Tillgång till dokumentation

För de flesta flerbostadshusprojekten mejlades önskad dokumentation, men för några erhöles en inloggning till webbserver med deras relationshandlingar.

Sammanfattningsvis

Några av energiberäkningarna är gjorda för mer än 4 år sedan, men sammanfattningsvis måste detaljkunskapen öka och det bli en bättre struktur på arbetet med energieffektiva flerbostadshus, för där får en stor mängd små detaljer en större betydelse energi- och funktionsmässigt.

5.3. Förutsättningar för mätning och loggning

Förutsättningar för mätning och loggning. I princip Sveby Mätanvisningar 2.0 2020-06-19 samt detaljmätningar (loggning styrsystem) för funktioner i installationssystemen. De flesta av de granskade flerbostadshusen i förstudien har goda mätförutsättningar och 40 % av flerbostadshusprojekten kan logga 5-min-data. Dock är inte betjäningsområden kontrollerade, för energimätare då platsbesök inte kunnat genomföras.

- Timvärden kan fås från alla projekt.
- Ca 40 % av projekten kan få ut detaljerade mätdata (5-min).
- Några av projekten kunde sätta upp detaljerad loggning för en kortare tid för att analysera ett system en förutbestämd tid.
- Ett projekt hade en begränsning till 2000 samplings mätdata, som kunde hämtas ut. Detta innebär 5-min-data 99 % av den sista veckan eller 11,9 veckor med tim-data.

5.4. Analyser av mätdata

I bilaga 3 finns några analyser av mätdata redovisade med dels tim-mätdata för ventilationsaggregat med geotermisk förvärmning samt 5min-mätdata ventilationsaggregat utan geotermisk förvärmning. Där analysen med 5-min-mätdata visar hur avfrostningen fungerar i detalj. Hur sektionsavfrostningen arbetar, eftervärmebatteriets ventil öppnar/stänger samt variationen i temperaturer och tryckfall över värmeväxlaren. Avfrostningen börjar jobba vid utomhustemperaturen -5°C och det ökade tryckfallet över ventilationens värmeväxlare är inte helt borta förrän vid +1°C.

Med tim-mätdata så ses relativt mycket, så länge förloppen inte är för snabba. Det finns möjlighet att se indirekt påverkan, men detta är betydligt svårare att se och förstå exakt vad som händer i installationssystemen.

Driftbilden, bilaga 3 figur 14, visar en stor obalans på luftflödena och ventilationen är numera omjusterad som garantiåtgärd.

Mätdata i bilaga 3 figur 17 visar att fredag eftermiddag faller temperaturen efter värmeåtervinningen till strax över temperaturen efter förvärmningen samtidigt som eftervärmebatteriets ventil öppnar till 80 – 85%. Det som händer är att rökdetektorn indikerar för rök i frånluften och öppnar ST71, brandgasförbigång. Detta beror på att för få lägenheter är anslutna till kanalen som rökdetektorn sitter i, så ibland vid matlagning indikerar rökdetektorn och ST71 öppnar. Av säkerhetsskäl är det manuell återställning, så återställning sker inte förrän på måndag förmiddag. Därav kördes ventilationen utan värmeåtervinning i nästan tre dygn och med mycket eftervärme. Detta har skett tidigare och grundproblemet är ännu inte åtgärdat.

5.5. Erfarenheter från Workshop

På Workshoparna presenterades och diskuterades olika fel och brister samt deras påverkan på energianvändning för energieffektiva flerbostadshus samt vikten av bra mätningar och uppföljning för att ha kontroll på hur systemen fungerar och använder energi.

Kort sammanfattning av det som diskuterades i workshoparna nedan.

- Luftflödesbalans lägenhet/ ventilationsaggregat samt mätfel är viktigt i energieffektiva flerbostadshus
- Problem att få tag i bra injustering av värmesystem, så det blir svårt att få rätt funktion.
- Solfångaranläggningar har haft driftproblem och stora driftbortfall, så att de har producerat mindre mängd solvärmeenergi.
- Solcellsanläggning fungerar bra med små avvikelser i energiproduktion, men har låg elproduktion under vintern, november - februari.
- Endast kondensisolering på utelufts- och avluftskanalerna ger stora värmeförluster och påverkar byggnadens energianvändning. Det framkom ett exempel på Workshop 2, där man helt glömt isolering av utelufts- och avluftskanalerna, vilket resulterade i kall badrumsvägg (10 - 12 °C under vintern) mot ventilationsschaktet.
- Vad innebär det om VVC-flödet inte är korrekt och liknande VVC-temperaturer erhålls från de olika VV/VVC-stammarna? Mätning av VVC-förluster i undercentral kan bli felaktig.
- Man behöver kunna följa upp varje huskropp för sig och VV-mätning som differens mellan VV och VVC kan bli ett problem på grund av mätfel i differens mellan två lika stora flöden.
- Det gäller att ha koll på vidareleveranser av energi. Exempel: En byggnads energianvändning ändrades drastiskt när en butik la ner verksamheten.
- Det behövs en bättre kontrollfunktion, egenkontrollen räcker inte. Behov av kontrollant, för att tillse att det inte byggs in fel. Vad är energiansvarigs roll? Kan energiansvarig tillräckligt mycket om förluster från installationssystem och brist i funktion.
- Mätförutsättningar för energieffektiva flerbostadshus
- Det var en del diskussioner om nivån som behövs på mätningar, för att ha tillräcklig kontroll på installationssystemen och energiflödena i byggnaderna.
- Vilka mätare behöver vi faktiskt? Vilka kan vi strunta i?
- Tvättstugor i byggnaderna hur påverkar de? Påverkar värmepumpstvättstugor mindre?
- Tvättstugor som drar in väldigt mycket kall luft påverkar och kan behöva normeras bort.
- Vid låg hushållselanvändning blir värmebehovet högre och justeringen med några kWh/m²,år på grund av låg hushållsel är viktig, då det är så tuffa krav (låg energianvändning).
- Det behövs en inventering av förekomst av elkomfortgolvvärme i energieffektiva flerbostadshus
- Separata mätare behövs för annars justeras elkomfortgolvvärmens energianvändningen med schabloner. Kan bli mycket högt primärenergital med viktningfaktorer.
- Vid system med vattenburen golvvärme kompletterat med el. Hur vet man att den vattenburna fungerar, så elgolvvärmen inte går in i stället och värmer det vattenburna systemet?
- Det blev en diskussion om vad det betyder för flerbostadshusets energianvändning om det bor fler personer i lägenheterna än vad som varit avsett från början.
- Det är en fördel med rullande 12-mån uppföljning med BEN-normering utgående från månadsvärden för olika delsystem vilka jämförs med relationsenergiberäkningen, för att tidigt se avvikelser från den tänkta/ projekterade funktionen.
- Installationssamordnaren bör gå igenom energiberäkningen och jämföra med hur man bygger systemen i verkligheten, för att fånga upp skillnader mellan tänkt utförande i energiberäkningen och verkligt utförande.
- Det är viktigt att den som gör energiberäkningen stämmer av med den som gör ramhandlingen.
- Det är viktigt att byggherrarna engagerar "energiamordnare" i tillräcklig omfattning.
- En och samma person bör vara med som energisakkunnig i projektet, idrifttagning och uppföljning.

- Det får inte bli bara schabloner från Sveby, BEN, etcetera. Någon som förstår byggnaders funktioner, behöver kontrollera, så att viktiga detaljer inte försummas.
- Viktigt med erfarenhetsåterföring till projektörer och energiberäknaren om hur det blev i den färdiga byggnaden, så att man inte gör samma fel/ brist igen.
- Det är viktigt att personen som utför kontrollerna har en djup kunskap om byggnader och deras energianvändning. Behöver vara en mycket kunnig person med stor erfarenhet på felsökning samt verifiering av byggnaders funktioner och energiprestanda. Denna person bör även i tidiga skeden granska handlingar och diskutera lösningar, som kan innebära stora värmeförluster och extra energianvändningar.

Energibesiktning

Stockholms allmännyttiga bolag tog för några år sedan tillsammans fram ett kontrollprogram för Energibesiktning. Energibesiktningen fokuserar på de parametrar som påverkar byggnadens slutliga energianvändning. Dessa parametrar bevakar de genom hela projektet. Kontrollprogrammet går systematiskt igenom alla parametrar och beskriver hur de ska verifieras samt hänvisar till relevanta AMA-texter och standarder, när sådana finns.

Energibesiktning utförs i tre omgångar: inför slutbesiktning, Vinterfall, Sommarfall

Energibesiktningens kontrollpunkter samlar de i "verifikationsplan" som består av:

- Parameter som ska kontrolleras. Till exempel indata till energiberäkningen såsom verkningsgrad, luftflöde, drifttider eller krav på funktion/ prestanda i Förfrågningsunderlag till exempel: max temperaturfall i kanal, lufttäthet, avfrostningsfunktion, energianvändning.
- Beställarkrav, energier för delsystem i energiberäkning SH, BH, RH.
- Anvisning på hur värdet/kravet ska verifieras. Tex genom kontroll i styrsystemet, kontroll av injusteringsprotokoll eller egenkontroll, och så vidare. Dessa saker behöver anpassas utifrån projektet, kontrollplan ger exempel på hur vissa av kontrollerna/ verifieringen kan göras.

Varje bolag utgår från sina egna förutsättningar och hittar sin linje i hur de vill göra och sedan blir det projektanpassningar beroende på vad som är upphandlat. Det är viktigt att få med energibesiktning från början i entreprenaden annars är det svårt att ställa det kravet.

Energibesiktning säkerställer att respektive besiktning för bygg, el, vvs, styr har med sig de kontroller som är av vikt för att säkerställa beräknad energiprestanda. På så sätt erhålls högre kvalitet i de besiktningar som redan görs och möjligheter att hitta avvikelser och fel i ett tidigt skede säkerställs.

6. Diskussion

Delar av den problematik som diskuterats i denna rapport har varit känd länge (mer än 30 år), men felen upprepas ändå. Skillnaden idag är att byggnaderna drar en bråkdel i uppvärmningsenergi mot tidigare, så detaljerna blir mycket viktiga.

En vision är att det inom 10 år endast skulle vara ett fåtal byggnader, som inte uppfyller sin beräknade energianvändning istället för endast 25 % idag.

Byggprocessen är en kedja med aktiviteter och aktörer, där alla måste leverera på topp, för att det ska bli möjligt att erhålla den energieffektiva byggnaden. Följande övergripande branschmål borde sättas för uppföljd energianvändning och arbetas mot:

2030 uppfyller minst 90 % av nya byggnader sin beräknade energianvändning.

Detta ställer stora krav på alla aktörer i branschen för det finns stort behov av många olika förbättringar.

- Höjd teknisk kompetens i alla led och bättre förståelse för helheten hur installationssystem och byggnad samverkar.
- I tidiga skeden sätts grundförutsättningarna för hur energieffektiv en byggnad kan bli. Hur säkerställer man att byggnadens förutsättningar att uppfylla kraven inte försämras under byggprocessen? Stegvis verifiering av funktionskrav, som sätts tidigt (programhandling).
- Hur ska framtida byggprojekt upphandlas, kvalitetsäkras och organiseras för att kraftigt reducera problematiken, som beskrivs i denna förstudie?
- Hur skall byggnaders funktioner och energianvändning i drift följas upp, för att snabbt hitta och åtgärda avvikelser? Då en ny byggnad alltid innehåller fel.
- Erfarenhetsåterföring från drift- och energiuppföljningen till de tidigare projektdeltagarna.

För att ha möjlighet att uppfylla ett sådant branschmål behöver arbetet påbörjas nu. Då det tar minst 5 år från systemhandling till byggnad har optimerats "i drift", så funktion och energieresultat kan redovisas.

6.1. Sammanfattande synpunkter från Workshops

Nedan är några reflektioner från deltagarna i Workshop 1 och 2:

- Det är den här typen av diskussioner som krävs, för att öka möjligheten att uppföljd energiprestanda blir mer lik beräknad energiprestanda. Detta så att byggherrarna får vad de önskade och vad de anser sig ha betalt för.
- Viktigt att fokusera på energin. Det finns mycket kvar att göra, BeBo-Förstudien är superbra, när man tittar på en massa olika projekt och diskuterar.
- Diskussionen har pågått länge och man behöver få upp lite volym på fall, så att man kan utröna vilka fel som uppstår, sätta lite systematik i det.
- Andra undersökningar är bara enskilda byggnader och då kan man inte dra så mycket slutsatser.
- Mycket intressanta diskussioner, mycket av innehållet känns igen.
- Tabellerna där vi kan se att en viss avvikelse ger en viss energianvändning är intressanta. Det är en utmaning att få organisationen att reagera och rätta till fel. Tekniken kan bara åtgärda ca 30–40 % av problemen, resten handlar om att hantera människor.
- Man ser en stor skillnad med de som förvaltar sina byggnader själva. De arbetar mycket mer med att justera tekniken, så att de får det de har betalt för.
- Den som har insikt i projekten har begränsat med tid.
- Det märks positiva skillnader i de nyaste projekten och vi har kommit igång med regelbundna avstämningsmöten.

- Listan på vad man ska göra i sitt projekt för att komma närmare den beräknade energiprestandan bör kompletteras med information från denna förstudie.

6.2. Sammanfattande synpunkter från Referensgruppmötena

Det är olika förutsättningar i olika typer av flerbostadshusprojekt:

- Entreprenörers egenutvecklade
- Bostadsrättsföreningar
- Allmännyttan (större bolag) som har mycket egen kompetens och som köper entreprenad.

Det är stor skillnad mellan egenutvecklade projekt och andra. Egenutvecklade projekt har kontinuerlig utveckling av ramhandlingar, tagit fram vilka installationsprodukter de arbetar med, etcetera. Dock har de samma problem som andra med köpta tjänster där UE inte alltid följer handlingarna utan gör som de gjorde i förra projektet.

I andra projekt kan det bli lite variation i lösningar och att de byts ut under byggprocessen. Detta kan bero på kostnadsbesparingar för hela projektet, men även på att det senare i projektet byts ut system och produkter av något annat skäl. Detta betyder att det färdiga flerbostadshuset kan erhålla andra funktioner och energianvändning. Vad detta innebär för energianvändningen kan vara okänt om det anses att uppdatering av energiberäkningarna är onödigt och dyrt, så de spar in på den kostnaden.

Angående värmeförluster till/ från utelufts-/ avluftskanalerna kanske de bara finns kondensisolering, men de kan ha glömt isoleringen (oisolerat). Så värmeförlusterna in i dessa kanaler kan vara stora. Det är sällan hänsyn tagen till värmeförluster in i utelufts- och avluftskanalerna.

Det fördes diskussioner om:

- konsulter ses sällan ute i projekten för erfarenhetsåterföring
- se till att få en bra avvägning att göra rätt från början utan att överarbeta.
- BEN-korrekationer och att det pågår en vidareutveckling av EnergiIndex.
- behövs större säkerhetsmarginal för energiberäkningar i tidiga skeden?
- vad innebär olika typer av avfrostningsfunktioner av ventilationsaggregat eller förvärmning.

Den viktigaste diskussionen var om hur få ut informationen om vanliga fel och brister i energieffektiva flerbostadshus, så att den verkligen används i projekt framöver.

6.3. Hur blir vi bättre

Hänsyn tas i dagsläget sällan till värmetransporter till och från medierör och kanaler som har avvikande medietemperatur mot omgivningen. Framst VVC samt utelufts- och avluftskanalerna. Hur kan vi bli bättre? Schabloner ska endast användas i tidiga skeden, då informationen om den nya byggnaden är bristfällig. Hänsyn tas inte till luftflödesbalansen. Svagt undertryck önskas i byggnaden för att reducera utläckage av fuktig inneluft i byggnadens klimatskärm under vinterhalvåret. Luftflödesmätning kan inte utföras med tillräcklig noggrannhet. Förändringar över tid av kanalsystemet och mätare.

Byggnadsenergiberäkningar utförs oftast med luftflödesbalans. Skulle byggnadsenergiberäkningarna ta hänsyn till luftflödesobalanser ökar värmeanvändningen med ca 20 %, så det blir svårare att beräkningsmässigt uppnå den önskade energiprestandan i det energieffektiva flerbostadshuset.

Senior expert i installationsteknik och byggnaders energianvändning med felsökningskompetens med erfarenhet av driftoptimering och felsökning bör granska samt diskutera handlingar och beräkningar. Det vill säga analysera och se om rätt hänsyn till medierör/ kanaler med avvikande temperatur har tagits.

Vilken luftflödesbalans är använd i beräkningarna, finns det förutsättningar att erhålla den i byggnaden?
Finns det några speciella styrningar som behöver granskas?

- Rätt beslut måste fattas tidigt i byggprojekten, då grundförutsättningarna sätts (kompetens/ erfarenhetsåterföring/ goda exempel)
- I tidiga skeden måste man bestämma hur byggnaden ska följas upp. Layout installationssystem, elcentraler, UC, mätarplacering, etcetera
- De goda intentionerna från tidiga skeden får inte slarvas bort i den mycket uppdelade byggprocessen
- Fånga upp avvikelser "tidigt" – Är det möjligt för de projekterade systemen att uppfylla kraven?
- Första driftåret
- Bättre underlag för upphandling då. Entreprenörer levererar det som krävs och inte mer, när de är upphandlade i konkurrens. De anpassar sig till faktisk kravnivå.

Med energibesiktning och komplettering av stegvis verifiering av delsystem blir det större fokus på funktion och energianvändning, för de olika delsystemen. Återkoppling skapas till hur delsystemen fungerar. Då blir det bättre förutsättningar för att byggnaden ska kunna uppfylla sin beräknade energianvändning. Det behöver skapas och spridas goda exempel.

Ta fram goda exempel på BEN-normalisering och normaliseringsmätningar.

Då det idag under byggprocessen försvinner mätare för att de inte har installerat dem tidigare. Detta försvårar energiuppföljning och normalisering.

6.4. Spridning resultatet

Kort information av resultatet på BeBo-mötet via Teams 1 oktober 2020.

BeBo Webbinarium via Teams 11 november 2020 före BeBo medlemsmöte

Planerad spridning av resultatet:

- Kort presentation på Energi&Miljö Energikonferens 2020, 2020-12-03
- Lunchseminarium för Energi&Miljö Stockholmdavdelning i början av 2021
- BeBo/BELOK resultatkonferens våren 2021
- Konferensen Energi- och klimatsmart fastighetsutveckling 2020, 2021-03-18 - 19
- Artiklar i fackpress Energi&Miljö, med flera
- BeBo hemsida
- BeBo LinkedIn-sida

6.5. Fortsättning

Större projekt är sökt "Varför nya energieffektiva flerbostadshus använder betydligt mer energi än beräknat". Projektets mål är att i detalj analysera 12 energieffektiva flerbostadshus för att öka förståelsen av vad avvikelser mellan beräknad och uppmätt funktion och energianvändning beror på samt var de uppstår. Dels vilken del/ system av byggnaden som ger avvikelser och när i byggprocessen. Denna kunskap måste föras ut i branschen på ett bättre sätt för att öka möjligheten att byggnaderna uppfyller beräknad energianvändning i framtiden.

Förberedande kontakt är tagna med några av de större branschorganisationerna, som är delaktiga i nationella färdplaner och sektorsstrategier, för att se om de anser att förstudien innehåller är relevant för deras arbete.

7. Referenser

- BELOK Driftanalys (2011) <http://belok.se/verktyg-hjalp/driftanalys/>
- Berggren, B., Westin, R. (2016) Komfortgolvvärme i flerbostadshus, SBUF-projekt 13208
- Bergqvist, B. (2015), Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus - mätningar i 12 fastigheter
<https://www.bebostad.se/library/1893/slutrapport-kartlaeggnig-av-vc-foerluster.pdf>
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN
https://www.boverket.se/resources/constitutiontextstore/ben/PDF/konsoliderad_ben_bfs_2016_12.pdf#tabell_2_2_brukarindata_f_r_nya
- Byggtjänst (2019) Injustering av luftflöden i luftbehandlingssystem, Framtagen av Bengt Bergqvist i samråd med Eddy Chabo.
- Carling, P., Isaksson, P. (2009): Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning, SBUF rapport 11815
- Energimyndigheten och Boverket (2018), Utvärdering av lågenergibygnader – Fallstudie 2017.
- Grönbergs, T. (2020): Personlig kommunikation med Torbjörn Grönbergs, SMHI, 2020-10-27
- Kempe, P. (2013): Installationssystem i energieffektiva byggnader, SBUF rapport 12541
- Kempe, P. (2014) Artikelserien "Erfarenheten", Installationer i energieffektiva byggnader:
Del 1 - Rätt systemdesign tar bort störande ljud, s.40-41, Energi&Miljö Nr 5, 2014
Del 2 - Luftflödesbalansen viktig i täta byggnader, s.42-44, Energi&Miljö Nr 6-7, 2014
Del 3 - Luftflöden och tryck vid forcering, s.44-46, Energi&Miljö Nr 8, 2014
Del 4 - Försämrad återvinning för FTX vid kall väderlek, s.48-50, Energi&Miljö Nr 9, 2014
Del 5 - Värmeförluster från distributionskanaler, s.44-45, Energi&Miljö Nr 10, 2014
Del 6 - Värmeförluster från distributionsrör, s.54-55, Energi&Miljö Nr 11, 2014
- Kempe, P. (2014): Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus, BEBO-rapport
<https://www.bebostad.se/projekt/ovriga-projekt/vidareutveckling-av-metoder-for-idrifttagning-och-driftuppfoljning-forstudie>
- Kempe, P. (2016): Drift- och Energiuppföljning, SBUF rapport 12746
- Kempe, P. (2018) Insamling och uppföljning av energidata. PILOT SABOs typhus KOMBO, Energimyndigheten projekt 38467-1
- Kempe, P. (2019) Informationscentrum för hållbart byggande – Guide Driftoptimering
<https://ichb.se/innehall/guider/guide-driftoptimering/>
- Kempe, P. (2019): Förstudie: Stegvis verifiering av delsystem
http://www.laganbygg.se/avslutade/stegvis-verifiering_228
- Kempe, P. et al. (2020): Mätningar för verifiering av energiprestanda - Resultat från LÅGAN-workshop om erfarenheter och förbättringsmöjligheter
http://www.laganbygg.se/UserFiles/Filer/LAGAN_workshop_verifiering_av_energianvandning.pdf
- Larsson, A. et al. (2014): Glapp i byggprocessen – läckor i energisystemet, BeBo Paraplyprojekt
<https://www.bebostad.se/library/1757/glapp-i-byggprocessen-laecor-i-energisystemet-slutrapport.pdf>
- Levin, P., Bergsten, D. (2018): Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 - 2017 Energimyndigheten
- Levin, P. (2019): Säkerställande av energimätningar i nybyggda flerbostadshus, SBUF-rapport 13658

Martinac, I., et al. (2017): Brukaranpassad, hållbar byggnadsdrift med fokus på inneklimat och energiprestanda i kontorsbyggnader – en kunskapssyntes, SBUF rapport 13293; Energimyndigheten projekt 42639-1.

Persson, A, et al. (2017): Från beräkning till verklighet - Skillnader i energianvändning Rapport 2017:11 <https://anthesis.se/wp-content/uploads/2018/06/Anthesis-rapport-2017-11.-Fran-berakning-till-verklighet-skillnader-i-energianvandning.pdf>

Puhringer, T., (2020), Personlig kommunikation med Tomas Puhringer, Saint Gobain, 2020-10-30

Stockholm Stad (2019). Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2018. https://vaxer.stockholm/globalassets/omraden/-stadsutvecklingsomraden/ostermalm-norra-djurgardsstaden/informationsmaterial/broschyr-och-dokument/hallbarhetsredovisning_2018_20190826.pdf

Stockholm Stad. (2020). Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2019. https://vaxer.stockholm/globalassets/omraden/-stadsutvecklingsomraden/ostermalm-norra-djurgardsstaden/hallbar-stadsutveckling/resultat-2019/hallbarhetsredovisning_norradjurgardsstaden_2019.pdf

Sveby (2012) Brukarindata Bostäder http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/10/Sveby_Brukarindata_bostader_version_1.0.pdf

Sveby (2020): Sveby – Mätanvisningar, Ver.2.0, 2020-06-10 http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2020/06/Sveby-Ma%CC%88tanvisningar-2.0_200610.pdf

Wahlström, Å. (2014): Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus, BeBo-rapport, <https://www.bebostad.se/library/1902/teknikupphandling-av-vaermeaatervinningssystem-i-befintlig-flerbostadshus.pdf>

Westin. R. (2019) Hushållsel i nybyggda flerbostadshus SBUF 13627

Wånggren, B. (1990): Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet, BFR-rapport R42:1990 Inskannad av Göteborgs universitetsbibliotek https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/47718/1/gupea_2077_47718_1.pdf

8. Bilagor

Bilaga 1 Sammanställning diskussioner på andra Workshopen	s.55
Bilaga 2 Sammanställning diskussioner på referensgruppsmöte	s.63
Bilaga 3 Mindre analys av mätdata för två system	s.64

Bilaga 1 - Sammanställning diskussioner på andra Workshopen

Två Workshops har genomförts under förstudien.

WS 1 genomfördes vid två tillfällen, Teamsmöte 2020-09-08 kl.13-15 med 13 deltagare och Teamsmöte 2020-09-09 kl.14-16 med 8 deltagare. Detta för att så många som möjligt skulle ha möjligt att medverka. På WS 1 informerades om Förstudien, önskemål om mätningar för analys av energieffektiva flerbostadshus, information från deras flerbostadshusprojekt (Atemp, antal lgh, energiberäkningar, systemdokumentation: ventilation, rör, etcetera), mätdataexempel och hur informationen skulle användas samt diskussion om avvikelser i energieffektiva flerbostadshus.

WS2 var Teamsmöte 2020-09-30 kl.14-16 med 16 deltagare var redovisning av iakttagelser i det material från flerbostadsprojekteten samt diskussioner om olika avvikelser mellan önskad/ teoretisk funktion/ energianvändning, var de såg förbättringspotential, etcetera.

Kort sammanfattning av det som diskuterades i workshoparna nedan.

Luftflödesbalans lägenhet/ ventilationsaggregat samt mätfel

Luftflödena och luftflödesbalansen är viktiga i energieffektiva flerbostadshus, så det gäller att skapa förutsättningar för bra luftflödesmätningar och injustering. Figur 12, bild av fläktrum hos Vätterhem med goda möjligheter för injustering och mätning diskuterades på Workshopen. Den reviderade metoden för luftflödesinjustering med tryckavlastade lägenheter bör användas. (Byggtjänst 2019)



Figur 12 Bilden av fläktrum hos Vätterhem. Bilden kommer från tävlingshandlingarna för Svensk Ventilation och BeBos Tekniktävling ventilation del B, som handlar om att få till bättre funktioner och kontroll på fördelning av luftflöden till och från respektive lägenhet.

I mån av plats borde fläktrum lika Vätterhems med goda mätförutsättningar bli en standard. Det behöver tas fram en standard för redovisning av inställningar av mätton, mätningar och luftflöden, så att det är lätt att återställa om något har förändrats. Bra om det finns möjlighet, utanför lägenheten från fläktrummet att mäta och korrigera luftflödesbalans i lägenhet ifall den har förändrats och det inte

ges möjlighet för tillträde till lägenhet. Då blir summaluftflödena till lägenhet korrekta, men fördelningen mellan olika rum kan avvika. Mätfel på luftflöde är större än 5 %, men ofta betydligt större. För att minska mätfel på luftflödena behövs raksträckor kring flödesmätenheten och det bör vara lätt att komma åt och att göra luftflödesjusteringar. Luftflöden blir högre på grund av MiljöByggnad. Det gäller inte bara energianvändningen utan också till exempel ljudmiljön i ventilationen.

För att få en förståelse av behovet av bra luftflödesmätningar och injustering:

- Frånluft energiinnehåll i Stockholm: ca 56 kWh/m²,år
- Övertryck - byggfukt vandrar ut i klimatskärmen under uppvärmningssäsongen, så undertryck med luftflödesbalans 0,9 – 0,95 bör eftersträvas.
- Luftflödesbalans ventilationsaggregat, 0,9 minskar eftervärmningen med 1 kWh/m²,år, men ökar lägenheternas värmebehov. Tabell 5
- Luftflödesbalans 0,80 i lägenhet ger 8 kWh/m²,år i ökad värmeanvändning från värmesystemet och luftflödesbalansen 0,9 ger 4 kWh/m²,år. Tabell 5
- Nolljustering kanaltryckgivare. Avsaknad nolljustering kan efter något år ge 20 % obalans i luftflöden och ett ökat värmebehov. Tanken kan vara att nolljustering utförs i samband med filterbyte, men det glöms bort. Det finns kanaltryckmätare med automatisk nolljustering.
- Försmutsning av frånluftskanalen påverkar frånluftsfloendet (ökat tryckfall).

Problem med injustering – värmeanvändning

Det är svårt att få tag på bra injusterare av värmesystem, så det är svårt att få rätt funktion.

- Det förekommer att märkning av slingor för golvvärme är felaktigt, så rumstermostater styr fel slingor i golvvärmesystemet. Exempelvis golvvärmen i sovrum styrs med kökets rumstermostat.
- Felaktig injustering av golvvärmeslingor
- Fel på rumstermostater, maxbegränsningar
- Detta kan ge ökad vädring/ energianvändning på grund av övertemperaturer
- Injustering värme, radiatorventiler i fel storlek för energieffektivt flerbostadshus
- Standardiserade drifthandlingar med förutsättningar för injustering

Solceller och solfångare

- Solfångaranläggningar har haft driftproblem och stora driftbortfall, så att de har producerat betydligt mindre mängd solvärmeenergi.
- Solcellsanläggning fungerar bra med små avvikelser i energiproduktion, men har låg elproduktion under vintern, nov- feb.
- Hur mycket solel kan direkt nyttjas för fastighetsel? Analyser med timdata. Fördel om köpt fastighetsel minskar vid beräkning av byggnadens primärenergital.

Spridning i kvalitet på komponenter/ delsystem

- Ventilationsaggregat funktion: Avfrostning, värmeåtervinning, sommar driftfall, kylåtervinning
- Injustering värmesystem
- Injustering ventilation, mätning luftflöden
- Hur bra koll har man haft innan man till exempel har lagt igen schakt?
- U-värde nya fönster varierar (läcker argon under vissa förutsättningar/ 20 % försämrat U-värde)
- Verifiera att inga större brister (till exempel köldbryggor) förekommer i klimatskärmen. Saint Gobains klimatskalkontroll kommer att användas för det större projektet.

Kanalisering

Endast kondensisolering på utelufts- och avluftskanalerna ger stora värmeförluster och påverkar byggnadens energianvändning.

Det framkom ett exempel på WS där man helt glömt isolering av de kanalerna, vilket resulterade i kall badrumsvägg (10 - 12 °C under vintern) mot ventilationsschaktet. Så kanalerna fick isoleras i efterhand. Vad är den mest optimala isoleringen (Kanalerna, Schaktväggar)? Att beakta värmeenergi, fukt/kondens, brand.

Lägenhetsaggregat: Ute/Avluftskanalerna (kondensisolering) försämrar energiprestandan relativt mycket. Ca 4m mellan yttervägg och ventilationsaggregat ger i storleksordningen 4 kWh/m²,år i ökad energianvändning. (Detta kan överslagsmässigt jämföras med 3-4 m² yttervägg med 3-5 cm isolering.)

VVC-förluster

För att minimera VVC-förluster är det viktigt att VV/VVC-rören är isolerade, inga separata VVC-slingor i lägenheter, minimera rörlängderna för VV/VVC-rören, ta hänsyn till bjälklagsgenomföringar, blanka rör (oisolerede) och fördelningskåp.

Vad innebär det om VVC-flödet inte är korrekt och liknande VVC-temperaturer erhålls från de olika VV/VVC-stammarna? Mätning av VVC-förluster i undercentral kan bli felaktig.

Höga VVC-förluster bidrar till övertemperaturer under sommaren.

Man behöver kunna följa upp varje huskropp för sig och VV-mätning som differens mellan VV och VVC kan bli ett problem på grund av mätfel i differens mellan två lika stora flöden en stor del av tiden.

Vidareleveranser

Det gäller att ha koll på vidareleveranser av energi.

Exempel: Energianvändningen i en byggnad ändrades drastiskt när en butik la ner verksamheten.

FVP vs FTX

Vid jämförelse mellan FVP och FTX så finns det fördelar och nackdelar med båda.

- När man tittar på den energianvändning som redovisas i energiberäkningsprogram, så är den lägre för FVP än vad som kan anses normalt i ett förstaläge. Det verkar som om FVP-husen är bättre på att nyttja internlasten under uppvärmningssäsongen.
- Men nu när el till FVP har en betydligt högre viktningfaktor än FJV, så blir FVP mindre fördelaktig.
- FVP får sämre inneklimat om man vädrar i ett rum jämfört med FTX. FVP bygger på att man har ett undertryck i lägenheten relaterat till ute, så att uteluften fördelar sig relativt jämt mellan uteluftsdonen. Vindtryck på fasaden ändrar denna tryckdifferens, men tas inte med i detta resonemang. När ett fönster öppnas försvinner undertrycket och därmed uteluftsflödet genom uteluftsdonen. Då blir luftkvaliteten i övriga rum sämre och det rum som får bättre luft är det som fönstervädrar.
- Vid FTX-ventilation så finns ett fläktstyrt tilluftsflöde till alla rum med tilluftsdon (primärt sov och vardagsrum) och får därmed bättre luftkvalité.
- Det kan vara enklare att få bättre överensstämmelse med energiberäkningen för FVP-byggnader jämfört med FTX på grund av bristande injustering av ventilationen.

Behov av kontroller

Det behövs en bättre kontrollfunktion, egenkontrollen räcker inte. Behov av kontrollant, för att tillse att det inte byggs in fel. Vad är energiansvarigs roll? Kan energiansvarig tillräckligt mycket om förluster från installationssystem och brist i funktion.

Det finns exempel på fjärrvärmväxlare som levererats oisolerade, så då blir det varmt i undercentralen och den temperaturstyrda kanalfläkten i undercentralen vädrar ut överskottsvärmen.

Om inte värmeförlusterna i rörschakt är begränsade, kan det resultera i att uppvärmt kallvatten erhålls. Detta kan även erhållas av tryckhållningspump på tappvattnet nattetid om dess styrning inte fungerar.

Hur mycket studier finns det på olika förluster från rör och kanaler i byggnader och till hur stor del kan dessa tillgodogöras i byggnaderna?

Ett problem är att "planen" ändras under byggprocessen, till exempel installeras andra fönster än det som var projekterat, och sedan uppdateras inte dokumenten. Det är också problem med rena inkopplingsfel, till exempel att man ställer systemen på standardvärden eller kopplar in värmebatteri på fel ställe.

- Mycket i flerbostadshus byggs in och är väldigt svårt att byta ut efteråt, exempelvis om det finns några för klana kanaler i ventilationssystemet då är det svårt att göra något åt det vilket innebär högre systemtryck, mer ljud, mer fläktel. Det behövs kontroller tidigt i projektet som kan verifiera att det kan fungera som avsett.
- De krav som sätts tidigt i projekt ska även ange hur de stegvis ska verifieras under byggprojektet för att öka möjligheten att kraven kan uppfyllas i den färdiga byggnaden,
- Det finns mer än energi som man behöver få med sig i verifiering/kontroll.
- Någon erfaren behöver granska och ställa frågor tidigt, så tid finns att korrigera designen.

Felaktig eller "dold" styrning, tankekurpa

- Felaktigt inställd nattsänkning "som inte skulle finnas i reglercentralen". Nattsänkning släppte 07:00; På grund av detta kalla lägenheter på morgonen sedan höjdes framledningen och det blev varmt på eftermiddagen vilket skyldes på solinstrålning.
- Felaktig styrning/funktion av avfrostning kan ge ökad värmeanvändning
- Ventilationsvärmväxlare kan inte by-passas under sommaren, så att varma lägenheter inte kan nyttja nattkyla.
- Felaktig styrning av fjärrvärmväxlare
- Felaktig styrsekvens för värmning av uteluft till tilluft, så att onödigt mycket värme används.

Mätförutsättningar för energieffektiva flerbostadshus

- Sveby mäthanvisning samt verifieringsanvisning 2020-06-10 (Betjäningsområden)
- Fördel om detaljanalys kan utföras med 5-min-värden för delsystems funktion och styrning.
- Vid utvärdering upptäcktes att mätare saknades, där det var projekterat att de skulle finnas
- Stockholms stad har ställt krav på extramätningar, men det ställdes inga krav på undermätare för ventilationssystemet. Därmed saknas information om ventilationens energianvändning.
- Tvättstugor i objekten hur påverkar de? Det kanske inte påverkar så mycket om man har VP-tvättstugor. Tvättstugor som drar in väldigt mycket kall luft till torkskåp och torktumlare, vilken påverkan har de och kan det behöva normeras bort.

Vad behöver mätas

Det var en del diskussioner om nivån som behövs på mätningar, för att ha tillräcklig kontroll på installationssystemen och energiflödena i byggnaderna.

- Ibland vill man köra ett projekt och mäta allting för att slippa att alla sitter på möten och spekulerar hur mycket energi olika saker drar.
- Har Ni åsikter om Boverkets regler och vill påverka, se till att svara på Boverket remisser. Bra att ha stöd i utvärdering, för sina synpunkter. Så det inte är ett allmänt tyckande.
- Eleftervärme respektive elfövärm på ventilationen. Hur påverkar dessa energiprestanda och primärenergital?
- Tidigare när flerbostadshus använde 110 - 120 kWh/m²,år betydde ett fel på 1 - 2 kWh/m²,år inte så mycket, men idag när man strävar ner mot 50 kWh/m²,år varav ca hälften kan vara VV, så får dessa avvikelser/ fel mycket stor betydelse.
- De poster/ energier som energiberäkningen anger behöver mätas och följas upp månadsvis.
- Vad har jag för data i energiberäkningen, går det att få ihop så att det representeras med något mätvärde någonstans. Den övningen är bra att göra som energisakkunnig på fastighetsbolag.

- Torrsimma energiuppföljningen, entreprenören kan önska att mäta något och projektörerna kan sitta och diskutera länge hur de ska sätta in mätarna i flödesscheman. Alla har en massa olika åsikter och det är en massa experter som säger olika saker och entreprenören sitter där som lekman och måste gissa vem av dem som säger rätt.
- Sätt mätarna rätt och mät det som önskas annars är det i princip lönlöst att mäta.
- Detta är främst ett problem när det gäller elmätare att det inte bara är ventilationsaggregatet som elmätaren mäter utan mycket annat.
- Det behövs en samordning mellan styr och el. Förstå vilka värden som kan hämtas ut från utrustning (ventilationsaggregat, värmepumpar, etcetera).
- Samordnad provning är något som måste bli mycket tydligare. Vid slutbesiktning är det ofta något som inte är uppkopplat och då ses inte felfunktioner. Så samordnad funktionsprovning när allt är uppkopplat.
- Besiktningsmän kan stirra på flödesscheman och ha svårt att se om mätare sitter på rätt ställen och mäter det som avsetts.
- Det tar några månaders drift innan man kan vara säker på att mätvärdena är "rätt". Representerar mätarna det man tror att de representerar?
- Man måste följa upp och se om det är rimligt det som redovisas i mätsystemen.
- Man behöver kunna följa upp varje huskropp för sig och mätning av VV-mätning som differens mellan VV och VVC kan bli problem på grund av mätfel i differens mellan två liknande flöden.

Mätdata och sampling

- 6 projekt kan få ut detaljerade mätdata (5-min)
- Timvärden kan fås från övriga projekt med vissa möjligheter för detaljerad loggning
- Ett projekt hade en begränsning till 2000 värden vid export.
- Hur fånga upp problem med avfrostning och andra lite snabbare förlopp?
- Vilka mätare behöver vi faktiskt? Vilka kan vi strunta i?
- Tidigt i projektet ta fram hur man ska verifiera olika funktionskrav, vilka mätare och givare behövs, så att det ska vara möjligt att verifiera önskade energianvändningar och funktionskrav.
- Tvättstugor i objekten hur påverkar de? Påverkar värmepumpstvättstugor mindre?
- Tvättstugor som drar in väldigt mycket kall luft påverkar och kan behöva normeras bort.
- I systemhandlingen behöver systemen delas upp och bestämmas var mätare ska sitta, hur krav som är ställda på byggnaden ska verifieras
- I projekteringen ska mätarna projekteras in med rätt raksträckor etcetera.

Hushållsel

- Vilka möjligheter finns det att samla in hushållselen för byggnaderna till den större studien, vilken betydelse har det. Hur kan man göra?
- Vid låg hushållselanvändning blir värmebehovet högre och justeringen med några kWh/m²,år på grund av låg hushållsel är viktig, då det är så tuffa krav (låg energianvändning).
- I en nyligen publicerad SBUF-rapport har hushållselanvändningen från över 3000 lägenheter i nybyggda flerbostadshus analyserats. Bland annat har hushållselens påverkan på flerbostadshusen studerats med stöd av energisimuleringar. SBUF 13627 – Hushållsel i nybyggda flerbostadshus (Westin, R. 2019)

Komfortgolvvärme

- Förekomst av elkomfortgolvvärme i energieffektiva flerbostadshus – inventering?
- Personer som köper lägenhet för 10 miljoner. Vill inte ha kalla badrumsgolv i augusti.
- Separata mätare behövs för annars justeras energianvändningen med schabloner. Kan bli mycket hög med viktningsfaktorer och primärenergital.

- Vid system med vattenburen golvvärme och el. Hur vet man att den vattenburna fungerar, så elgolvvärmen inte går in i stället och värmer det vattenburna systemet?
- Hur sprider sig värmen från badrummet till omgivningen samt lösning för att begränsa komfortgolvvärme tas upp i SBUF-projekt 13208 - Komfortgolvvärme i flerbostadshus (Berggren, B., m.fl. 2016)

Normering på grund av antalet boende mm

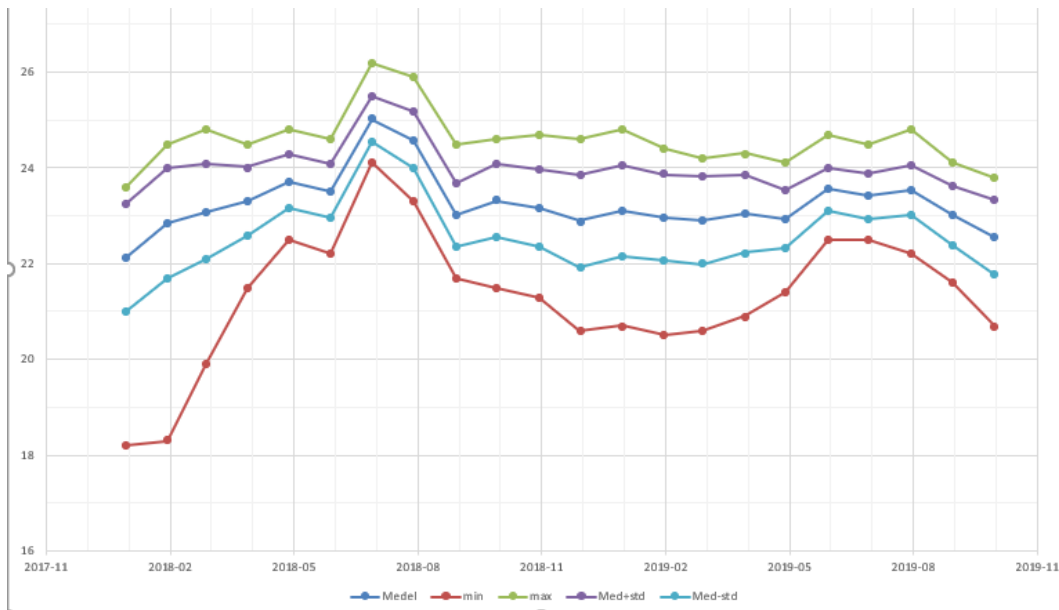
Det blev en diskussion om vad det betyder för flerbostadshusets energianvändning om det bor fler personer i lägenheterna än vad som varit avsett från början.

- Boendetätheten varierar mellan olika områden. Tar man hänsyn till detta i VV-schabloner? Standardiserad VV-användning är 25 kWh/m²,år och kan få sänkas 10 % om man har A-klassade blandare. Så om man har en högre VV-användning får man korrigera för meranvändningen.
- Det finns en sekundäreffekt av ökad VV-användning, då det ger en ökad uppfuktning av inneluften i lägenheten och frånluften från lägenheten. Denna ökade uppfuktning kommer att leda till ökad kondensering och påfrysning av fukt i ventilationens värmeåtervinning. Vilket leder till mer avfrostning av värmeåtervinning och mer behov av eftervärme. Ett sätt att minska detta är att höja inkommande uteluftstemperatur med exempelvis geotermisk förvärmning.
- Många som bor i lägenheter i vissa områden ger en ökad personvärme i lägenheterna. Kan man normalisera? Går det att använda korrektion för övertemperatur i lägenheten? Fler personer som bor i lägenheterna ger en ökad internlast. För personvärme och fuktalstring i sådana lägenheter finns ingen normalisering. Detta leder under vintern till en ökad personlast och minskad värmeanvändning om man inte fönstervädrar mer på grund av sämre luftkvalité inomhus. Frånluften får ett ökat fuktinnehåll som vid FTX ger en ökad avfrostning och värmeanvändning.
- När man har för varmt i lägenheterna och börjar justera ner kurvor så blir minskningen betydligt större än 5%/ °C. Vad beror det på? Minskad vädring? Kan finnas ett incitament att försöka justera bort meranvändning i stället för att normera bort, men troligast är 5%/ °C anpassat till äldre byggnader (Energideklarationer) där BEN även ska användas. Lägre framledningstemperatur på värmesystemet sänker värmeanvändningen, men minskar också tillgänglig värmeeffekt i lägenheterna. Detta begränsar de boendes möjligheter att välja en högre innetemperatur.

BEN-normering (Månadsvis) är önskvärt

Det är en fördel med rullande 12-mån uppföljning med BEN-normering utgående från månadsvärden för olika delsystem vilka jämförs med energiberäkningen, för att tidigt se avvikelser från energiberäkningen.

- Referenstemperaturer i lägenheterna -månadsmedel. Ej frånluftstemperatur då badrum och kök kan vara varmare än övriga lägenheten.
- Summa hushållsel – månadssumma. Hur är tillgängligheten om ej IMD? GDPR
- Summa varmvatten - Månadssumma (inkommande kallvattentemperatur varierar över året, så värmeenergin per kbm varmvatten varierar över året)
- Uteklimat - Normalårskorrigerad Graddagar/ Energiindex. Vilka felmarginaler finns? Balanstemperatur?
- Om inte värmen till värmesystemet och eftervärmen till ventilation mäts separat utan drar varmvattenenergin från köpt fjärrvärme behöver värmen till varmvatten månadsvis korrigeras på grund av inkommande kallvattentemperatur.



Figur 13 Exempel Referenstemperatur lägenheter med min, max samt \pm en standardavvikelse

Energiberäkning – förbättring

Utgående från problemen i energiberäkningarna bör man förbättra kommunikationen inom projekten.

- Installationssamordnaren bör gå igenom energiberäkningen och jämföra med hur man bygger systemen i verkligheten, för att fånga upp skillnader mellan tänkt utförande i energiberäkningen och verkligt utförande.
- Det är viktigt att den som gör energiberäkningen stämmer av med den som gör ramhandlingen.
- Det är viktigt att byggherrarna engagerar "energiamordnare" i tillräcklig omfattning.
- En och samma person bör vara med som energisakkunnig i projektet, idrifttagning och uppföljning.
- Det får inte bli bara schabloner från Sveby, BEN, etcetera. Någon som förstår byggnaders funktioner, behöver kontrollera, så att viktiga detaljer inte försummas.
- Viktigt med erfarenhetsåterföring till projektörer och energiberäknare om hur det blev i den färdiga byggnaden, så att man inte gör samma fel/ brist igen.
- Man kan ju undra vad egenkontroller har för värde ...
- MB och andra certifieringar har en bättre kontroll på hur byggnaden presterar - Behöver jobba med att få en bättre struktur i projekt
- Hur kan man få bättre kontroll på utförandet?
 - Besiktningsman går in tidigare
 - Kontrollant
 - Energiamordnare
- Det är viktigt att personen som utför kontrollerna har en djup kunskap om byggnader och deras energianvändning. Behöver vara en mycket kunnig person med stor erfarenhet på felsökning samt verifiering av byggnaders funktioner och energiprestanda. Denna person bör även i tidiga skeden granska handlingar och diskutera lösningar, som kan innebära stora värmeförluster och extra energianvändningar.
- Har man rätt mindset/ kunskap kan en del saker ses direkt på ritning och förbättringar föreslås.
- Om man har höga VVC-förluster bidrar det till övertemperaturer under sommaren.

Energibesiktning

Stockholms allmännyttiga bolag tog för några år sedan tillsammans fram ett kontrollprogram för Energibesiktning. Energibesiktningen fokuserar på de parametrar som påverkar byggnadens slutliga energianvändning. Dessa parametrar bevakar de genom hela projektet. Kontrollprogrammet går systematiskt igenom alla parametrar och beskriver hur de ska verifieras samt hänvisar till relevanta AMA-texter och standarder, när sådana finns.

Energibesiktning utförs i tre omgångar: inför slutbesiktning, Vinterfall, Sommarfall

Energibesiktningens kontrollpunkter samlar de i "verifikationsplan" som består av:

- Parameter som ska kontrolleras. Till exempel indata till energiberäkningen såsom verkningsgrad, luftflöde, drifttider eller krav på funktion/ prestanda i Förfrågningsunderlag till exempel: max temperaturfall i kanal, lufttäthet, avfrostningsfunktion, energianvändning.
- Beställarkrav, energier för delsystem i energiberäkning SH, BH, RH.
- Anvisning på hur värdet/kravet ska verifieras. Tex genom kontroll i styrsystemet, kontroll av injusteringsprotokoll eller egenkontroll, och så vidare. Dessa saker behöver anpassas utifrån projektet, kontrollplan ger exempel på hur vissa av kontrollerna/ verifieringen kan göras.

Varje bolag utgår från sina egna förutsättningar och hittar sin linje i hur de vill göra och sedan blir det projektanpassningar beroende på vad som är upphandlat. Det är viktigt att få med energibesiktning från början i entreprenaden annars är det svårt att ställa det kravet.

Energibesiktning säkerställer att respektive besiktning för bygg, el, vvs, styr har med sig de kontroller som är av vikt för att säkerställa beräknad energiprestanda. På så sätt erhålls högre kvalitet i de besiktningar som redan görs och möjligheter att hitta avvikelser och fel i ett tidigt skede säkerställs.

Vid etappvis inflyttning kan en särskild energibesiktning göras för att samla ihop de energirelaterade besiktningarna inför slutbesiktning, det kan innebära extrakostnad i projektet men minskar kostnaderna i garantiskedet.

Energibesiktning och LÅGAN-förstudien stegvis verifiering av delsystem är två sätt att få kontroll på hur en byggnads energianvändning och dela upp det på delenergi som enklare kan kontrolleras. Energibesiktningen kan ses som ett paraply till LÅGAN-förstudien stegvis verifiering av delsystem, kap.2.14 (Kempe, P., 2019), där varje delsystem i princip består av några parametrar i energibesiktningens kontrollprogram.

Bilaga 2 Sammanställning diskussioner på referensgruppsmöten

Två referensgruppsmöten har genomförts under förstudien.

RG1 2020-08-31 kl.8-10 via Teams med 9 deltagare:

Där det togs upp att endast är 25 % av flerbostadsprojekten som uppfyller sin beräknade energianvändning. Vid granskning av snittförbrukningarna redovisade i Hållbarhetsrapporterna för Norra Djurgårdsstaden: 2018 76 kWh/m²,år samt 2019 70 kWh/m²,år och tar man bort varmvattenenergin (standardiserat brukande), är avvikelserna för värmen och fastighetselen 50 – 70 %. Vidare togs förstudien inriktning, flerbostadshusprojekt som var med och vilka som var på gång, hur det gick med inhämtning av underlag upp, energiberäkningar, vanliga avvikelser/ fel samt vad som planerades presenteras på första Workshopen.

RG2 2020-10-06 kl.15-17 via Teams med 9 deltagare: Presenterades informationen från WS2 och diskuterades hur få ut informationen, så att branschen tillgodogör sig informationen. Det har presenterats åtskilliga rapporter de sista 30 åren i frågan, men det syns inte så mycket spår av dessa när nya projekt analyseras.

Kortfattat av det som diskuterades på RG2.

Olika förutsättningar i olika typer av flerbostadshusprojekt:

- Entreprenörers egenutvecklade
- Bostadsrättsföreningar
- Allmännyttan (större bolag) som har mycket egen kompetens och som köper entreprenad.

Det är stor skillnad mellan egenutvecklade projekt och andra. Egenutvecklade projekt har kontinuerlig utveckling av ramhandlingar och har tagit fram vilka installationsprodukter de arbetar med. De är mer måna om slutresultatet och har bra känsla för vad slutresultatet blir om underentreprenörer följer handlingarna och inte gör som de gjorde på förra projektet, vilket kan skilja från handlingarna.

I andra projekt kan det bli lite variation i lösningar och att de byts ut under byggprocessen. Detta kan bero på kostnadsbesparingar för hela projektet, men även på att det senare i projektet byts ut system och produkter av något annat skäl. Detta betyder att det färdiga flerbostadshuset kan erhålla andra funktioner och energianvändning. Vad detta innebär för energianvändningen kan vara okänt om det anses att uppdatering av energiberäkningarna är onödigt och dyrt, så de spar in på den kostnaden.

Angående värmeförluster till/ från utelufts-/ avluftskanalerna kanske de bara har kondensisolering, men de kan ha glömt isoleringen (oisolerat). Så värmeförlusterna in i dessa kanaler kan vara stora. Det är sällan hänsyn tagen till värmeförluster in i utelufts- och avluftskanalerna.

Sällsynt med platsbesök av konsulter för erfarenhetsåterföring på byggarbetsplats eller under garantitiden.

Diskussioner om kostnader, att få en bra avvägning att göra rätt från början utan att överarbeta.

Diskussioner angående BEN-korrekationer och att det pågår en vidareutveckling av EnergiIndex.

Diskussioner om säkerhetsmarginaler. Behövs större säkerhetsmarginal i tidigare energiberäkningar? Detta för att ha extra marginal, för att ta höjd, för att allt inte kan bli så bra som önskas.

Diskussioner om olika typer av avfrostningsfunktioner av ventilationsaggregat eller förvärmning.

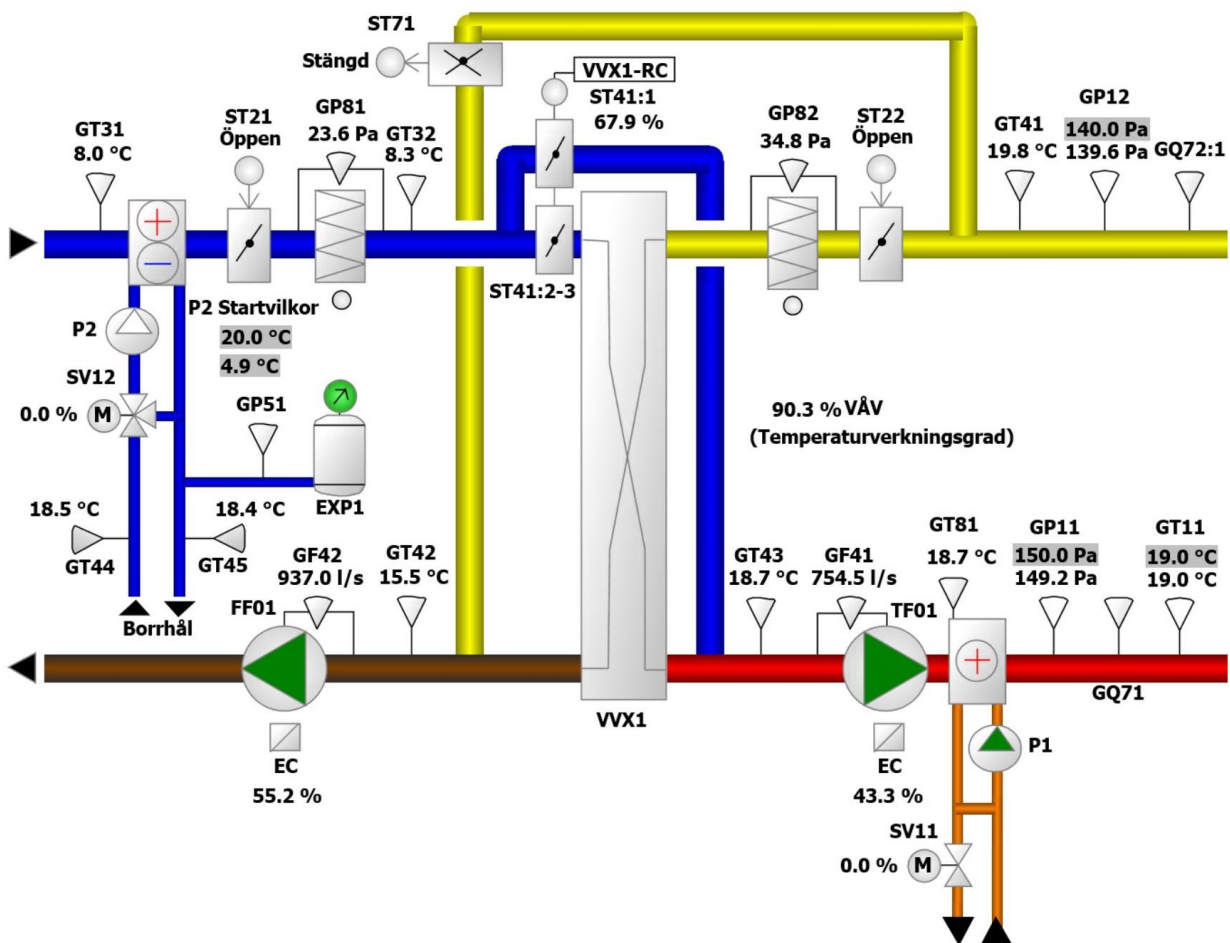
Den viktigaste diskussionen var om hur få ut informationen, så att den verkligen används i projekt framöver.

Bilaga 3 Mindre analys av mätdata med och utan förvärmning

Figurerna i denna bilaga är framtagna med BELOK Driftanalys (BELOK Driftanalys, 2011)
Mindre analys av ventilationsaggregat med geotermisk förvärmning visas i figur 15 till figur 17.
Driftbild på det analyserade ventilationsaggregatet visas i figur 14.

I figur 19 och figur 20 visas vad som är möjligt att se med 5-min-data, vilka är för ett liknande system som i figur 14, men utan förvärmning. Där är möjligt att i mer se detalj hur avfrostningen arbetar.

Det som direkt ses i driftbilden, figur 14, är en stor obalans på luftflödena (GF41 vs GF42) och ventilationen är numera omjusterad som garantiåtgärd.

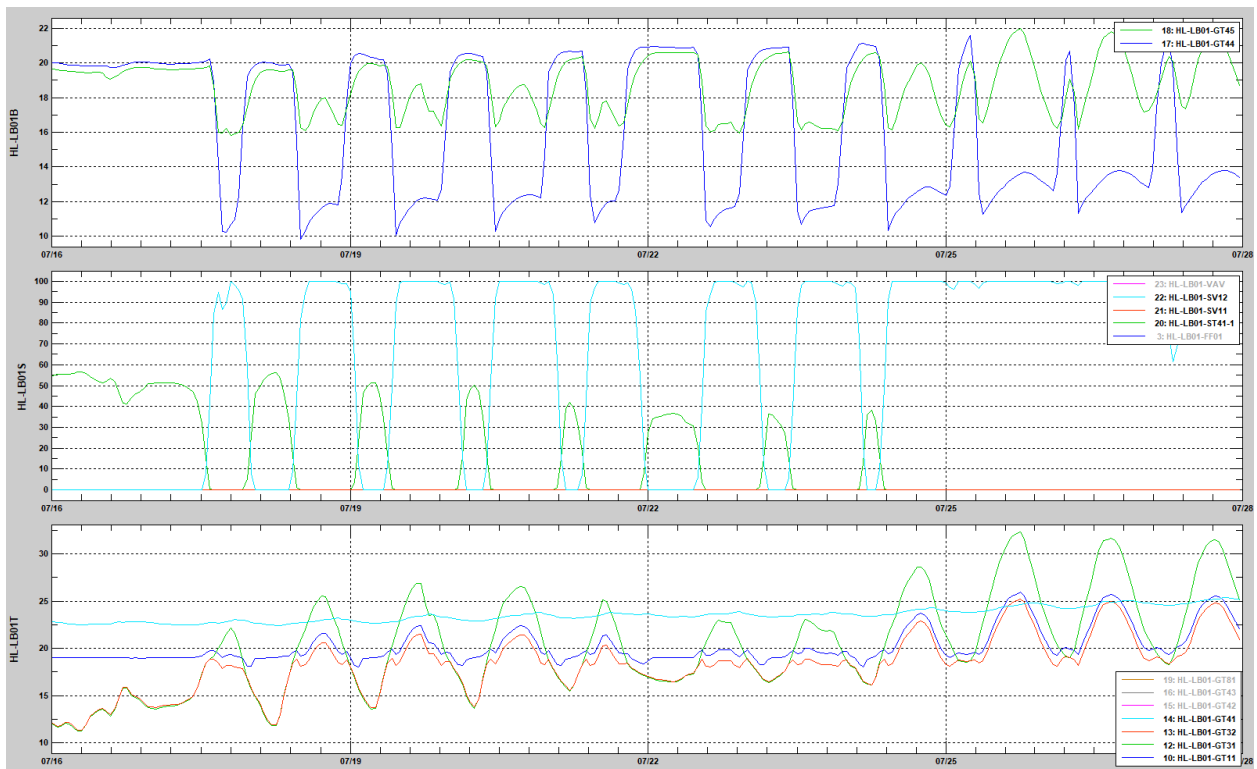


Figur 14 Driftbild av ventilationsaggregat vars mätdata redovisas i figur 15 – figur 17

Temperaturer och styrsignaler vid förkylning/ återladdning ses i figur 15, när inkommande uteluft förkyls och borrhålen återladdades. När uteluftens temperatur överstiger +20°C så aktiverades förkylningen/ återladdningen så uteluften kyls 1 - 6°C. Vid 31°C inkommande uteluftstemperatur kyls luften till 25°C. Då var temperaturen från borrhålen 14°C och värmdes upp till 22°C.

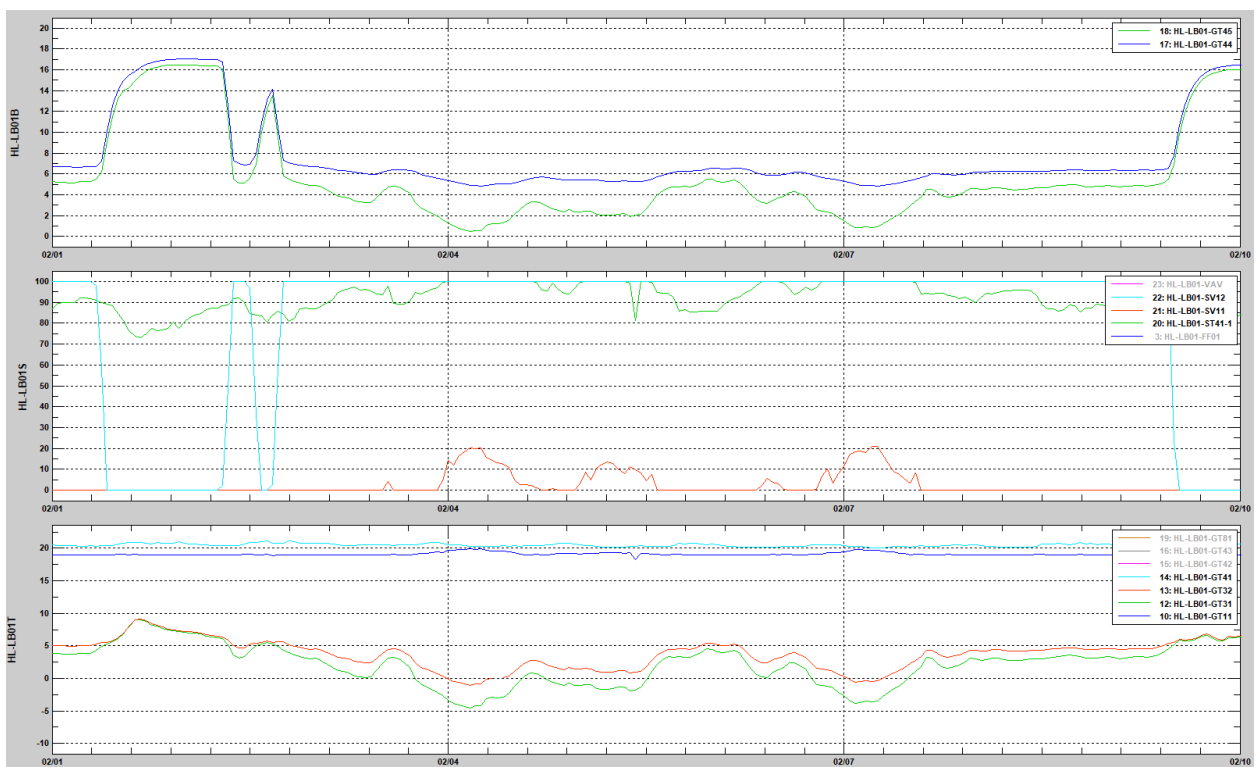
Kontroll av förvärmning ses i figur 16, när inkommande uteluft förvärmades. När uteluftens temperatur är +5°C så aktiverades förvärmningen, så uteluften värmdes. Det har inte varit kallt under vintern 2019–2020, så vid -5°C inkommande uteluftstemperatur värmdes uteluften till -1°C. Då var temperaturen från borrhålen 5°C och kyls till 0°C.

Förkylning uteluft och återladdning av borrhål



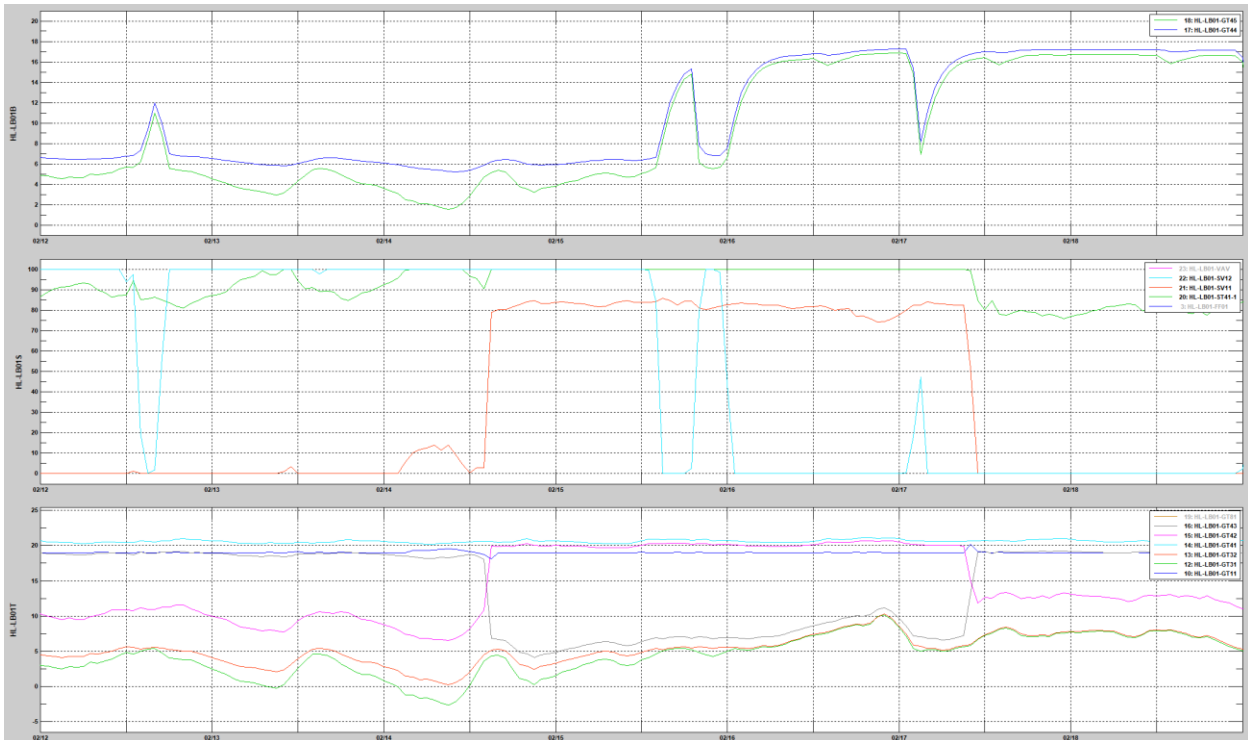
Figur 15 GEO-FTX sommar tim-mätdata

Fövärmning inkommande uteluft under vintern

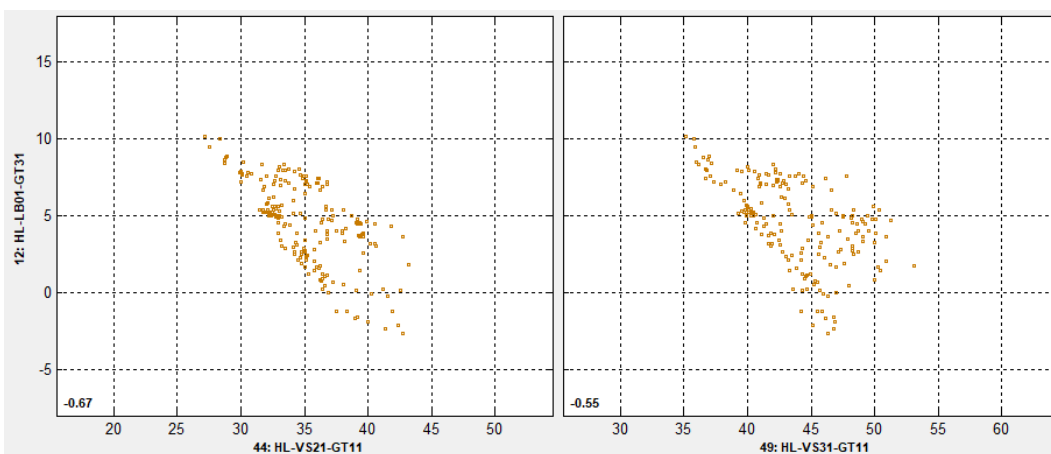


Figur 16 GEO-FTX vinter tim-mätdata

Mätdata i figur 17 visar att fredag eftermiddag faller temperaturen efter värmeåtervinningen till strax över temperaturen efter förvärmningen samtidigt som eftervärmebatteriets ventil öppnar till 80 – 85%. Det som händer är att rökdetektorn indikerar för rök i frånluften och öppnar, ST71, brandgasförbigång. Detta beror på att för få lägenheter är anslutna till kanalen som rökdetektorn sitter i, så ibland vid matlagning indikerar rökdetektorn och ST71 öppnar. Av säkerhetsskäl är det manuell återställning, så återställning sker inte förrän på måndag förmiddag. Därav kördes ventilationen utan värmeåtervinning i nästan tre dygn och med mycket eftervärme. Detta har skett tidigare och grundproblemet är ännu inte åtgärdat. Så för att inte blåsa in kall tilluft i lägenheterna har framledningskurvan till ventilationen höjts med ca 10°C. Dessa två avvikelser ökar det energieffektiva flerbostadshusets värmeanvändning.

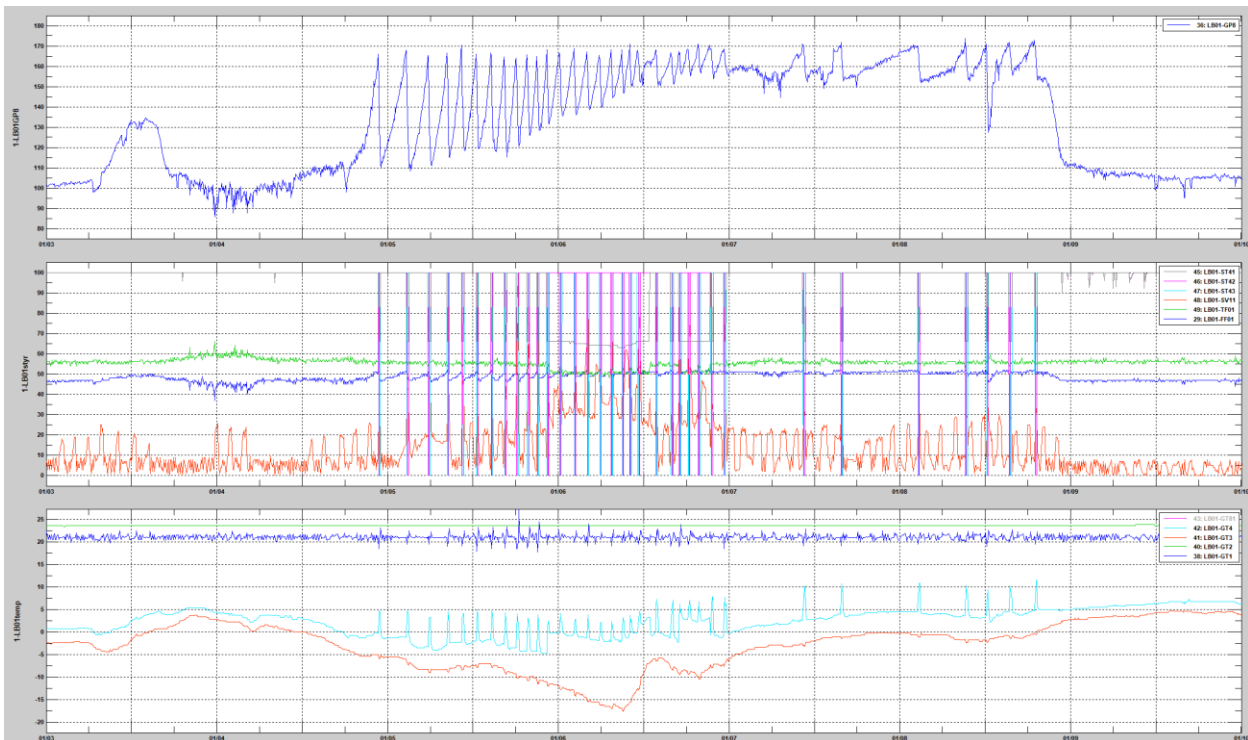


Figur 17 Exempel: GEO-FTX vinter tim-mätdata

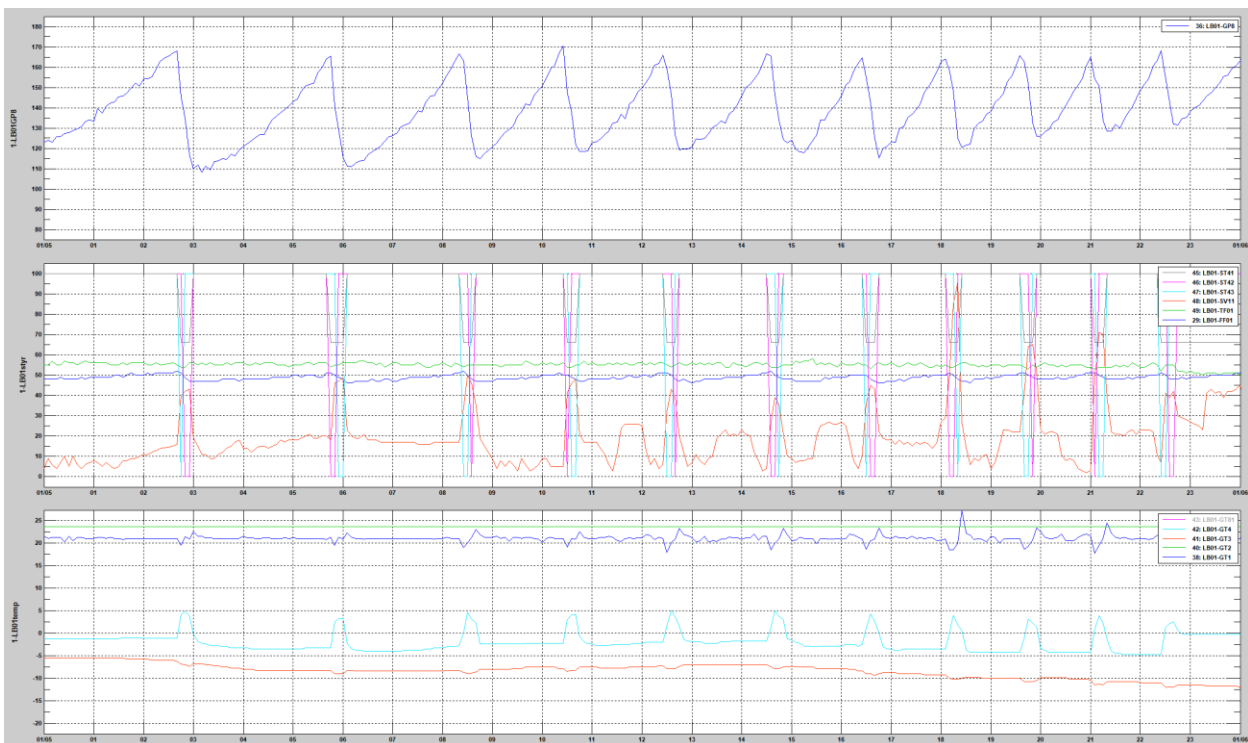


Figur 18 Temperatursignatur för VS21 och VS31. VS31 ligger ca 10C högre än VS21.

i figurerna 19 och 20 visas vad som är möjligt att se med 5-min-data. Mätningarna är på ett liknande ventilationsaggregat som i figur 14, men utan förvärmning, så att avfrostningen går in när det är kallt ute. Under januariveckan 2017 varierar utomhustemperaturen mellan +3°C och -17°C. Avfrostningen börjar jobba vid -5°C och det ökade tryckfallet över vvx är inte helt borta förrän vid +1°C.



Figur 19 Januarivecka 2017 när avfrostningen arbetar del av veckan. Tryckfall över vvx (övre diagram), avfrostningsspjällen mellersta diagram samt temperaturer nedre diagram.



Figur 20 Avfrostningen arbetar under januardygn 2017. Se på tryckfall över vvx (övre diagram), avfrostningsspjällen mellersta diagrammet samt temperaturer i nedersta diagrammet.