

# UTVÄRDERING ENERGIEFFEKTIVISERING BOJSENBURG, FALUN

Projekt 2012:01

Tre likvärdiga hus. Tre olika åtgärder.



Kenneth Ahlström, Kopparstaden  
Falun maj 2013

## Beställargruppen Bostäder

Beställargruppen bostäder, BeBo, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och fastighetsägare och 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.

Gruppens medlemsföretag och övriga upplysningar hittas på [www.bebostad.se](http://www.bebostad.se)

## Sammanfattning

Denna rapport vill visa utfallet av tre olika energibesparande åtgärder i hus av likartad typ och konstruktion inom bostadsområdet Bojsenburg i Falun. De tre olika åtgärds paket som utförts är:

- \* Ombyggnad av frånluftventilation till balanserad med återvinning (FTX)
- \* Förbättrat klimatskal och återvinning av frånluft med hjälp av värmepump.
- \* Byte till energieffektiva fönster

Avsikten har varit att göra en jämförelse av kostnadseffektivitet, av vad som uppvisar störst energibesparing och vad som är det miljömässigt bästa alternativet. Det är inte alltid dessa tre parametrar sammanfaller.

Åtgärderna som redovisas i utvärderingen är gjorda i byggnader som inte står inför några akuta åtgärder avseende klimatskalet. Detta gör att slutsatser om dessa åtgärders lönsamhet hade sett annorlunda ut om man ändå skulle tvingats till åtgärder som varit nödvändiga för bevarande av byggnadernas värde och funktion. Här har bara åtgärdernas faktiska kostnad beräknats. Lönsamheten beror också på vilken kalkylränta som används. Ett snitt av Kopparstadens upplåningsränta har använts, lite höjd har också tagits som försäkring mot en eventuell högre räntenivå i framtiden. Vid 3 % kalkylränta istället för 5 % hade huset med fönsterbyte och huset med ny FTX-ventilation uppvisat ett positivt kassaflöde inom två år, huset med flera åtgärder behöver nästan tjugo år för att uppnå detta trots den låga räntan.

Utvärderingen av åtgärderna i Bojsenburg visar hur svårt det är att halvera energianvändningen i hus som redan har en energianvändning som är relativt normal i Sverige. Den har också visat svårigheten med att göra kostnadseffektiva energiåtgärder i byggnader med relativt få lägenheter. Framst gäller det när ganska avancerade tekniska installationer görs och ett fåtal lägenheter ska bära investeringen. Dessa installationer kräver också periodiskt underhåll och medför en ökad elanvändning.

Ingen av åtgärderna har uppvisat godtagbar ekonomisk bärkraftighet. Mest överraskande har varit att utbyte av fönster till energieffektiva sådana har visat sig vara det mest ekonomiskt gynnsamma i denna typ av hus trots att åtgärden uppvisat den minsta energibesparingen. Förbättrat klimatskal och återvinning uppvisar den största energibesparingen med en halvering av energianvändningen.

Den erfarenhet som gjorts är att någon form av värmepump i kombination med förbättrat klimatskal krävs för att nå målet för halverad energianvändning till 2050. Samtidigt uppvisar detta hus inte någon minskad miljöpåverkan eftersom elanvändningen ökar nästan 10 gånger. Den energianvändning som reducerats är miljövänlig fjärrvärme som har liten miljöpåverkan.

Slutsatsen är att det hus som uppnår målet för år 2050 är det sämsta alternativet för miljö och ekonomi betraktat ur ett hållbarhetsperspektiv.

Kenneth Ahlström  
Driftchef, Kopparstaden AB

## Innehåll

Beställargruppen Bostäder.....	2
Sammanfattning.....	3
Förord .....	5
Inledning .....	6
Syfte och mål.....	7
Genomförande.....	8
Objektsbeskrivning .....	8
Jungfruvägen, referenshus.....	8
Jungfruvägen 137, fler energiåtgärder.....	9
Jungfruvägen 117, nya fönster.....	12
Jungfruvägen 9, balanserad ventilation .....	13
Resultat.....	17
Lönsamhetskalkyl.....	19
Analys och diskussion .....	23
Slutsatser och rekommendationer .....	25
Bilagor	

## Förord

Enligt beslut i Sveriges riksdag så ska bostäders miljöpåverkan och den mängd köpta energi som används idag radikalt minska. Målet är att köpt energi ska halveras till år 2050 i förhållande till användningen 1995.

Sverige har ett stort bestånd av bostäder byggda under åren 1965 till 1975, det så kallade miljonprogrammet. Dessa byggnader är intressanta för energibesparingsåtgärder i samband med renovering och underhåll då flertalet av dessa hus är aktuella för upprustning.

Energimyndigheten bistår med resurser inom ramen för BeBo-projektet. Syftet är att redovisa vilka bygg- och installationsåtgärder som kan utföras för att uppnå energibesparingar och samtidigt redovisa de ekonomiska konsekvenserna av åtgärderna.

Denna rapport dokumenterar ett utredningsprojekt i Falun där tre flerbostadshus i området Bojsenburg har byggts om och energieffektiviserats genom olika åtgärder under åren 2010-2011.

Tack till personal inom Kopparstaden som varit delaktiga i rapporten. För ekonomiska analyser svarar Ida Kasselstrand, för sammanställning av energistatistik Anna Wågemark och Hans Sundqvist.

Falun i maj 2013

Kenneth Ahlström, Kopparstaden

## Inledning

Bostadsområdet Bojsenburg, beläget i tätorten Falun, byggdes mellan 1974 och 1978. Området är Faluns största bostadsområde med cirka 1050 lägenheter fördelade på 91 tvåvåningshus. I området finns även två byggnader med förskoleverksamhet en gemensamhetsbyggnad samt stora parkeringsområden. Bojsenburg är uppbyggt utifrån en gårdsbebyggelse, med i regel fyra byggnader per gård och är ett bilfritt område.

Ursprungligen byggdes området med uppvärmning genom direktverkande el och med kollektiv mätning av hushållsel. Under mitten av 1990-talet konverterades området till individuell elmätning. Under år 2007 till 2010 konverterades området till fjärrvärme med en undercentral i varje huskropp.

Varje hus har mätning av varmvatten (ej individuell mätning och debitering) och 6 st inomhusgivare som används vid styrning av värmen, därtill finns en elmätare per huskropp för fastighetsel. Samtliga hus och undercentraler är anslutna till ett datoriserat styr och övervakningssystem. Energimätaren i varje undercentral är uppkopplad till detta system som möjliggör avläsning av förbrukning och effektuttag.

Då samtliga byggnader har varit anslutna till fjärrvärme sedan sommaren 2010 finns ett bra underlag för jämförande utvärdering. Därtill har husen likvärdig konstruktion, värme och el kan mätas separat samt kompensation för eventuell överförbrukning av varmvatten kan göras då varje hus har egen varmvattenmätning. Detta gör att husen lämpar sig väl för att analysera energisparåtgärder.

## Syfte och mål

Syftet med utredningen är att analysera och utvärdera tre olika energibesparande åtgärder i hus av likartad typ och konstruktion. Avsikten är att göra en jämförelse mellan vad som är mest kostnadseffektiv, vilka åtgärder som uppvisar den största energibesparingen och vad som är det miljömässigt bästa alternativet.

## Genomförande

Tre likvärdiga byggnader inom bostadsområdet Bojsenborg har energieffektiviserats med olika åtgärder. Nedan finns först en beskrivning av hur ett typhus ser ut i området och därefter redovisas de aktuella byggnaderna där energiåtgärderna har genomförts.

## Objektsbeskrivning

### Jungfruvägen, referenshus

Som en referens att jämföra med redovisas följande uppgifter vilka är genomsnittliga för energianvändningen och varmvattenförbrukning i området. Övriga uppgifter om husens konstruktion, yta, tekniska system och liknande är faktiska.

### Konstruktion

- \* Tvåplanshus med betongstomme utan källare, 60 av 91 hus i området är av denna typ.
- \* Utfackningsväggar med regelverk i trä.
- \* Traditionellt sadeltak, förråd på vinden.
- \* Hustypen har två trapphus

### Allmänt

- \* Varje hus består av 10 lägenheter fördelade storleksmässigt enligt följande:
- \* Sju lägenheter med 2 rum och kök, varav en är vindslägenhet.
- \* Två lägenheter med 3 rum och kök.
- \* En vindslägenhet med 1 rum och kök.

### Ytor och förbrukningar

- \*  $A_{temp}$ : 805,7 m<sup>2</sup> (Jungfruvägen 9,  $A_{temp}$ : 723 m<sup>2</sup>)
- \* Uthyrningsbar area: 740 m<sup>2</sup> (Jungfruvägen 9: 655 m<sup>2</sup>)
- \* Genomsnittlig energianvändning för värme och varmvatten: 140 kWh/m<sup>2</sup>  $A_{temp}$ .
- \* Genomsnittlig användning fastighetsel: 3000 kWh/år, 4 kWh/m<sup>2</sup>  $A_{temp}$ .
- \* Genomsnittlig användning varmvatten: 458 m<sup>3</sup>/år, 619 l/m<sup>2</sup> (Uthyrningsbar area).

### Tekniska system

Varje hus har en fjärrvärmeundercentral som producerar värme och varmvatten. Undercentralerna är uppkopplade till ett överordnat styr- och övervakningssystem. Vid styrning av värmen används 6 st inomhusgivare som visar en medeltemperatur och en styrkurva med 4 brytpunkter vilka tillsammans påverkar framledningstemperaturen. Börvärde för innetemperatur är normalt 21 grader. Framledning vid -20 grader är i normalfallet 51 grader, vid +- 0 är framledningen 37 grader. I de hus som omfattats av energiåtgärder har framledningstemperaturen sänkts med ca 3-4 grader. Undercentralen är belägen på vinden. Varmvattenproduktion sker genom direktväxling.

Ventilationen är enbart frånluft genom en direktdriven fläkt med frekvensomformare styrd med konstanttryck och kompensering för låg utetemperatur. Fläkten är uppkopplad mot överordnat styr och övervakningssystem av fabrikat Schneider. Tilluft med uteluft genom springventiler och så kallade Fresh 80-ventiler.

### Jungfruvägen 137, fler energiåtgärder

Huset totalförstördes vid en brand sommaren 2010 vilket föranledde en återuppbyggnad av hela huset förutom betongstommen. I samband med återuppbyggnaden beslutades att genomföra ett antal energiåtgärder i huset, för att försöka nå en halvering av energianvändningen.



*Bild 1. Efter branden juni 2010, vinden nerbrunnen och vattenskador i huset, Jungfruvägen 137.*

Följande åtgärder utfördes:

- \* Nya ytterväggar byggdes, isoleringens tjocklek ökades från befintliga 95 mm till 200 mm.
- \* Nya fönster installerades, U-värde 1,2 W/m<sup>2</sup> K, tidigare U-värde 2,9 W/m<sup>2</sup> K
- \* Nytt yttertak med och ny vindsisolering från 180 mm till 400 mm.
- \* Ny frånluftsventilation med återvinning med hjälp av ett vätskebatteri och värmepump som primärt producerar tappvarmvatten, när tankar laddats växlar den till värmeproduktion. Fjärrvärme används som spets.
- \* Isolering av kantbalk, 100 mm cellplastskiva.



*Bild 2. Värmepump och ackumulatortankar samt prefabricerad fjärrvärmväxlare på vägg, Jungfruvägen 137.*



*Bild 3. Jungfruvägen 137 efter återuppbyggnad.*

Uppskattad kostnad för att utföra samma åtgärder på ett icke brandskadat hus<sup>1</sup>:

Åtgärd	Kostnad (inkl .moms)
Ny yttervägg, rivning befintlig ytterpanel, rivning insida vägg, uppbyggnad ny insida med ny plastfolie, uppbyggnad ny ytterpanel med tilläggsisolering.	1 100 000 kr
Nya fönster	690 000 kr
Nytt tak med tilläggsisolering på vind och kattvindar	295 000 kr
Värmepump, vätskekrets, ackumulatortankar och nytt apparatrum inklusive ombyggnad av frånluftventilation	500 000 kr
<b>Total kostnad energiåtgärder</b>	<b>2 585 000 kr</b>

Motsvarande åtgärder i ett icke brandskadat hus hade troligen medfört att hyresgästerna hade behövt evakuerats och huset tomställt under byggtiden. Kostnader för detta har inte beräknats.

### Jungfruvägen 117, nya fönster

Jungfruvägen 117 har enbart åtgärdats genom att byta ut ursprungliga tvåglasfönster till nya treglasfönster. Åtgärden gjordes som ett prov för att se potentialen för energieffektiviseringen. Fönstren hade kunnat målas om vid sedvanligt underhåll och fungerat tillfredställande i ytterligare ett antal år.



Bild 4. Nytt fönster på Jungfruvägen 117 med aluminiumklädd båge och karm.

Följande åtgärder utfördes:

- \* Fönsterbyte från tvåglasfönster U-värde 2,9 W/m<sup>2</sup> K till treglasfönster, U-värde 1,2 W/m<sup>2</sup> K.

Åtgärd	Kostnad (inkl .moms)
Nya fönster	690 000 kr
<b>Total kostnad energiåtgärder</b>	<b>690 000 kr</b>

<sup>1</sup> Beräkning har gjorts av Mats Olsson, energikonsult vid Connect Konsult, Falun.

### Jungfruvägen 9, balanserad ventilation

På Jungfruvägen 9 har ett ventilationssystem med balanserad ventilation och återvinning installerats. Övriga hus i området har traditionell frånluftventilation med utekompensering vilka samtliga är uppkopplade mot överordnat styrsystem. Detta hus var det första som fick energiåtgärder utförda och startade som ett utvecklingsprojekt som initierades och drevs av Kopparstadens energigrupp.

Syftet var att hitta en kostnadseffektivare och snabbare installation genom att förlägga de nya tilluftkanalerna på utsidan av fasaden. Troligen är det första gången denna typ av installation provats i Sverige. Kanalerna kommer ned från vinden genom takfoten och förläggs vertikalt mot befintlig yttervägg för att sen isoleras och täckas med ny panel i en "låda" som målas lika som befintlig fasad. Fyra 100 mm:s ventilationsrör ryms i varje låda vilka förser fyra lägenheter med tilluft. Tilluft till vindslägenheterna sker med kanaldragning inom vinden.

Fördelen med metoden är att borring genom bjälklag inte behöver göras vilket gör att störningarna för hyresgästerna minimeras liksom kostnaden för installationen. Metoden minskar också behovet av återställning i form av målningsarbeten och undertak när tilluftkanalerna tas in genom yttervägg och sen förläggs i takvinkel och täcks med en prefabricerad färdigmålad kanal. Den planlösning som finns i Bojsenburg möjliggör detta i lägenheter som är mindre än 3 rum och kök. Betongborring (torr) krävs i två innerväggar vilket kan genomföras utan att någon omtapetsering behöver ske. Större lägenheter (3 rum och kök)kräver ytterligare en kanaldragning och en håltagning för att nå det borte sovrummet.



*Bild 5. Tilluftskanaler före inklädnad, Jungfruvägen 9.*



*Bild 6. Tilluftskanaler efter inklädnad, Jungfruvägen 9.*

Innan projektet startades upp i ordningställdes en provlägenhet där konceptet testades genom att ett provisoriskt tilluftaggregat monterades på vinden och tilluften förvärmades med en elektrisk eftervärmare. Frånluften evakuerades genom den ordinarie frånluftfläkten. Ett antal givare monterades som mätte inomhustemperatur i flera rum och i tilluftkanalen, lägenheten "provkördes" i några månader för att utvärdera komfort och luftbalans. En provtryckning av lägenheten gjordes också och resultatet var tillfredställande med hänsyn till husets ålder och konstruktion. Luftläckaget uppgick till ca 0,6 l/sek/m<sup>2</sup> vid 50 Pa tryckfall. Efter provperioden bedömdes att täthet och komfort i lägenheten var god och att temperaturförlusten i den isolerade kanalen var acceptabel, mindre än 0,1 grad per meter kanal vid ute temperatur på -15 grader.



**Bild 7.** Montering av tilluftkanal i vardagsrum, kanalen fortsätter sen in i angränsande sovrum och avslutas med ett tilluftsdon, Jungfruvägen 9.

En ombyggnad i fullskala gjordes därefter. Projekteringen skedde med "pekmetoden" och arbetet utfördes av den ventilationsentreprenör som Kopparstaden hade ramavtal med vid tillfället. Ersättningen var per redovisad arbetstimme enligt upphandlat pris. Aggregatet som valdes var Exhausto VEX 340 med motströmsväxlare. Anledningen till detta var att eliminera risken för luktöverföring och undvika de kostnader för kolfilter som ett aggregat med roterande växlare medför. Nackdelen med en motströmsväxlare är att risken för nedisning i växlarpaketet är ganska stor i den del av Sverige där Falun ligger. En farhåga som tyvärr också besannats eftersom en del problem med nedisning och justering av avfrostningsfunktionen förekommit. Efter två år är nu detta problem löst men det har krävts mycken tid för driftoptimering.

Det sker ingen eftervärmning av tilluften efter den lämnat växlaren utan den tillåts bli vad aggregatet klarar att värma luften till. Hittills har temperaturen på tilluften aldrig underskridit + 10 grader trots utetemperaturer på ibland -20 grader. Att inte ha eftervärmning sänker kostnaden för installationen samt eliminerar risken för sönderfrysning av batteri och ledningar vid ett eventuellt driftstopp eftersom vinden i det här fallet inte är uppvärmd. Eftervärmning med elbatteri har inte varit aktuellt eftersom att värma med el är betydligt mycket dyrare än att värma med ordinarie värmesystem. Miljömässigt är det också bättre att värma med radiatorsystemet.

Aggregatet som valdes är också något överdimensionerat och har fördyrat projektet. Bland annat krävdes att ett hål i taket gjordes och att aggregatet lyftes in med hjälp av en mobilkran. Om ett mindre aggregat hade valts det kunnat bäras upp på vinden i sektioner. Anledningen till det större

aggregatet var att få ett aggregat med bättre styrfunktioner som kunde kopplas upp mot överordnat system. Detta fördyrade projektet med uppskattningsvis 10-15%.

Brandkraven uppfyllides genom att använda principen med "fläkt i drift" i händelse av brand. Gamla frånluftfläkten används för att evakuera brandgaser, både till och frånluftkanalerna används för denna evakuering genom att brandspjäll aktiveras och frånluften passerar förbi filter och aggregat.



**Bild 8.** Kanalinklädnad (fabrikat EB Hedlund) med tilluftsdon, monterad utan målningsbättring, Jungfruvägen 9.

Ett av målen med projektet var att genomföra ombyggnaden till en totalkostnad av 50 000 kr per lägenhet inklusive moms och återställningsarbeten. Detta uppnåddes inte utan kostnaden per lägenhet slutade på 67 000 kr. Huset där åtgärden utfördes har för få lägenheter att slå ut kostnaden för aggregat och styr på för att komma ner till 50 000 kr. Hade projektet genomförts i ett hus med 20 lägenheter istället för 10 och åtgärden hade upphandlats i konkurrens hade troligen kostnaden underskridit 50 000 kr per lägenhet. En upphandling av samma åtgärder i exempelvis 10 hus med 20 lägenheter i varje hade troligen pressat kostnaden ytterligare.

Åtgärd	Kostnad (inkl .moms)
Ventilationsaggregat VEX 340 inkl brandspjäll och styr	174 102 kr
Byggnadsarbeten, inklädnad och takreparation	75 170 kr
Takhuv och plåt	18 000 kr
Ventilationsarbeten inkl injustering	404 906 kr
<b>Total kostnad energiåtgärder</b>	<b>672 178 kr</b>



## Resultat

### Energianvändning och miljöpåverkan

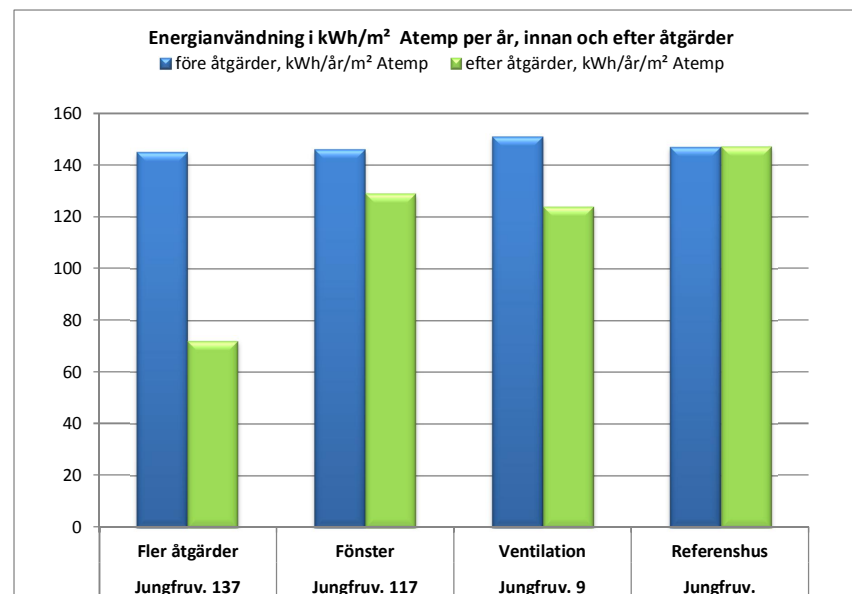
Efter ombyggnationerna har husen varit i drift i mer än ett år, då mätningen har utförts. Här nedan presenteras energianvändningen och miljöpåverkan före och efter åtgärder. Därtill redovisas uppgifterna även i ett diagram på nästkommande sida.

Tabellen nedan visar verklig energianvändning före och efter åtgärd på respektive objekt. Inga teoretiska beräkningar har gjorts eftersom tillgång funnits till faktiska mätvärden både före och efter åtgärder. De justeringar som gjorts är för faktisk varmvattenanvändning vilken tagits bort ur statistiken och sedan lagts tillbaka med den summa energi som används i genomsnitt för varmvattenproduktion. Elanvändningen för fastighetsdrift i sammanställningen är snittet för området. En reflektion värd att göra är att användningen av fastighetsel är låg i respektive hus, mycket beroende på att tvättstugorna ligger i separata byggnader utspridda i området.

Energianvändning före åtgärder	Jungfruv. 137 Fler åtgärder	Jungfruv. 117 Fönster	Jungfruv. 9 Ventilation	Jungfruv. Referenshus
Värme och varmvatten <sup>2</sup> , kWh/år	113 900	114 688	105 896	115 000
El för drift, kWh/år <sup>3</sup>	3 000	3 000	3 000	3 000
Summa energi, kWh/år	116 900	117 688	108 896	118 000
Total energi kWh/m <sup>2</sup> (A <sub>temp</sub> )	145	146	151	147
Miljöpåverkan kg/CO <sub>2</sub>	3 717	3 741	3 477	3 750
<b>Energianvändning efter åtgärder</b>				
Värme och varmvatten <sup>1</sup> , kWh/år	25 200	101 113	84 818	115 000
El för drift, kWh/år	32 423	3 000	4 599	3 000
Summa energi, kWh/år	57 623	104 113	89 417	118 000
Total energi kWh/m <sup>2</sup> (A <sub>temp</sub> )	72	129	124	147
Miljöpåverkan kg/CO <sub>2</sub>	3 998	3 333	3 004	3 750
<b>Energianvändning besparing</b>				
Besparing totalt, kWh/år	59 277	13 575	19 479	
Besparing av total, %	51 %	11 %	18 %	
Besparing kWh/m <sup>2</sup>	73	17	27	
Miljöpåverkan, %	+7,6 %	-10,9 %	-13,6 %	

<sup>2</sup> Graddagskorrigerat och varmvatten likställt

<sup>3</sup> 3000 kwh/år är genomsnittlig fastighetsel per byggnad i området.



Figur 1. Energianvändning före och efter genomförandet av energiåtgärder.

## Lösamhetskalkyl

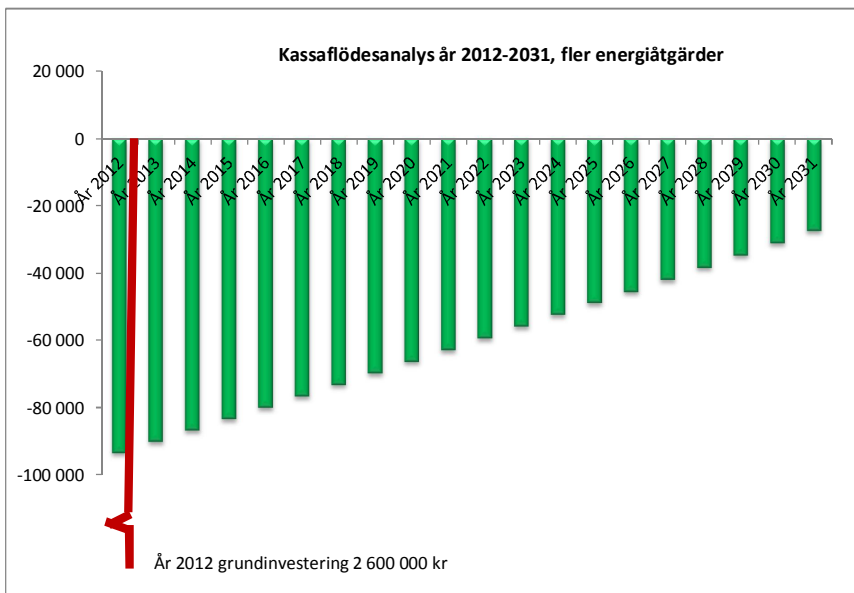
### Kassaflödesanalys

Energiåtgärdernas beräknade lönsamhet presenteras via en kassaflödesanalys. En kassaflödesanalys redovisar åtgärdernas flöde av betalningsströmmar, positiva betalningsströmmar men även negativa flöden av pengar. Analysen ger oftast en bra bild av hur lönsamt projektets kassaflöde är i förhållande till den totala investeringen, då analysen visar om projektet har ett stabilt och positivt kassaflöde under en 20 års period.

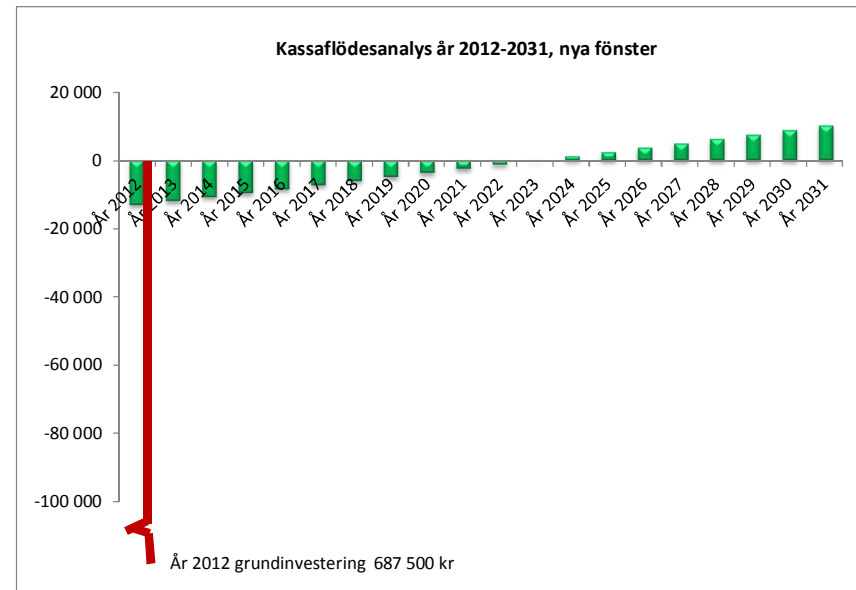
De tre energiåtgärderna presenteras först i ett diagram per åtgärd. I *Figur 5* presenteras projektens kassaflöden i ett sammansatt diagram. Specifikation av energiåtgärdernas totala investeringsbelopp återfinns i *Beskrivning av utförda åtgärder i respektive hus*.

Följande förutsättningar är antagna:

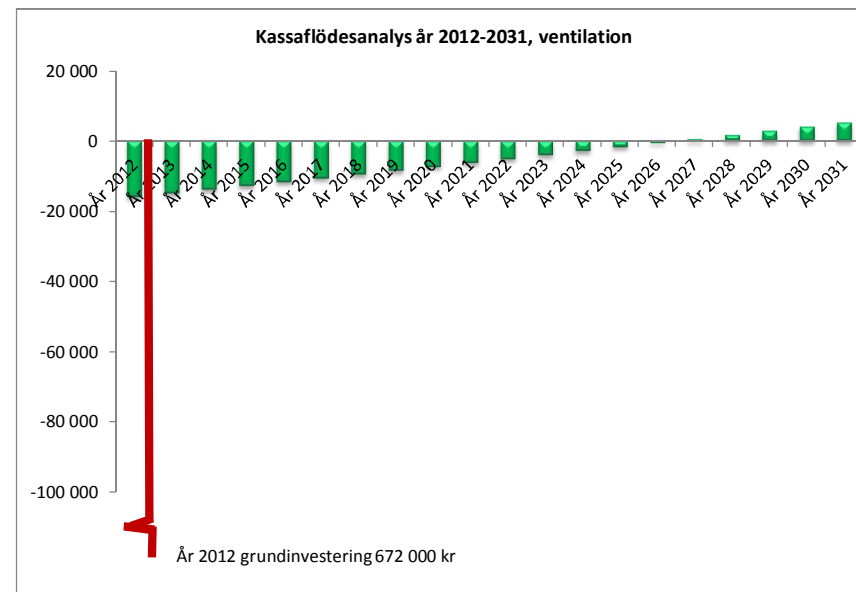
- \* Ränta 5 %
- \* Avskrivning 2 %
- \* Hyresutveckling 2 % ökning per år
- \* Uppvärmningskostnad, rörlig 0,72 kr/kWh
- \* Elkostnad, rörlig 1,10 kr/kWh
- \* Kostnadsökning, värme och el 2 % ökning per år
- \* Kostnadsökning, skötsel 2 % ökning per år



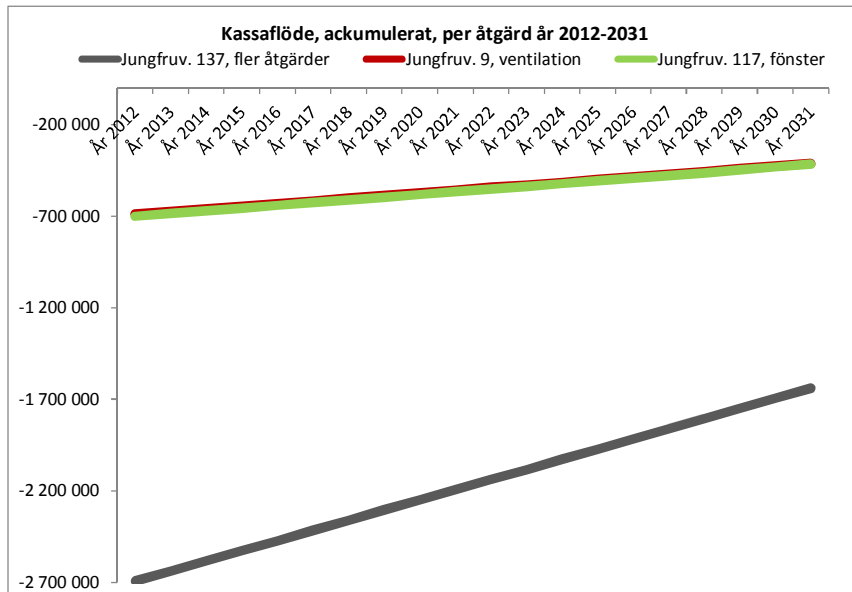
**Figur 2.** Kassaflödesanalys Jungfruvägen 137 där fler energiåtgärder utfördes.



**Figur 3.** Kassaflödesanalys Jungfruvägen 117, fönsterbyte.



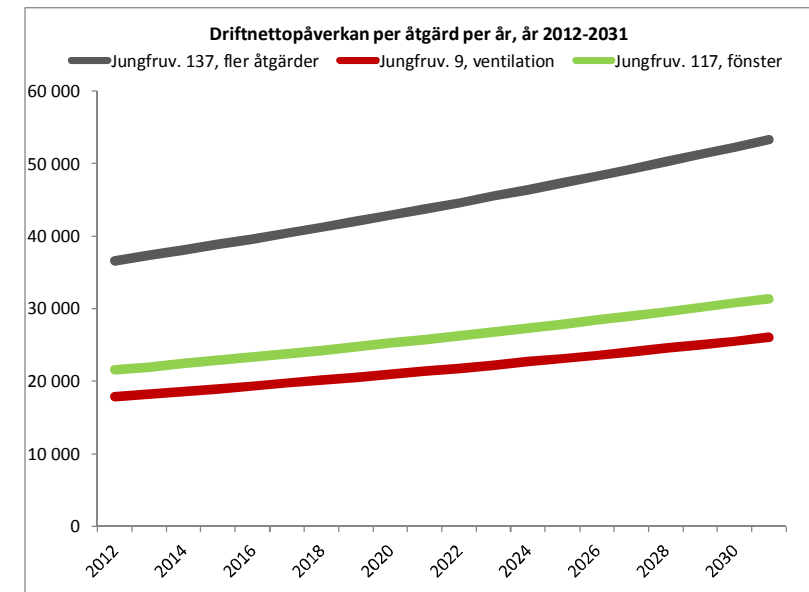
**Figur 4.** Kassaflödesanalys Jungfruvägen 9, ventilation.



Figur 5. Presentation av de tre åtgärdernas ackumulerade kassaflöde i ett diagram.

### Driftnetto

Förutom att presentera åtgärdernas kassaflöde redovisas även projektens påverkan på företagets driftnetto.



Figur 6. Sammanställning av projektens påverkan på driftnettet.

## Analys och diskussion

Åtgärderna som redovisas i utvärderingen är gjorda i byggnader som inte står inför några akuta åtgärder avseende klimatskalet. Detta gör att slutsatser om dessa åtgärders lönsamhet hade sett annorlunda ut om man ändå skulle tvingats till åtgärder som varit nödvändiga för bevarande av byggnadernas värde och funktion. Här har bara åtgärdernas faktiska kostnad beräknats. Lönsamheten beror också på vilken kalkylränta som används. Ett snitt av Kopparstadens upplåningsränta har använts och sedan har lite höjd tagits som försäkring mot en eventuell högre räntenivå i framtiden. Vid 3 % kalkylränta istället för 5 % hade huset med fönsterbyte och huset med ny FTX-ventilation uppvisat ett positivt kassaflöde inom två år, huset med flera åtgärder behöver nästan tjugo år för att uppnå detta trots den låga räntan.

Sett till förbättring av driftnetto och energianvändning uppvisar huset med åtgärder på klimatskal **och installation av frånluftvärmepump det klart bästa resultatet. Huset uppnådde också målet för energieffektivisering med minst 50 %.** Samtidigt hade dock det huset det sämsta utfallet enligt kassaflödesanalysen. Inte inom överskådlig tid kommer detta hus att bidra till ett positivt kassaflöde om 5 % kalkylränta används. Detta faktum motsäger till en del tesen att ett paket av flera åtgärder ska kunna resultera i en halvering av energianvändningen och samtidigt göra det med ett godtagbart ekonomiskt resultat. Att halvera energianvändningen är fullt möjligt men det ekonomiska resultatet är i just detta fall inte så gott som kunde önskas.

Den åtgärd som ger den minsta energireduktionen, fönsterbyte, ger den näst bästa miljömässiga utväxlingen och det ekonomiskt bästa resultatet eftersom den inte ökar vare sig elanvändningen eller underhållskostnaden för huset.

Åtgärden med återvinning av frånluften genom värmeväxling ger den största miljövinsten och uppvisar det näst bästa ekonomiska utfallet. Energin för enbart uppvärmning minskar med 26 % med denna åtgärd men om energin för varmvattenproduktionen och den ökade elanvändningen adderas minskar den totala energianvändningen med 18 %.

Kostnaderna som redovisas är faktiskt nedlagda kostnader. I fallet med det hus som återuppbyggs efter brandskada, Jungfruvägen 137, har kostnaderna för energiåtgärderna separerats från övriga kostnader för att återuppbygga huset. Det bör observeras att det inte finns någon beräkning av kostnad för evakuering av hyresgäster vilket eventuellt kan krävas vid större insatser liknande Jungfruvägen 137.

Redovisade kostnader för underhåll avseende åtgärderna med ventilation och värmepump innefattar bara filterbyte en gång per år. Ytterligare underhåll/reparationskostnader och extra tillsyn har inte beräknats och bör tas i beaktande när det ekonomiska utfallet studeras.

Åtgärderna för ventilation och värmepump har krävt en hel del arbete av driftpersonal för intrimning, framförallt optimering av funktionen för avfrostning av värmeväxlare i ventilationsaggregatet. Värmepumpen har också haft ett längre driftstopp under januari 2013 som reparerats inom garantin. Den ökade frekvensen för tillsyn och optimering bör inräknas inför ett beslut om att göra liknande åtgärder som i Bojsenborg.

Av naturliga skäl har fönsterbytet inte krävt några underhållsinsatser eller tillsyn vilket är en av anledningarna till fönsterbytet relativt goda ekonomiska utfall i jämförelse mot de övriga projekten.

Fönsterbytet framtida minskade underhållsbehov har inte beräknats och bör inte heller ingå i en kassaflödesanalys. Vid en LCC-kalkyl hade det faktum att man kan hoppa över minst en mätintervall medfört ett ytterligare plus för alternativet med fönsterbyte.

Eventuella repetitionseffekter redovisas inte heller i denna rapport men det kan antas att angivna kostnader reduceras med cirka 5-10 % för åtgärderna med fönsterbyte och värmepump/klimatskal om flera hus skulle omfattas av åtgärder. För projektet med ventilationsombyggnad kan kostnaden per hus troligen minskas ännu mer om flera byggnader upphandlas i konkurrens vilket skulle innebära ett utfall i paritet med fönsterbytet.

Beräkningar för hyreshöjning avseende komforthöjande åtgärder återfinns i de ekonomiska presentationerna. Beräkningar har utförts enligt det ramverk som används vid hyresändringar med den lokala Hyresgästföreningen.

Enligt beslut i Sveriges riksdag ska bostäders miljöpåverkan och den mängd köpta energi som används, halveras till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Problemet som denna rapport utvisar är svårigheten att halvera energianvändningen utan att öka elanvändningen. På grund av detta samband med ökad elanvändning uppnås inte någon halvering av bostädernas miljöpåverkan vilket är det primära syftet med riksdagens beslut.

Sämsta resultatet för miljön uppvisar huset som halverat sin energianvändning, Jungfruvägen 137. Där har koldioxidbelastningen ökat med 7,6 %. Detta på grund av att den energi som i detta fall reducerats är miljövänlig fjärrvärme med en emissionsfaktor på ca 30 kg/CO<sub>2</sub>/MWh som ersatts av el för värmepumpen med en emissionsfaktor på ca 100 kg/CO<sub>2</sub>/MWh (nordisk elmix).

De ekonomiska kalkylerna redovisar även att ingen av de tre åtgärderna ger något positivt kassaflöde inom 10 år. Bästa resultatet uppvisar åtgärden med enbart fönsterbyte. Hade redovisningen skett med LCC-kalkyler hade fönsterbytet troligen uppvisat ett ännu bättre ekonomiskt utfall än övriga åtgärder vilket är överraskande och inte helt enligt den gängse uppfattningen i branschen. Anledningen är att ett nytt fönster inte kräver några reparations eller underhållsinsatser under de närmsta 20 åren vilket ger ett bättre resultat trots att åtgärden visar den minsta energibesparingen.

För en värmepumpslösning som på Jungfruvägen 137 är den osäkerhet som finns angående framtida elpris en faktor att beakta. Fram till år 2012 har elpriset haft en högre ökningstakt än fjärrvärmepriset. Elpriset har också uppvisat större svängningar på grund av att el handlas på en nationell och nordisk marknad. Fjärrvärmepriset är lokalt och betydligt stabilare över tid. På vissa orter kan det också finnas ett politiskt tryck för att hålla nere fjärrvärmepriset i de fall värmeverket är kommunalägt. Vid ett läge med ökande elpriser gynnas fjärrvärmens dubbel på orter som har kraftvärmeverk eftersom en ökad intäkt från elproduktionen håller ner priset på fjärrvärmerna. Att ersätta fjärrvärme med el innebär med ovanstående resonemang en större osäkerhet när en investeringskalkyl ska göras.

## Slutsatser och rekommendationer

Ingen av de redovisade åtgärderna ger några betydande miljövinster eftersom fjärrvärmerna i Falun har låg emissionsfaktor. Det som spelar miljömässig roll är hur primärenergien produceras.

I områden med extremt hög emissionsfaktor för fjärrvärmerna som exempelvis i Uppsala, Västerås, eller Malmö skulle de beskrivna åtgärderna vara 6-8 gånger mer effektiva för att reducera utsläpp av växthusgaser, men på de orterna vore det ändå betydligt mer kostnadseffektivt att förändra produktionen i fjärrvärmeverken före en energieffektivisering av bostäderna. Samhällsekonomiskt skulle kostnaden vara lägre jämfört med åtgärder i bostäder. Mätbara resultat för miljön skulle också uppnås inom några få år.

Slutsatsen är att det hus som uppnår målet för år 2050 är det sämsta alternativet för både miljö och ekonomi betraktat ur ett hållbarhetsperspektiv.