

Rekorderlig renovering

Demonstrationsprojekt för energieffektivisering i befintliga flerbostadshus från miljonprogramstiden

Slutrapport för Norrbacka – Sigtunahem



Norrbackavägen 21 efter åtgärd

Utarbetad av
Per Levin, Projektengagemang
Anders Larsson, Thetis AB (Projektledare Sigtunahem)

Mars 2012

BESTÄLLARGRUPPEN BOSTÄDER

Beställargruppen bostäder, BeBo, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och fastighetsägare/förvaltare av flerbostadshus. BeBo initierades 1989 av Energimyndighetens företrädare NUTEK. Gruppen driver idag utvecklingsprojekt med inriktning på energieffektivitet och miljö.

Syftet med gruppens arbete är att energieffektiva system och produkter tidigare ska komma ut på marknaden. Utvecklingsprojekten ska visa på goda exempel med effektiv energianvändningen samtidigt som funktion och komfort inte får försämrats utan ska snarare förbättras.

SAMMANFATTNING

En stor del av bostadsbeståndet är byggt under åren 1965 – 1975. Dessa byggnader är intressanta för energieffektiviseringsprojekt, eftersom de är mycket lika vad gäller energistatus, byggnads- och installationsteknik och de ligger nu i tur för upprustning. Dessutom är de många, totalt omfattas 700 000 till 800 000 lägenheter.

Energimyndigheten stöttar med resurser inom ramen för BeBo-projektet ”Rekorderlig renovering” (RR), för att demonstrera vilka energiåtgärder man ska satsa på och vilka konsekvenser de får på inomhusmiljö, beständighet och varsamhet. Sigtunahems område i Norrbacka är en del av de hus i projektet som byggts om med fokus på energieffektivisering för att tjäna som gott exempel.

Omfattande åtgärder har vidtagits i två hus i området i samband med att husen renoverats. Bland annat har i det ena huset det befintliga frånluftsventilationssystemet moderniserats och i det andra har ett nytt FTX-system installerats, invändig tilläggsisolering av ytterväggar och golv samt tilläggsisolering av vindbjälklag har utförts, och lägenhetsmätning av kall- och varmvatten har installerats.

Förväntade energibesparingar har hittills inte uppnåtts i projektet. Anledningar till detta är att elanvändningen för drift har ökat mer än beräknat, osäkerheter om vilka uteluftsflöden som belastar byggnaderna, att tappvarmvattenanvändningen fortfarande är hög, att inomhustemperaturen är något för hög samt att temperaturverkningsgraden på FTX-aggregatet inte nått upp till avsedd nivå.

Åtgärdspaketen visar beräkningsmässigt en lönsamhet med positiva nuvärden med förutsättningar enligt BeBo. Beräknade besparingar behöver dock uppnås för att kunna ”ta hem vinsten”.

Utvärderingen stärker också behovet av en noggrann och väl dokumenterad idrifttagning och intrimning av radiator- och ventilationssystemen. Då hade rena fel som intermittent drifttid på ventilationsaggregat, avsaknad av givare och felaktig inkoppling av uppföljningssystemen kunna upptäckas och åtgärdas.

Sigtunahem har lyssnat på klagomål från hyresgäster samt vidtagit nödvändiga, om än drastiska, åtgärder genom att tomställa husen på grund av problem med läckande tegelfasader. Tidigare problem på grund av vattengenomslag på tegelfasader och igensättning av luftspalter med skum på 1980-talet hade kunnat upptäckas vid en ännu noggrannare inventering och djupare analys av befintliga konstruktioner.

Ett stort problem har varit informationsöverföringen vid byte av personal. I detta fall har nästan all inblandad personal bytts ut i bolaget sedan projektet startades.

INNEHÅLL

Förord	5
1. Inledning	6
Bakgrund	6
Syfte och mål	6
Metod	6
2. Objektsbeskrivning	7
Beskrivning av byggnaderna	7
Byggnadsteknik	8
Installationsteknik	8
Förbrukningsuppgifter, statistik	9
Övriga mätningar före åtgärd	9
3. Åtgärder	9
Åtgärder som behövs för att halvera energianvändningen	9
Genomförda åtgärder	10
Fuktanalys	13
4. Energiberäkningar	14
5. Kostnadsbedömningar	16
6. Lönsamhetskalkyler	17
Kalkylförutsättningar för investeringar i Sigtunahems Omtanken	17
Lönsamhetskalkyler enligt BeBo-förutsättningar	17
7. Genomförande	20
Ettapp 1	20
Ettapp 2	20
8. Uppföljning och resultat	21
9. Slutsatser	24

BILAGOR

1. Omtanken – Sigtunahems plan för framtiden
2. Sigtunahem Norrbacka områdesöversikt
3. Resurspoolens kommentarer till fuktrisk-PM 2008-10-02
4. Fuktrisk tilläggsisolering 2008-11-18, rev. version 2008-10-02
5. Anvisning för golvläggning
6. Beräkningsindata
7. Placering av fuktgivare
8. Artikel i VVS-Forum
9. Bilder på byggnaderna och åtgärder
10. Utdrag från termograferingsprotokoll.

FÖRORD

Energianvändningen i bebyggelsen måste minskas för att bromsa dess negativa miljöpåverkan. På bred front ska behovet av köpt energi halveras till år 2050 i förhållande till användningen 1995.

Energimyndigheten har i uppdrag att ”driva på” energieffektiviseringen i bostadssektorn. Av erfarenhet vet man att demonstrationsprojekt är en verkningsfull metod för att sprida goda idéer och få fler att våga gå i samma spår.

En stor del av bostadsbeståndet är byggt under åren 1965 – 1975 inom miljonprogrammet. Dessa byggnader är intressanta för energieffektiviseringsprojekt, eftersom de är mycket lika vad gäller energistatus, byggnads- och installationsteknik och de ligger nu i tur för upprustning. Dessutom är de många, totalt omfattas 700 000 till 800 000 lägenheter.

Energimyndigheten stöttar med resurser inom ramen för BeBo-projektet ”Rekorderlig renovering” (RR), för att demonstrera vilka energiåtgärder man ska satsa på och vilka konsekvenser de får på innemiljö, beständighet och varsamhet. Sigtunahems område i Norrbacka är en del av de hus i projektet som byggts om med fokus på energieffektivisering för att tjäna som gott exempel.

För att öka spridningen till fler fastighetsägare genomförs RR-projekt på flera orter i Sverige. Målsättningen är att projekten skall vara väl dokumenterade för att underlätta upprepning och att man även kan göra studiebesök så att den som söker information och kunskap om energieffektivisering kan förvissa sig om vad som verkligen fungerar!

Stockholm/Danderyd i februari 2012

Per Levin / Anders Larsson

1. INLEDNING

Bakgrund

Under 60- och 70-talen byggdes över en miljon bostäder inom det s.k. miljonprogrammet. Dessa byggnader är intressanta ur energieffektiviseringssynpunkt, eftersom de är mycket lika vad gäller energistatus, byggnads- och installationsteknik och att de nu ligger i tur för upprustning. Så mycket som 700 000 till 800 000 lägenheter står inför genomgripande 40 års-upprustning och renovering. Om de nationella energi- och miljömålen ska kunna nås, gäller att utnyttja tillfället att genomföra energisparåtgärder vid ombyggnaderna. Annars får man vänta i ytterligare 40 år till nästa tillfälle.

Om man kan få fler att satsa på energieffektiv ombyggnad kan den totala energianvändningen för bostadssektorn minska rejält. Energimyndigheten stöttar därför med resurser för att demonstrera vilka energiåtgärder man ska satsa på och vilka konsekvenser de får på inomhusmiljö, beständighet och varsamhet.

Syfte och mål

Syftet med BeBo-projektet "Rekorderlig renovering" är att i anslutning till Sveriges nationella miljömål God bebyggd miljö verka för att demonstrationsprojekt genomförs med målen att:

- Minska köpt energi med 50 %, väl förankrat i bostadsföretagens ledning.
- Identifiera vilka insatser/åtgärder som behövs för att nå 50 %.
- Följa upp och dokumentera projekten för att kunna föra kunskapen vidare.

BeBo's fokus inom projektet ligger på energiåtgärder främst för klimatskärm och ventilation. I processen medverkar byggherre, konsulter och entreprenörer för att nå bästa lösningar. Som ett stöd har BeBo tillhandahållit energiberäkningar, möjlighet till rådgivning och uppföljning av fuktfrågor samt dokumentation.

Demonstrationsobjekten skall på ett representativt sätt kunna ge vägledning och kunskap om möjligheter samt svårigheter, hinder och vilken typ av stimulans eller stöd som kan vara aktuellt.

Metod

Dokumentationsarbetet innehåller följande moment:

- Beskrivning av objekt
- Checklista
- Termografering
- Tryckprovning
- Ekonomiska förutsättningar/budget

Analysarbetet innehåller följande moment:

- Energiberäkningar som genomförs på samma sätt för alla delprojekt. Beräkningarna av byggnadernas befintliga energianvändning har kalibrerats till inom 10 % avvikelse med hjälp av uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel före åtgärd. Indata redovisas i bilaga.
- Lönsamhetskalkyler som utgår från BeBo:s kalkylförutsättningar. Endast merkostnader för energibesparande åtgärder ska tas med i slutkalkylen.
- Fuktanalys vid behov.
- Boendeenkät för att följa upp inomhusklimatet

Uppföljning av teknik och ekonomi förutsätts, vilket kräver:

- Planering av mätningar och uppföljning redan i inledningsskedet.
- Ekonomisk transparens av åtgärds kostnader.

Projektet indelas i tre etapper:

Etapp 1: Val av objekt, åtgärdsförslag, projektering och upphandling.

Etapp 2: Genomförande med kontrollplan. Idrifttagning.

Etapp 3: Uppföljning av energi och inneklimat.

Denna redovisning är en slutrapport för Sigtunahems ombyggnadsprojekt på Norrbackavägen 21 och 23. Rapporten fokuserar på effekterna och konsekvenser av insatser för en halvering av inköpt energi.

2. OBJEKTSBESKRIVNING

Sigtunahems område "Norrbacka" är beläget i närheten av Märsta gamla centrum. Området innehåller ett 50-tal byggnader uppförda i etapper mellan 1972 – 1973. De två byggnaderna på Norrbackavägen 21 och 23 byggda 1972 ingår i RR-projektet. Dessa ingår även i AB Sigtunahems långsiktiga renoveringsplan benämnd "Omtanken", se bilaga 1. Byggnaderna ingår i en grupp av åtta byggnader som försörjs från samma undercentral, placerad vid Norrbackavägen 25, se bilaga 2.



Figur 1 Byggnaden på Norrbackavägen 21 före åtgärd.

Beskrivning av byggnaderna

Byggnaderna är tvåvånings loftgångshus och har och ett invändigt trapphus mitt i byggnadskropparna. Inget av husen har hiss. Gemensam tvättstuga finns i hus nr 25 (ingår ej i projektet). Källare finns ej. Lägenhetsförråd finns inom byggnaderna i anslutning till trapphuset.

Byggnaderna är lika förutom byggnadsformen, som på Norrbackavägen 23 är saxad till skillnad från Norrbackavägen 21, som är helt rektangulär.

	Norrbackavägen 21	Norrbackavägen 23	Hus-gruppen (8 st)
Antal lägenheter	12	14	106
Area BOA, m ²	922	974	7682
Area A _{temp} , m ²	1101	1134	10039

A_{temp} blir något mindre efter åtgärd på grund av invändig tilläggsisolering (ej använt i beräkningarna).

Byggnadsteknik

Beskrivning av vilken byggnadsteknik och vilka material som ursprungligen använts.

Stomme	Cellstomme av betong med utfackningsväggar av träkonstruktion.
Grund	Platta på mark med underliggande ca 100 mm lättklinkerisolering.
Ytterväggar	Fasadtegel med luftspalt, 3 mm hård träfiberskiva, 110 mm mineralull mellan träreglar, 150 betong (gavel). Fasadtegel med luftspalt, 3 mm hård träfiberskiva, 95 mm mineralull mellan träreglar, plastfilm och 13 mm gipsskiva (långsida). Fjällpanel utan luftspalt, 3 mm hård träfiberskiva, 140 mm mineralull mellan träreglar, plastfilm och 13 mm gipsskiva (långsida).
Tak	Låglutande pulpettak med uppstolpade trätakstolar. Papptäckning på råspons. Vindsbjälklag av 160 mm betong och ovanpåliggande 150 mm mineralullsskivor.
Fönster	Kopplade tvåglas av trä.

Installationsteknik

Beskrivning av tekniska installationer.

Ventilation	Mekanisk frånluft med vädringsfönster och springventiler.
Uppvärmning	Vattenburen värmedistribution i ettrörssystem, "tunnväggiga rör": Fjärrvärme via gemensam undercentral placerad i Norrbackavägen 25.
Tappvarmvatten	Via gemensam undercentral placerad i Norrbackavägen 25.

Energistatistik

Uppmätt årlig värme inkl. tappvarmvatten för 8 hus redovisas för 2006 och 2007, graddagskorrigerad (värmedelen), och sedan fördelad på varje hus med avseende på A_{temp} . Kallvatten är uppmätt för året 2007. Fastighetsel är uppmätt för varje hus år 2006 och 2007. Hushållsel är uppmätt för varje hus år 2007.

	Norrbackavägen 21	Norrbackavägen 23	Husgruppen
Värme och vv 2006/2007 (MWh, graddagskorr.)	169/178	174/184	1 539/1 626
Fastighetsel 2006/2007 (MWh)	5,9/5,7	8,2/8,4	-
Energiprestanda 2006/2007 (kWh/m ² A _{temp})	159/167	161/170	-
Hushållsel (MWh)	36,7	28,0	-
Tappvatten (totalt, m ³)	1 801	1 855	16 425

Avläsningspunkter för kallvatten och värme är placerade i undercentralen på Norrbackavägen 25. Kulvertförluster ingår således i mätvärdena. Byggnaderna är försedda med egna fastighetselmätare. I vissa fall finns motorvärmare på en extra elmätare.

Övriga mätningar före åtgärd

	Norrbackavägen 21	Norrbackavägen 23
Luftläckning, l/sm ² vid 50Pa	Lgh 2106, 070524: 0,38	Ej utförd
Luftflöden, l/sm ² A _{temp}	0,33 (1310 m ³ /h)	0,30 (1245 m ³ /h)
Termografering	Genomförd	Ej utförd

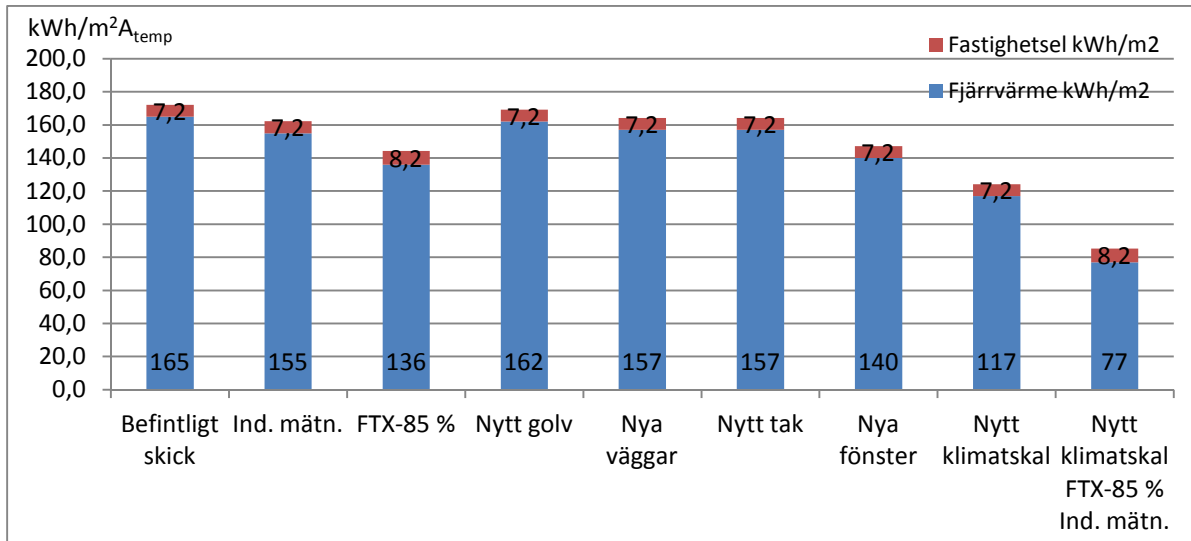
3. ÅTGÄRDER

Åtgärder som behövs för att halvera energianvändningen

Grundförutsättningen inför identifiering av åtgärder inom RR-projektet är att uppnå en halvering av energianvändningen..

Det övergripande målet med renoveringen hos Sigtunahem är att för framtiden skapa bostadsområden med trivsamt boende både inom- och utomhus med så liten miljöpåverkan som möjligt. Med de övergripande miljömålen för miljonprogrammen som bakgrund, gav "förstudien" för ombyggnad åtgärder som redovisas nedan.

I de åtgärder som underlaget omfattar för att nå målet, krävdes värmeåtervinning av frånluften för att kunna uppfylla kraven på energibesparing, se figur 2. Inför beslut om ombyggnad vid genomlysning av projektets ekonomi (utrymme mellan hyresnivå och möjlig hyreshöjning) kunde konstateras att utrymme för FTX-lösning ej fanns, varför beslut fattades att endast byta frånluftsfläktar.



Figur 2 Beräkning av besparingsåtgärder för huset på Norrbackavägen 23 i syfte att nå halveringsmålet ($\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år).

I en dialog med BeBo erbjöds stöd till projektet (som omfattas av två huskroppar) med medel för att komplettera ett av husen med FTX-ventilation enligt tidigare åtgärdsförslag, för att kunna jämföra utfallet för två liknande huskroppar. Sigtunahem beslutade att acceptera stödet och att i Norrbackavägen 23 installera FTX.

För Norrbackavägen 21 var målsättningen att befintligt frånluftssystem ska behållas och kompletteras med nya tilluftsventiler bakom radiatorer samt ny köksfläkt. Inför etapp 2 togs beslut att installera nya kanaler och fläktar samt separat köksfläkt för bästa effektivitet i ventilationssystemet.

Genomförda åtgärder

Följande åtgärder har genomförts i bägge huskropparna:

Värmeisolering

- ✓ Tilläggsisolering av vind med 400 mm cellulosaisolering.
- ✓ Tilläggsisolering invändigt av ytterväggar med 70 mm mineralull (figur 3 och 4).
- ✓ Isolering av alla golv i bottenvåningen utom badrummet med 30 mm cellplast.



Figur 3 Ytterväggskonstruktionen före och efter åtgärd. Luftspalten i den befintliga väggkonstruktionen var fylld med karbamidskum någon gång på 1980-talet.



Figur 4 Invändigt isolering av ytterväggen, borttagning av befintlig gipsskiva och plastfilm.

Ventilation

- ✓ Separat frånlufts kanal från köksfläkt
- ✓ Injustering av ventilationssystemet samt tryckprovning av lägenheter.

Värmesystem

- ✓ Byte till 2-rörsystem
- ✓ Byte av merparten radiatorer
- ✓ Nya termostatventiler på alla radiatorer
- ✓ Injustering av värmesystem
- ✓ Takvärme i badrum, bottenvåning (figur 5).



Figur 5 Ny takvärme i badrum

Fönster & dörrar

- ✓ Renovering inklusive ny innerruta med isolerglas och argonfyllning, min. $U=1.2$.
- ✓ Fastsättning (till ej öppningsbart) av ventilationsfönster och vardagsrumsfönster. Nya glas $U= 1,3$.
- ✓ Ny balkongdörr med $U=1,2$.
- ✓ Igensättning av brevinkast i ytterdörr.
- ✓ Ytterdörr mot baksida (en dörr per hus) vid förråd sätts igen och ersätts med fönster.

VA-system

- ✓ Utbyte av avlopps-, kallvatten- och varmvattenstammar.

- ✓ Nya matningar med PEX-rör
- ✓ Gemensam kopplingspunkt för varm- samt kallvatten i varje lägenhet

Övriga åtgärder

- ✓ Ny styrutrustning för värme och ventilation samt mätning för uppföljning.
- ✓ Belysningseffektivisering av allmänbelysning.
- ✓ Individuell mätning av hushållsel, samt kall- och varmvatten (figur 6).



Figur 6 Nya tappvatteninstallationer med flödesmätare (mätarskåp i badrum).

Nedan redovisas ytterligare åtgärder i respektive hus för F-lösning (21) och FTX-lösning (23).

Norrbackavägen 21

Värmeisolering

- ✓ Tilläggsisolering av värmekulvert med 200 mm cellplast

Ventilation

- ✓ Frånluftsventilation (F), nya kanaler.
- ✓ Nya tilluftsventiler med förvärmning bakom radiatorer.

Norrbackavägen 23

Värmeisolering

- ✓ Värmeledning inflyttad på vind i isolerat kulverttrör och täcks med vindsisolering.

Ventilation

- ✓ Från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX)
- ✓ Nya kanaler.

Dessutom genomfördes följande allmänna åtgärder:

- ✓ Total renovering av badrum och kök med ny köksinredning samt kakel i badrum.
- ✓ Utbyte av elsystem.
- ✓ Hela lägenheten målas och tapetseras, en del utförs inom ramen för ordinarie underhåll (HLU).
- ✓ Ny ekparkett i vardagsrum, sovrum och hall.
- ✓ Klinker på golvet innanför entré.
- ✓ Nya innerdörrar och trälistor (alla plastlistor försvinner).
- ✓ Nya garderober.
- ✓ Nya rör för värme, vatten och avlopp.

Fuktanalys

Invändig tilläggsisolering medför att den befintliga konstruktionen blir kallare, med ökad fuktbelastning som följd. Speciellt ytterväggssyllarna och golvkonstruktionen sågs som en potentiell risk för husen på Norrbackavägen.

Därför utfördes en relativt omfattande fuktanalys med beräkningsprogrammet WUFI före åtgärd, se bilaga 4, samt uppföljande mätningar, se bilaga 7.



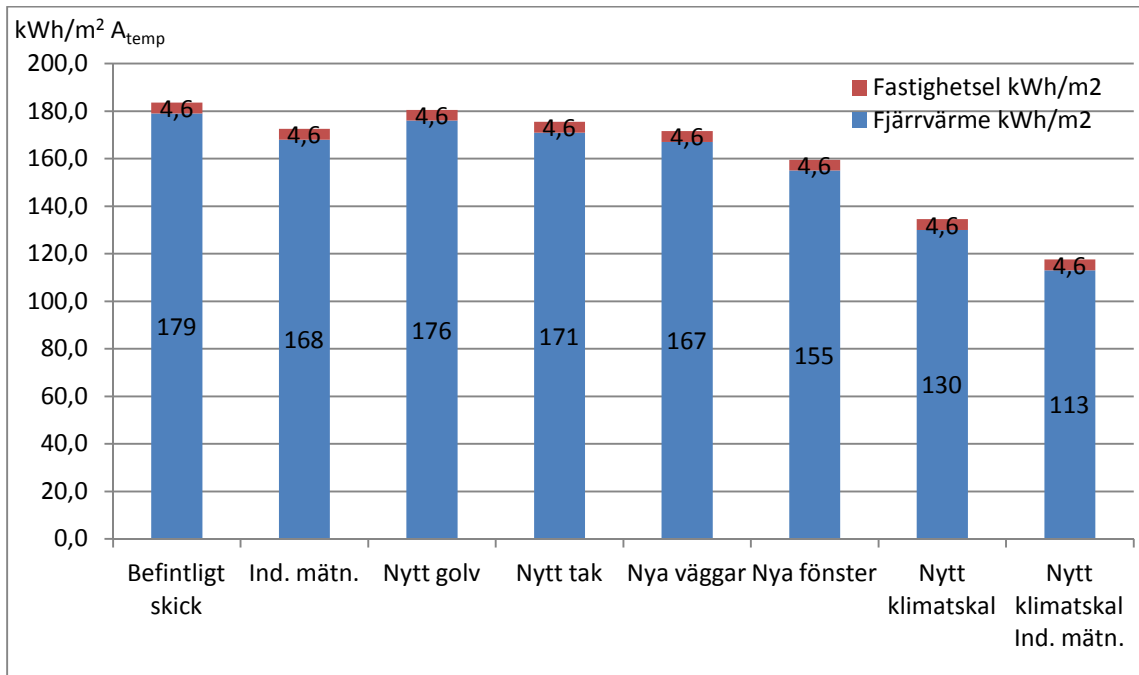
Figur 7 Uppriven yttervägg.

Det som inte uppmärksammades i beräkningarna och den inledande analysen var att luftspalten innanför fasadteglet fyllts med karbamidskum någon gång på 1980-talet. Det påträffades ingen dokumentation av att detta hade utförts. Luftspaltens tillstånd kontrollerades därför inte vid besiktningen av ytterväggen före åtgärder.

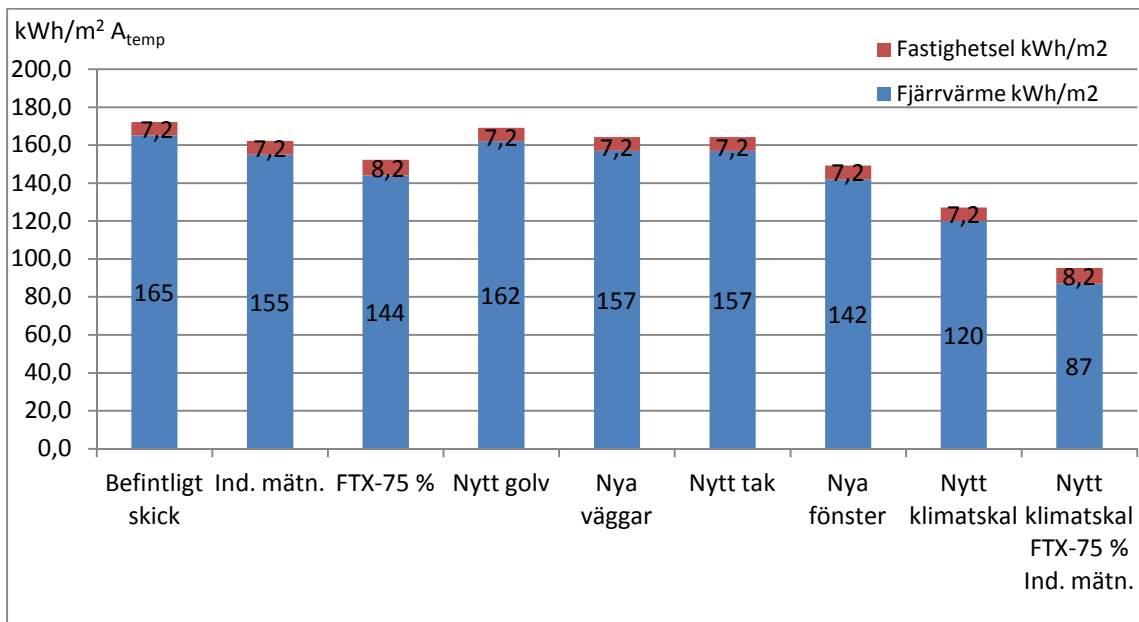
Efter åtgärder uppmärksammades inneklimatebesvär. En noggrannare analys visade då att karbamidskummet nedfuktats, sannolikt av regngenomslog genom tegelfasaden. Fukten hade då orsakat mögelpåväxt på utsidan av ytterväggens vindskydd som utgjordes av en boardskiva.

4. ENERGIBERÄKNINGAR

En halvering av uppmätt energiprestanda ger ett energiprestandamål för husen på 83 och 85 kWh/m² för Norrbackavägen 21 respektive Norrbackavägen 23. Beräkningen av genomförda åtgärdspaket ger en förväntad energiprestanda av 101 och 93 kWh/m² för 21:an respektive 23:an, då besparingen dragits av från uppmätta värden, se figurerna 8 och 9. Indata till beräkningarna redovisas i bilaga 6.



Figur 8 Beräknad energianvändning för genomförda enskilda åtgärder samt åtgärdspaket för Norrbackav. 21.



Figur 9 Beräknad energianvändning för genomförda enskilda åtgärder samt åtgärdspaket för Norrbackav. 23.

I den mån uppgifter funnits, har beräkningen baserats på uppmätta värden. För hushållselen finns uppmätta värden vilka skiljer sig mycket mellan de två husen. Skillnader mellan individuella lägenheter är ännu större och sträcker sig från 1,1 till 4,9 MWh/år, där användarna i 23:an generellt ligger lågt. I den teoretiska beräkningen av grundfallet, får det till följd att internlasten i Norrbackavägen 23 blir lägre än i Norrbackavägen 21. Internlasten kommer huset tillgodo som värme och det gynnar i detta fall Norrbackavägen 21 som har mer "gratisvärme" än Norrbackavägen 23.

För tappvarmvatten finns inga uppmätta värden utan dessa har beräknats. Norrbackavägen 21 har beräkningsmässigt större tappvarmvattenbehov och personvärme, beroende på att lägenheterna är större, så att antalet personer blir något fler i beräkningsmodellen, trots att antalet lägenheter är fler i 23:an (Sveby energianvisningsmodell användes för detta www.sveby.org).

Omslutningsarean på 23:an är något mindre än för 21:an, eftersom byggnadskroppen är "saxad" och innehåller ett uppvärmt trapphus. Ovanstående faktorer tillsammans gör att Norrbackavägen 21 beräkningsmässigt får en större fjärrvärmeanvändning än 23:an.

Luftläckning innan åtgärd är uppmätt till 0,38 l/s, m², vid 50 Pa tryckskillnad, för en av lägenheterna på Norrbackavägen 21. Denna uppgift har bedömts som mycket osäker och därför har luftläckningen innan åtgärd i beräkningarna antagits till 1,2 l/s, m².

I beräkningarna är ingen besparing på driftel medräknad (förutom SFP-talet). Eftersom tilläggsisolering utförs på insida yttervägg är ingen skillnad på köldbryggor medräknad för isoleråtgärder. Kulvertförluster ingår inte i beräkningarna.

5. KOSTNADSBEDÖMNINGAR

Nedanstående tabell visar en kostnadsbedömning av genomförda åtgärder. Kostnaderna har tagits fram av Sigtunahems projektledare i samråd med totalentreprenören.

För golvisoleringen har det varit svårt att få uppgift på renodlad kostnad för enbart energiåtgärden. Ny golvbeläggning och kapning av innerväggar med byte av syllar ingår här i åtgärds-kostnaden.

Tabell 1 Framtagna entreprenadkostnader för energisparåtgärder inklusive moms.

	Kostnad per lgh	Hus 21	Hus 23	Både hus 21 och 23
Kostnad för F-ventilation samt separata köksfläktar	30 333	364 000		
Kostnad för FTX varav: ventilation bygg	82 404 69 904 12 500		1 153 654 978 654 175 000	
Merkostnad för FTX	52 071		728 987	
Isolering av golv i bottenvåning 30 mm, inklusive noggrann städning samt fuktsäkring, samt kapning av alla innerväggar.	875 kr/m ² inkl. ny golvbeläggning			796 250
Renovering av fönster	26 440			687 500
Isolering av vindsbjälklag med termoträ 400 mm				337 500
Invändig tilläggsisolering av yttervägg 70 mm				214 000
Individuell mätning kv och vv inkl. utrustning för mätinsamling	7 250			188 500

6. LÖNSAMHETSKALKYLER

Den teoretiska beräkningen kommer ofta i konflikt med den ekonomiska verkligheten för bostadsföretaget. Det finns flera faktorer som inverkar på de förslag som kan ge de bästa besparingarna, som t.ex:

- Hyrestak mot möjlig investering
- Ekonomi, räntor, avskrivningstider mm.
- Personal, förändring av projektledare
- Förändring i företagsledning/medverkan från ledning
- Kulturminnesmärkning
- Fokus i projekt - ansiktslyftning (status) mot energifrågor.

Kalkylförutsättningar för investeringar i Sigtunahems Omtanken

Sigtunahems beslut om genomförda åtgärder baseras på nedanstående kalkylförutsättningar:

Räntor	gällande kalkylränta 4,5 %
Avskrivning	2 % (50 år)
Hyresrabatt	vid återflyttning 50 % av hyreshöjningen år 1, successiv minskning till år 3.
Driftkostnad	ev. ökad.

Intäkter som ingår i investeringen:

Hyreshöjning	för förbättrad standard
Energibesparing	effekter/minskning
Underhåll/reparationer	minskade kostnader.

Kalkylerna i Sigtunahem bygger på 12-års perioder.

Lönsamhetskalkyler enligt BeBo-förutsättningar

Kalkylprincipen är att endast merkostnader för energibesparande åtgärd ska belasta energikalkylen. Detta betyder att kostnader för t.ex. underhåll och ökad komfort eller modernisering ska dras bort från investeringskostnaden för energi.

Åtgärder som inte påverkar energianvändningen ska heller inte belasta energikalkylen såvida inte åtgärden utgör en förutsättning för att kunna genomföra energisparåtgärden. Det är ofta svårt att helt renodla kalkylerna.

Beräknat resultat för projektet redovisas i tabellerna 2 och 3 nedan med nedanstående kalkylförutsättningar.

Kalkylförutsättningar:

Åtgärders livslängd

- Installationsåtgärder 15 år
- Byggnadstekniska åtgärder 40 år

Energipris:

- El 1,2 kr/kWh
- Årlig elprisökning utöver KPI $q_{el} = 2 \%$.
- Värme 0,8 kr/kWh
- Årlig värmeprisökning utöver KPI $q_{värme} = 1 \%$

Inflation 0 %

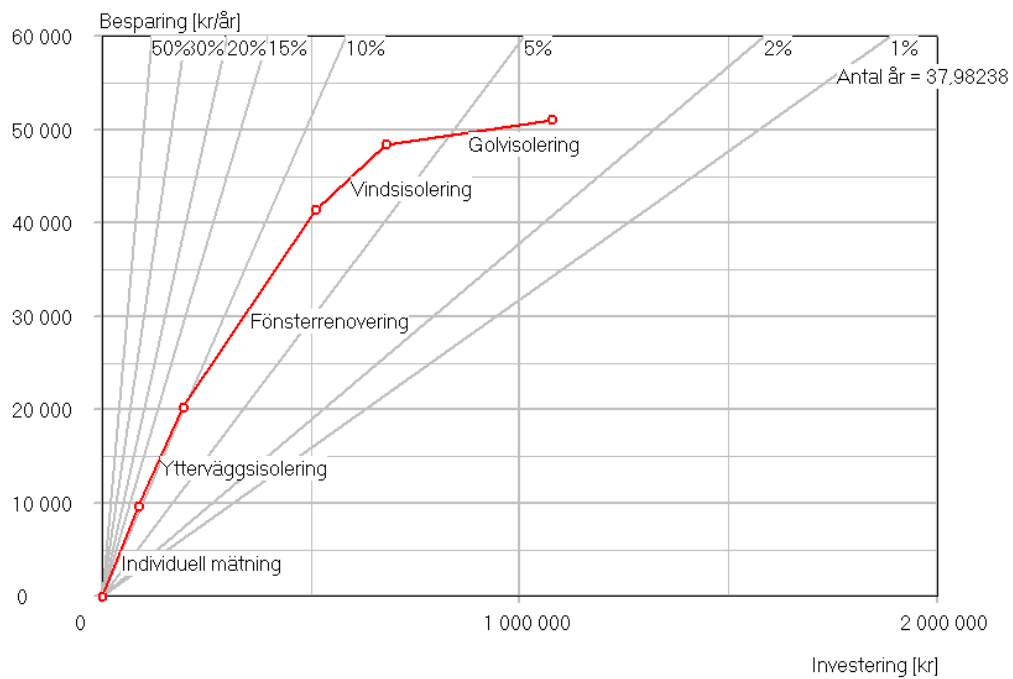
Tabell 2 Kalkylresultat för de olika åtgärderna för Norrbackavägen 21 (F).

Norrbackavägen 21						
Åtgärd	Fjärrvärme, kWh/m ² år	Fastighetsel, kWh/m ² år	Besparing, kWh/m ² år	Tåld investering, kr	Verklig investering, kr	Nuvärde, kr
Grundfall	179	4,6	0	0	-	-
Individuell mätning tvv	168	4,6	11	335 932	87 000	248 932
Golvisolering	176	4,6	3	91 618	398 000	-306 382
Vindsisolering	171	4,6	8	244 314	169 000	75 314
Ytterväggsisolering	167	4,6	12	366 471	107 000	259 471
Fönsterrenovering	155	4,6	24	732 942	317 000	415 942
Klimatskärm, ind. mätn	113	4,6	66	2 016 461	1 078 000	938 461

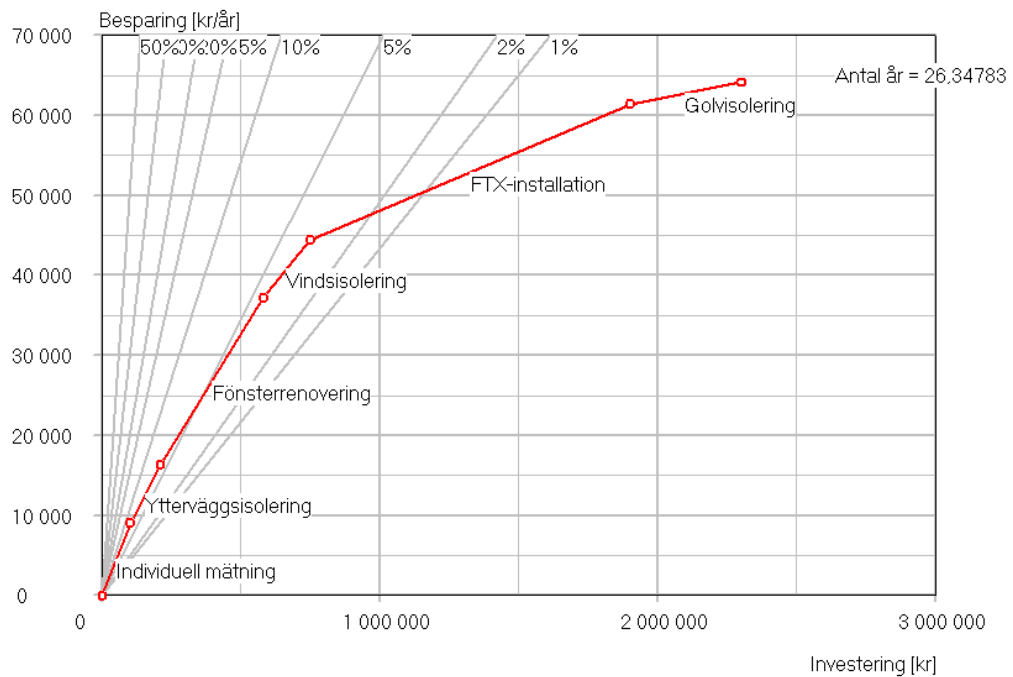
Tabell 3 Kalkylresultat för de olika åtgärderna för Norrbackavägen 23 (FTX).

Norrbackavägen 23						
Åtgärd	Fjärrvärme kWh/m ² år	Fastighetsel kWh/m ² år	Besparing kWh/m ² år	Tåld investering kr	Verklig investering, kr	Nuvärde, kr
Grundfall	165	7,2	0	0	-	-
Individuell mätning tvv	155	7,2	10	314 546	102 000	212 546
FTX-75%	144	8,2	20	461 023	1 154 000	-692 977
Golvisolering	162	7,2	3	94 364	398 000	-303 636
Ytterväggsisolering	157	7,2	8	251 637	107 000	144 637
Vindsisolering	157	7,2	8	251 637	169 000	82 637
Fönsterrenovering	142	7,2	23	786 365	370 000	416 365
Klimatskärm, ind. mätn, FTX-75%	87	8,2	77	2 435 501	2 300 000	135 501

Internräntediagram för åtgärderna med ovanstående förutsättningar, skapat med Beloks Totalverktyg, redovisas i nedanstående diagram, figurerna 10 och 11.



Figur 10 Internräntediagram för genomförda åtgärder på Norrbackavägen 21.



Figur 11 Internräntediagram för genomförda åtgärder på Norrbackavägen 23.

7. GENOMFÖRANDE

Inom etapp 1 och efter beslut om genomförande av åtgärder har verifikationsplan för kontroller av kritiska arbetsmoment, mätningar och uppföljning under etapp 2 och 3 tagits fram. Nedanstående moment har speciellt beaktats i Sigtunahems projekt.

Etapp 1

- ✓ Invändig tilläggsisolering av yttervägg
- ✓ Invändig tilläggsisolering av golv på mark
- ✓ Kontroll av vindsluckors luftläckning m.h.t. tilläggsisolering på vindsbjälklag.

Etapp 2

- ✓ Utbildning av hantverkare.
Kontrollplan för rengöring av golv på mark före värmeisolering. Metod för renhetskrav och hur detta skall uppnås för betonggolv som skall tilläggsisoleras framtagna och implementerad (se bilaga 5, Anvisningar för golvläggning). Hantverkare utbildas och byggmetoder anpassas till kontrollplanen.
- ✓ Utförandekontroll, verifiering.
- ✓ Installation av mätare för uppföljning
För att följa upp genomförda åtgärder skulle byggnaderna kompletteras med:
 - Fasta luftflödesmätare för F- och FTX-aggregat (blev ej installerat).
 - Elmätare på F- & FTX-aggregat.
 - Värmemängdsmätning för respektive byggnad (eftervärmning i FTX-aggregat stöds med fjärrvärme).
 - Temperaturmätning i samtliga lägenheter (vid elcentral).
 - Kall- & varmvattenmätning i samtliga lägenheter.
 - Elmätare för samtliga lägenheter och byggnad (mätarbyte).
 - Fuktmätare i kritiska konstruktionsdelar i Norrbackavägen 23 (Relativ fuktighet och temperatur i golv, tegelytterväggar och vind), se bilagor. Mätningar kommer att pågå i flera år inom ett separat projekt.

8. UPPFÖLJNING OCH RESULTAT

Under oktober 2009 inleddes etapp 3 med uppföljning där mätningar av poster för värme, el, vatten och fukt startades. Tyvärr kom inte systemet för mätvärdesinsamling igång och var tillförlitligt förrän i december 2010. Prognoserna har endast kunnat baseras på perioden december 2010 tom mars 2011, då husen började evakueras. Se fuktresultat nedan. I Tabell 4 visas en sammanställning av uppmätta värden före och efter åtgärd, av vilka en del kommenteras efteråt.

Mätning av temperaturverkningsgrad på FTX-aggregatet kom igång så sent som i oktober 2011 trots att detta påpekades redan 2009.

Tabell 4 Sammanställning av mätresultat före och efter åtgärder. Före-värden avser 2007 alternativt medelvärden av 2006 och 2007. Efter-värden är prognoser utifrån tillgängliga data 2010-2011. Area avser A_{temp} förutom luftläckning som avser A_{om} .

	Norrbackavägen 21	Norrbackavägen 23
Uppvärmningsenergi* kWh/m ²	Före (2006/2007): 110,9 Efter: 79,2	Före (2006/2007): 113,4 Efter: 58,5 (54,7)****
Tappvarmvatten** m ³ /år	Före (2007): 934 Efter: 756	Före (2007): 917 Efter: 811
Tappvarmvattenenergi** kWh/m ²	Före (2007): 46,7 Efter: 37,8	Före (2007): 44,5 Efter: 39,3
Fastighetsenergi kWh/m ²	Före (2006/2007): 5,3 Efter: 9,3	Före (2006/2007): 7,3 Efter: 12,1 (7,0)****
Energiprestanda kWh/m ²	Före (2006/2007): 162,9 Efter: 126,3	Före (2006/2007): 165,1 Efter: 109,9 (101,0)****
Tappkallvatten*** m ³ /år	Före (2007): 867 Efter: 767	Före (2007): 935 Efter: 683
Hushållsel kWh/m ²	Före (2007): 33,3 Efter: 27,3	Före (2007): 24,7 Efter: 27,2
Luftläckning l/s,m ² vid 50 Pa	Före: Lgh 2106, 070524: 0,62 Lgh 2114, 081023: 0,39 Efter: Lgh 2112,090310: 0,65	Före: Ej genomförd Efter: Lgh 2317,100326: 0,74
Luftflöden, l/s	Före: 364 Efter: 575 (170+405)	Före: 346 Efter: T: 626, F: 711
Innetemperatur (vinter), °C	Efter: 20,9	Efter: 22,0
Termografering	Före: Genomförd utvändigt Efter: Genomförd 090325	Före: Ej genomförd Efter: Genomförd 100326

*Exkl tappvarmvatten och inkl eftervärmning av tilluft i 23:an.

**Framräknad utifrån tappvarmvattenvolym beräknad med utgångspunkt i lägenhetsfördelning före åtgärd. Prognos på mätningar efter åtgärd.

***Exklusive vatten till tappvarmvatten. Summerat från lgh-mätningar efter åtgärd (skiljer något från husmätningar).

****Fläktel och värme för 23:an uppräknat till kontinuerlig drift av ventilationsaggregat. Uppmätt prognos inom parentes.

Energianvändning

Eftersom tillgängliga mätdata bara representerar ca 60 % av normalårets graddagar, blir prognosen för värme något osäker. För övriga poster där säsongsvariationerna är mindre blir prognosen betydligt säkrare.

Energiprestanda efter åtgärd blev 126 kWh/m² (A_{temp}) för F-huset och 110 kWh/m² för FTX-huset, vilket motsvarar en energibesparing på 22 respektive 33 %. Beräknade värden efter åtgärd var 101 kWh/m² respektive 93 kWh/m². För FTX-huset har den uppmätta prognosen korrigerats för att FTX-aggregatet endast varit i drift på vardagar mellan 07-16. Både el och värme har korrigerats uppåt vilket har framgått av tabell 4. Energiberäkningsprogrammet har använts för att ta fram korrektionen.

Elanvändningen för fastighetsdrift har ökat mer än väntat, speciellt för F-huset, som nästan fördubblat elanvändningen efter åtgärder. Elanvändningen för FTX-huset har ökat proportionellt mot ökad fläktel efter korrigerings, men har dubbelt så mycket fastighetsel som F-huset om man drar bort fläktelen. Osäkert vad detta beror på.

Tappvarmvattenflödet och -energin har minskat något, men användningen före åtgärd är beräknad så besparingsfördelningen mellan värme och tappvarmvatten är osäker. Värdena är fortfarande relativt höga och uppmätt mängd varmvatten är större än uppmätt kallvatten. Eftersom tappvarmvattenenergin beräknats från flödet, ingår inte heller några förluster i kulvert, värmeväxlare eller VVC-kretsen.

Åtgärderna på klimatskärmen har verifierats genom tryckprovning och termografering. Vissa lokala brister har uppmärksammas, samt att tryckprovningensresultaten inte tyder på någon minskad luftläckning efter åtgärd. Utdrag från termograferingsprotokoll redovisas i bilaga 10.

Ventilationsflöden

Injusterings- och OVK-protokoll för luftflöden finns endast för donflöden, ej för totalluftflöden. Donflödena verkar ligga relativt nära projekterade luftflöden. En särskild mätning av totalluftflöden som genomfördes 100326 visade mycket högre ventilationsluftflöden än de som var resultatet av summerade donflöden. Dock var dessa mätningar något osäkra i F-huset eftersom mätningen fick göras uppifrån taket. För FTX-huset verkar totalluftflödena, både från- och tilluft, också vara betydligt högre, vilket skulle kunna bero på något högt flöde eller otäthet i kanal utanför lägenheterna eller i lägenhet som inte kontrollerats. Därför är det mycket osäkert vilket uteluftsflöde som belastar byggnadernas energianvändning.

Mätningen av temperaturverkningsgraden på FTX-aggregatet kom inte igång förrän byggnaden var tomställd. Dessutom går aggregatet fortfarande inte kontinuerligt. Mätvärden för de korta perioderna under oktober indikerar att temperaturverkningsgraden är för låg, mellan 40 – 70 % för utetemperaturer under 10 grader C. Det har dock varit varmt under perioden och innetemperaturen kan ha varit hög.

Fukt

De nyrenoverade husen drabbades av mögelskador i träregelstommen, trots att fuktutredning utförts före åtgärd. Höga mögelsporhalter uppmättes som följd av hyresgästers klagomål på dålig lukt. När ytterväggen undersöktes upptäcktes karbamidskum i hela luftspalten bakom teglet, vilket var utfört i början av 1980-talet. Skummet har med tiden krackelerat och därmed har vatten kunnat ledas in till träfiberskivan. Den igentäppta luftspalten har gjort att den gamla träregelstommen inte kunnat torka ut samt att väggskiten blivit kallare än tidigare, vilket har varit en gynnsam miljö för mögeltillväxt, se figur 12. Båda husen evakuerades mellan mars och juni 2011. Återinflyttningen avvaktar beslut om sanering och ev. ombyggnad av husen.



Figur 12 Uppbruten skadad yttervägg. I bilden till vänster framgår det krackelerade skummet vid pilen och till höger den gamla regelstommen med missfärgningar samt den nedvikta tilläggsisoleringen mellan plåtreglar.

Boendesynpunkter

På grund av evakueringen utfördes ingen enkätstudie efter åtgärd. Efter återinflyttning fick Sigtunahem många klagomål på drag från de boende i 21:an (F-huset).

Strålningsvärmaren i badrumstaken renderade också en hel del klagomål, möjligen delvis beroende på att man saknade den tidigare radiatoren under badrumsfönstret.

Vissa klagomål på kondens på fönster förekom i 23:an, vilket inte är konstigt med hänsyn till ventilationsdriften som redovisats tidigare.

9. SLUTSATSER

Förväntade energibesparingar har inte uppnåtts i husen. Anledningar till detta är att elanvändningen för drift har ökat mer än beräknat, osäkerheter om vilka uteluftsflöden som belastar byggnaderna, att tappvarmvattenanvändningen fortfarande är hög, att inomhustemperaturen är något för hög samt att temperaturverkningsgraden på FTX-aggregatet inte nått upp till avsedd nivå.

Utvärderingen stärker också behovet av en noggrann och väl dokumenterad idrifttagning och intrimning av radiator- och ventilationssystemen. Då hade rena fel som intermitterent drifttid på ventilationsaggregat, avsaknad av givare och korrekt inkoppling av uppföljningssystemen kunna upptäckas och åtgärdas.

Åtgärdspaketen visar beräkningsmässigt lönsamhet med positiva nuvärden med förutsättningar enligt BeBo. Beräknade besparingar behöver dock uppnås för att kunna "ta hem vinsten".

Sigtunahem har lyssnat på klagomål från hyresgäster samt vidtagit nödvändiga, om än drastiska, åtgärder. Tidigare problem med vattengenomslag på tegelfasader och igensättning av luftspalter med skum hade kunnat upptäckas vid en ännu noggrannare inventering. Ett stort problem är här informationsöverföringen vid byte av personal. I detta fall har nästan all inblandad personal i bolaget bytts ut sedan projektet startade.