



# Renovering av 60- och 70-tals småhus till passivhus – Utvärdering av kostnadseffektiva renoveringspaket



# Renovering av 60- och 70-tals småhus till passivhus

Utvärdering av kostnadseffektiva  
renoveringspaket

Tomas Ekström, NCC & LTH

Åke Blomsterberg, LTH



Energimyndighetens projektnummer: 38851–1

E2B2



## Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 byggtreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknik konsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

*Renovering till passivhusstandard av 60- och 70-tals småhus* är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av *Lunds Universitet* och har genomförts i samverkan med *Linnéuniversitet, Skanska, Installatörsföretagen, BeSmå/WSP, RISE, TMF, Passivhuscentrum, White Arkitekter, Swedisol*.

I projektet har ny kunskap tagits fram om hur byggbranschen kan säkerställa kostnadseffektiva energirenoveringar av småhus till passivhusstandard med bra inomhusmiljö. Småhus står för cirka 30 procent av energianvändningen i den svenska byggsektorn. Många småhusägare står i begrepp att renovera sina hus, men ytterst få planerar att göra stora energiåtgärder. Det vill forskare i ett detta E2B2-projekt ändra på.

Stockholm, 6 februari 2018

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Tekniskt-Naturvetenskapliga Universitet i Trondheim, Norge

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



## Sammanfattning

För att kunna nå de nationella energieffektiviseringsmålen måste energianvändningen minska även i det befintliga beståndet av småhus. Omfattande energiåtgärder är inte realistiska i alla småhus, därför måste i ett stort antal småhus energianvändningen minst halveras, vilket i många fall innebär passivhusstandard. Småhus byggda mellan 1961 och 1980 utgör cirka en tredjedel av det totala energibehovet på 31 TWh för uppvärmning och tappvarmvatten i svenska småhus. Dessa använder i sin tur cirka 40 procent av den totala energianvändningen i alla byggnader. Det finns omkring 715 000 småhus från denna period och de är byggda på ett likartat sätt i tekniska termer – med låg isoleringsnivå – och de har sällan ventilation med värmeåtervinning. Normalanvändningen av energi i småhus från denna period överstiger dagens småhus - byggda mellan 2011 och 2013 - med cirka 40 procent.

Målet med detta forskningsprojekt var att utvärdera möjligheten att genomföra kostnadseffektiva renoveringar av småhus till passivhusnivå samtidigt som det leder till andra förbättringar, som ett bättre inomhusklimat. Undersökningen inkluderar även lokal förnyelsebar energiproduktion och energilagring. Inkluderat i undersökningen var även mervärden från att genomföra denna typ av renovering, så som ökad termisk komfort och fuktsäkerhet. Utvärderingarna genomfördes genom att simulera renoveringslösningar för två referenshus inkluderade i fallstudien.

Forskningsprojektet påbörjades genom att söka efter genomförda pilotprojekt i framförallt Sverige som drastiskt minskat energianvändningen i småhus. Baserat på de renoveringslösningar som använts i dessa projekt bestämdes möjliga renoveringslösningar att undersöka för att bestämma den möjliga energibesparingspotentialen från att genomföra passivhusrenoveringar i småhus. Resultaten visade på en stor besparingspotential på över 65 procent i de utvärderade referenshusen.

Undersökningen fortsatte genom att bestämma kostnadseffektiva renoveringspaket till passivhusnivå med hjälp av omfattande energisimuleringar och LCC-analyser för olika energipriser - genom att utvärdera olika typer av värmekällor - och investeringskostnader. En försvarande omständighet är det inte finns en tekniskt och ekonomiskt rimlig lösning för passivhusisolering av grundläggningen. Inkluderat i denna undersökning är även alternativ av lokal energiproduktion från solfångare och solceller samt energilagring i batterier.

Resultatet från LCC-analysen visar att en passivhusrenovering kan vara kostnadseffektiv vid användning av vissa typer av värmekällor. Men resultatet är beroende av bland annat skillnaden i driftkostnad mellan de olika värmekällorna samt att energikraven för passivhus är olika om huset är eluppvärmt eller inte. Kostnadseffektiviteten skulle förbättras om t.ex. ROT-avdraget för denna typ av åtgärd förbättrades. Den mest kostnadseffektiva enskilda renoveringsåtgärden var att installera frånluftsvärmepump och den minst kostnadseffektiva åtgärden var att installera nya fönster. I hus värmda med direktverkande el är passivhusrenoveringen det mest kostnadseffektiva alternativet i jämförelse med en BBR renovering.

Nästa rekommenderade projektsteg är demonstration i fullskala med vetenskaplig utvärdering.

*Nyckelord: Kostnadseffektiv, energirenovering, LCC-analys, passivhus, småhus, solenergi*



## Summary

To be able to fulfil the national goals of energy efficiency the energy use must be reduced also in the existing stock of single-family houses (SFHs). Comprehensive energy measures are not realistic in all SFHs, therefore in a large number of SFH the energy use must at least be halved, which in many cases means passive house standard. SFHs constructed between 1961 and 1980 account for approximately one-third of the total energy use, 31 TWh, for space heating and domestic hot water in Swedish SFHs. These are responsible for about 40 percent of the total energy use in all buildings. There are roughly 715,000 houses from this period and they are largely homogeneous in technical terms, with low levels of thermal insulation, and ventilation with heat recovery is rare. The average energy use for houses from this period is about 40 percent higher than SFHs constructed between 2011 and 2013.

The aim of this project was to evaluate the possibility for cost-effective renovations of SFHs to passive house level, while improving the indoor climate. Included in the assessments are thermal comfort and moisture safety, and the alternative of installing local renewable energy production and energy storage. The project included theoretically applying the energy efficiency measures to two case study buildings.

The research project began by identifying pilot renovation projects aimed at drastically reducing the energy demand of existing SFHs, mainly in Sweden. Based on the renovation measures used in these projects, possible energy efficiency measures were identified and evaluated to find the energy savings potential from this type of extensive energy renovation. The results showed great potential, and that such renovations could reduce the final energy use by over 65 percent.

A LCC analysis was carried out to determine cost-effective renovation packages to Passive House level. This built on the previous comprehensive energy simulations by including the energy costs of adding and evaluating different types of heat generation and distribution systems. This was done to determine the operational costs of the houses and investment cost of implementing the energy efficiency measures. An aggravating circumstance is that there is no technically and financially reasonable solution for adding insulation to the foundation to the level needed in a passive house. Also included was the alternative of implementing renewable energy production i.e. solar collectors and photovoltaic cells, and energy storage in batteries.

The results show that Passive House renovations can be cost-effective, but this is largely dependent on the type of heat generation used in the houses – based both on the difference in operational costs and on the requirements for Passive House. The cost efficiency would be improved if e.g. the ROT-deduction (renovation, reconstruction, addition) for this type of measures was increased. The most cost-effective individual renovation measure was installing an exhaust air heat pump and the least cost-effective was installing new windows. In houses using direct electric heating, the Passive House renovation package was the most cost-effective renovation package.

Next recommended project step is a full-scale demonstration project, with scientific evaluation.



*Keywords: Cost-effective, energy renovation, life cycle cost analysis. passive house, single-family house, solar energy*



## INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	8
2	GENOMFÖRANDE	10
3	RESULTAT	14
4	DISKUSSION	18
5	PUBLIKATIONSLISTA	19
6	REFERENSER	20



# 1 Inledning och bakgrund

För att kunna nå de nationella energieffektiviseringsmålen måste energianvändningen minska i det befintliga beståndet av byggnader. Omfattande energiåtgärder måste genomföras, vilket inte är realistiskt för alla hus. Det innebär att i många hus måste energianvändningen minst halveras, vilket i många fall innebär passivhusstandard, för att uppnå önskat resultat. Baserat på en kartläggning av genomförda renoveringar till passivhusnivå i Sverige, så finns det uppskattningsvis tre sådana projekt. Byggbranschen saknar idag goda exempel och riktlinjer för renovering av svenska småhus till passivhusstandard.

Småhus byggda mellan 1961 och 1980 utgör cirka en tredjedel av det totala energibehovet på 31 TWh för uppvärmning och tappvarmvatten i svenska småhus. Dessa använder i sin tur cirka 40 procent av den totala energianvändningen i alla byggnader. Det finns omkring 715 000 småhus från denna period och de är byggda på ett likartat sätt i tekniska termer – med låg isoleringsnivå – och de har sällan ventilation med värmeåtervinning. Normalanvändningen av energi i småhus från denna period överstiger dagens småhus - byggda mellan 2011 och 2013 - med cirka 40 procent. Många småhus har dessutom ett underhållsbehov, 2/3 av alla småhus har någon typ av skador (BETSI, 2011). Alla typer av skador utom bulleråtgärder ingår. De flesta skador och brister är dock inte av allvarlig karaktär. Att åtgärda dessa skador och brister är ett utmärkt tillfälle att även minska energianvändningen.

Många av småhusen byggda under 60- och 70-talet ingår i gruppområden, som i hög grad var en prefabricerad produktion av småhusfabrikanter (Björk, 2009). Den övervägande delen av småhusen byggdes med förtillverkade väggelement. Målet med detta forskningsprojekt, som resulterat i en licentiatavhandling (Ekström 2017), har varit att utvärdera möjligheten att genomföra kostnadseffektiva renoveringar av småhus till passivhus-nivå samtidigt som det leder till andra förbättringar som ett bättre inomhusklimat. Undersökningen inkluderar även lokal förnyelsebar energiproduktion och energilagring. Utvärderingarna genomfördes genom att simulera renoveringslösningar tillämpade på två referenshus inkluderade i fallstudien.

I projektet har följande personer medverkat:

Projektledare:	Åke Blomsterberg	Lunds universitet, Energi och byggnadsdesign
Projektgrupp:	Tomas Ekström	Industridoktorand från NCC
	Ricardo Bernardo	Lunds universitet
	Henrik Davidsson	Lunds universitet
	Kajsa Flodberg Munck	NCC
	Mats Sihvonen	NCC
Referensgrupp:	Charlotte Winkler	BeSmå/WSP
	Magnus Everitt	Installatörsföretagen
	Leif Gustavsson	Linnéuniversitetet





Hans Eek

Eva-Lotta Kurkinen

Björn Berggren

Mats Björs

Anders Rosenkilde

Fredrik Larsson

Passivhuscentrum

RISE

Skanska

Swedisol

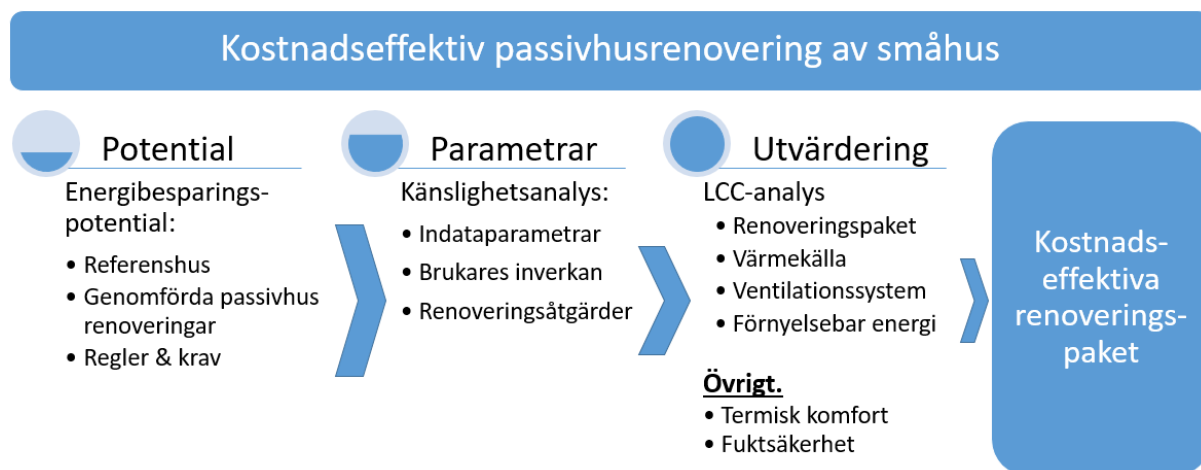
TMF

White Arkitekter



## 2 Genomförande

Den metod som använts inom projektet redovisas översiktligt i Figur 1. Forskningsprojektet påbörjades genom att kartlägga genomförda pilotprojekt vilka drastiskt minskat energianvändningen i småhus. Utifrån de renoveringslösningar som använts i pilotprojekten utvärderades den möjliga energibesparingspotentialen från att genomföra renoveringar till passivhusnivå i småhusbeståndet från 1960- och 1970-talet. Energibesparingspotentialen utvärderades med energibalansberäkningar av renoveringsåtgärder för referenshus, ett från respektive årtionde. Referenshusen som användes i undersökningen presenteras i Tabell 1.



Figur 1. Övergripande metod för projektgenomförande.

Därefter genomfördes en känslighetsanalys av energibalansberäkningarna för att avgöra hur stor påverkan vissa parametrar hade på energibesparingspotentialen i den inledande undersökningen. I känslighetsanalysen ingick bl.a. olika typer av isoleringsmaterial, olika leverantörer av värmeåtervinning, klimat samt olika förenklade brukarbeteenden. Analyserna gjordes med det dynamiska energiberäkningsprogrammet IDA ICE (EQUA, 2016). Resultaten från denna studie visade på ett stort beroende mellan energibesparingspotentialen och klimatet samt möjligheten att uppfylla passivhuskraven. Resultaten användes även för att minska antalet renoveringslösningar som kom att utvärderas i fortsättningen av projektet genom att eliminera åtgärder som hade liten påverkan på energibesparingspotentialen.

Nästa steg i undersökningen var att bestämma kostnadseffektiva renoveringspaket till passivhusnivå, vilket genomfördes med en LCC-analys. Analysen bygger vidare på energisimuleringarna genom att även inkludera energipriser - för relevanta typer av värmekällor - och investeringskostnad, samt möjliga ROT-avdrag och investeringsbidrag. I LCC-analysen ingår inte kostnader för uppgradering av självdragsventilation till fläktstyrd ventilation utan värmeåtervinning och inte heller renoveringsåtgärder pga. behovet av underhåll. Det är åtgärder som i mycket liten utsträckning

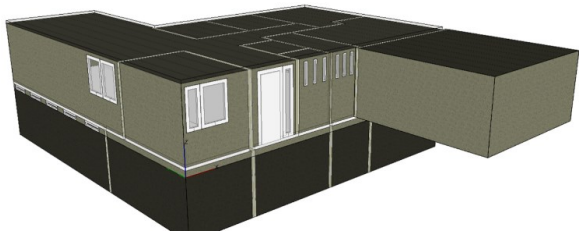

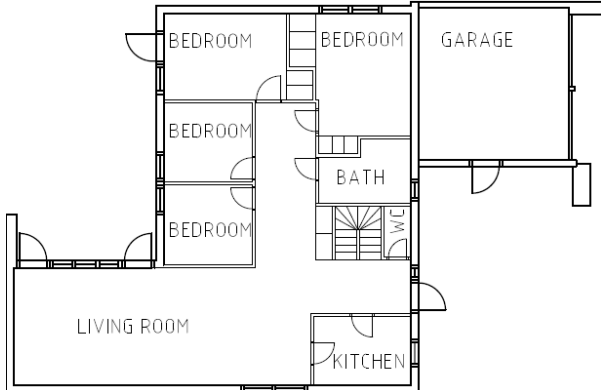
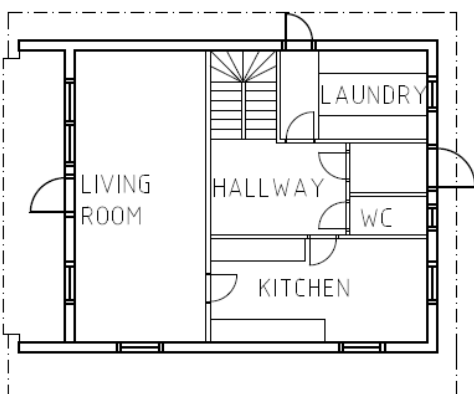


påverkar energianvändningen. Inkluderat i analysen är även alternativen lokal energiproduktion från solfångare och solceller samt energilagring i batterier.

En mindre undersökning av den termiska komforten inomhus under sommarhalvåret genomfördes genom att jämföra den operativa temperaturen (medelvärde av luftens temperatur och omgivande ytors temperatur) i vardagsrum och sovrum innan och efter implementering av renoveringspaketet. Renoveringspaketet till passivhusnivå utvärderades även gällande fuktsäkerheten för de åtgärder som påverkar klimatskalet. Dessa simulerades enligt metodiken i ByggaF (Norling 2007) och beräkningarna utfördes med hjälp av beräkningsprogrammet WUFI (Fraunhofer).

En avslutande studie av förutsättningarna för att uppfylla nollenergihuskraven, sett på årsbasis gällande energianvändning och energiproduktion, efter en renovering till passivhusstandard gjordes. Detta genom att installera solceller på tillgänglig takyta som ej skuggas.

Tabell 1. Ritningar för referenshus 1 och 2.

<b>Referenshus 1 (RH1), med självdragsventilation</b>	<b>Referenshus 2 (RH2), med FTX-ventilation</b>
<p>Översikt - Modell från energisimulering</p> 	<p>Översikt - Modell från energisimulering</p> 
<p>Planritning - Markplan</p> 	<p>Planritning - Markplan</p> 



Referenshus 1 (RH1)	Referenshus 2 (RH2)
Planritning - Källare	Planritning - Övervåning

För de två referenshusen utvärderades renoveringspaketet i tre olika nivåer, 1. Minimum, 2. BBR och 3. Passivhus. I Tabell 2 presenteras de kravnivåer som respektive renoveringspaket behövde uppfylla. I kolumnen 1. Minimum ingår de åtgärder och kostnader som behövdes för att återställa byggnadens ursprungliga egenskaper, så som fasad, ytskikt och dränering, baserat på resultaten från BETSI-studien (BETSI, 2011). Även inkluderat är funktionskrav från BBR, så som luftflöde genom att installera mekanisk ventilation i referenshus 1 som endast haft självdrag. I kolumn 1. Minimum presenteras även de förutsättningar som de två referenshusen startade med. I renoveringspaketet i kolumnen 3. Passivhus ingår även värmeåtervinning på ventilationen, antingen en värmeväxlare med en temperaturverkningsgrad över 85 % eller en frånluftsvärmepump med en COP över 3.

Tabell 2. Kravnivåer för klimatskalet för respektive renoveringspaket.

Renoveringsnivåer	1. Minimum RH1/RH2	2. BBR	3. Passivhus (PH)	Enhet
Fasad	Ny	Ny	Ny	
Ytterväggar	RH1: 0,54 RH2: 0,23	0,18	0,10 ±0,02	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Tak	RH1: 0,36 RH2: 0,15	0,13	0,10 ±0,02	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Grund	RH1: 0,32 RH2: 0,23	-	Förbättrad	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Källarväggar	RH1: 0,54 RH2: -	+100 mm isolering	+200 mm isolering	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Fönster	RH1: 2,80 RH2: 2,00	1,2	0,80	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Dörrar	RH1: 1,50 RH2: 1,50	1,2	0,80	W/(m <sup>2</sup> ·K)



Köldbryggor	Beräknad	25% av $U_{tot} \cdot A_{tot}$	Beräknad	
Lufttäthet, vid $\pm 50$ Pa	-	0,3	0,3	$1/(s \cdot m^2)$
Dränering	Ny	Ny	Ny	



### 3 Resultat

Resultaten från projektet presenteras som energibesparing, investeringskostnad, nuvärde och internränta. Hur referenshusens klimatskal tilläggsisolerades visas i Tabell 3 och 4.

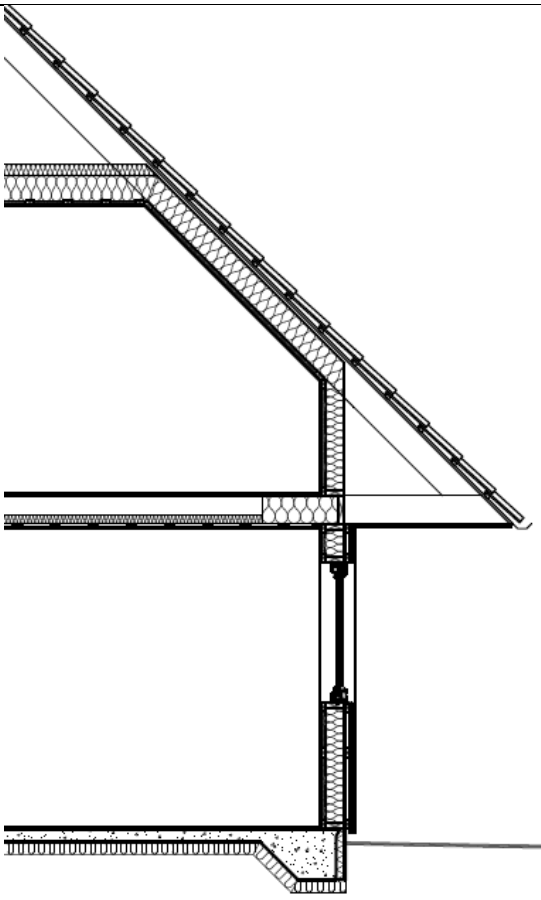
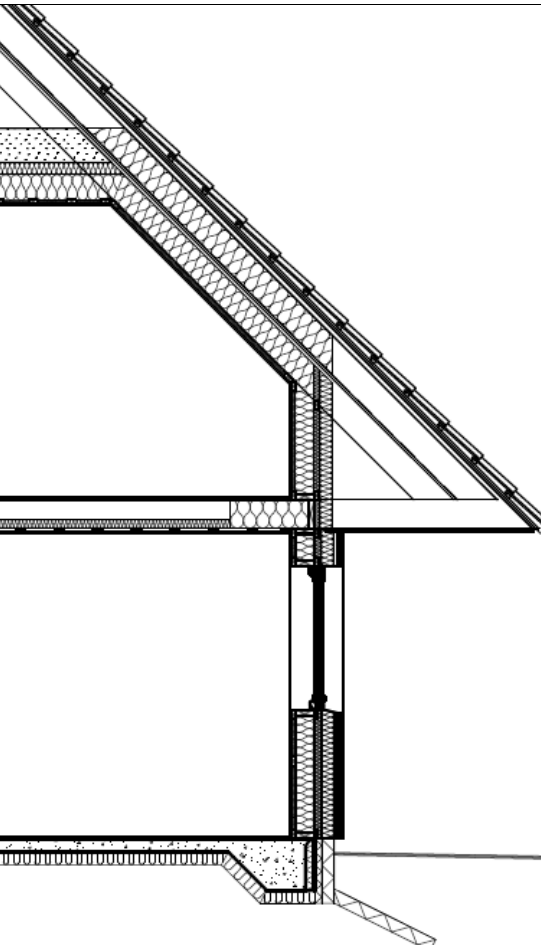


Tabell 3. Renoveringslösningar för referenshus 1 – sektionsritningar.

Renoveringslösningar - Sektionsritning före/efter renovering	
Referenshus 1	Malmö
<p>Ytterväggarna har utvändigt tilläggsisolerats i två skikt, först 95 mm mineralull mellan träreglar 45x95 på c/c 600 och utanpå detta ett homogent skikt med 120 mm mineralullsskiva. Lösningen är förberedd med luftad fasad och möjlighet till olika fasadmaterier. Källarväggen har utvändigt isolerats med två skikt av 100 mm cellplast. När dräneringen åtgärdas har även en skiva med cellplast placerats sluttande ut från grunden för att minska värmeförlusterna. Taket har isolerats genom att tillgängligt utrymme fyllts med lösull och därefter har ett nytt lager med isolering, 100 mm mineralull, och regler monterats utanpå det befintliga taket. Dörrar och fönster är utbytta.</p>	



Tabell 4. Renoveringslösningar för referenshus 2 – sektionssritningar.

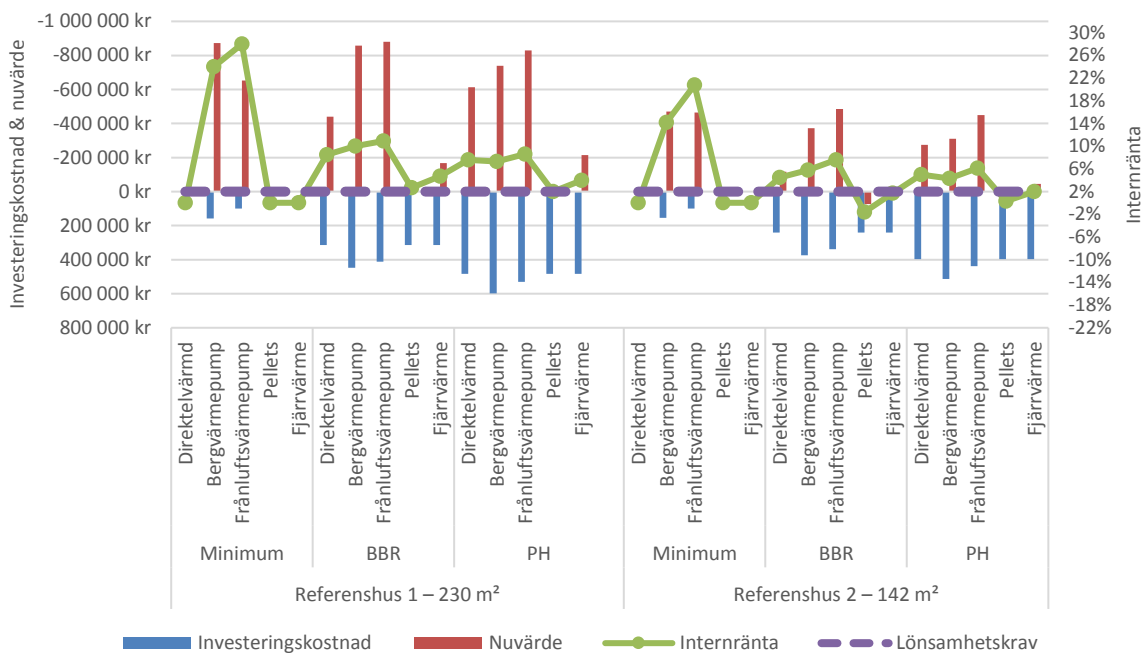
Referenshus 2	Umeå
<p>Ytterväggarna har tilläggsisolerats utvändigt i två skikt, först 45 mm mineralull mellan stålreglar på c/c 600 och utanpå detta ett homogent skikt med 100 mm mineralullsskiva. Därefter följer en luftspalt och ett valfritt fasadmateriale fäst med distanser. När dräneringen åtgärdas har även en skiva med cellplast placerats i marken lutande ner och ut från husgrunden för att minska värmeförlusterna. Taket är isolerat i två delar, dels en horisontell del och dels snedtak. För den horisontella delen har ytterligare lösullsisolering adderats. För att kunna isolera snedtaket så har regler, 95x210 c/c1200, adderats på hela taket utvändigt som fyllts med 195 mm mineralull. Dörrar och fönster är utbytta.</p>	
	

Resultaten från energisimuleringarna visade på en stor besparingspotential, över 65 procent i de utvärderade referenshusen. Resultatet från LCC-analysen visar på att passivhusrenoveringen är

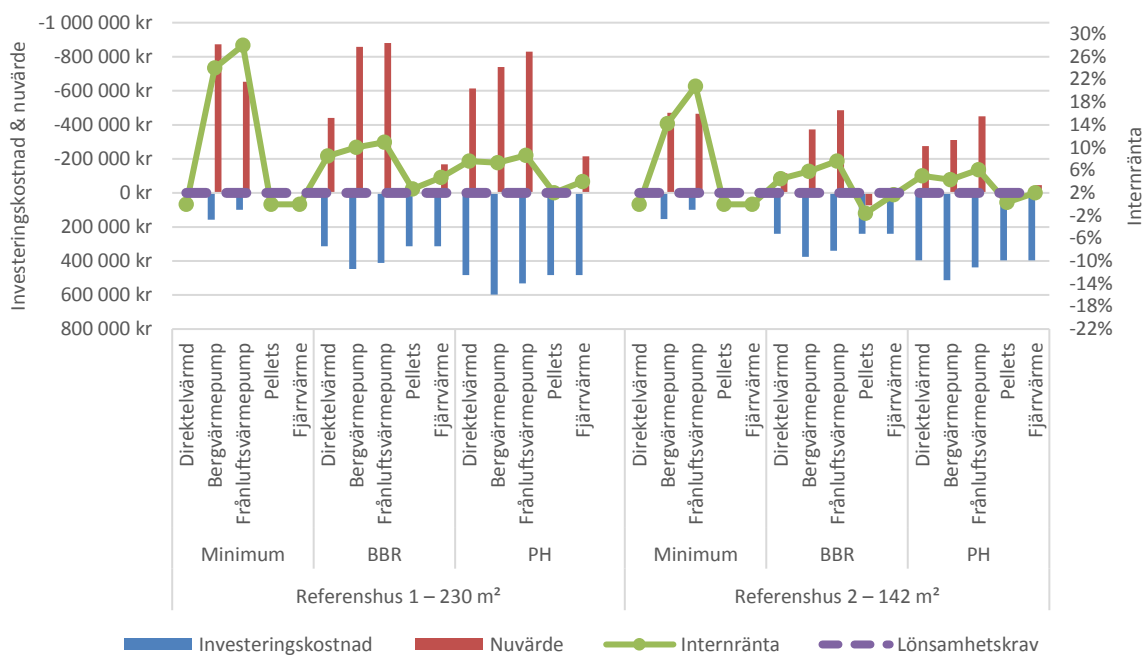




kostnadseffektiv, vid användning av vissa typer av värmekällor (se



Figur 2). Anledningen till variationen i kostnadseffektivitet är både p.g.a. att olika värmekällor ger olika driftkostnader, men även att kraven för passivhus varierar beroende på vilken typ av värmekälla som används. Den mest kostnadseffektiva enskilda renoveringsåtgärden var att installera frånluftsvärmepump och den minst kostnadseffektiva åtgärden var att installera fönster som uppfyller passivhuskraven. I hus värmda med direktverkande el är passivhusrenoveringen det mest kostnadseffektiva renoveringspaketet. I övriga fall, förutom vid användning av pellets som värmekälla i referenshus 2, så var renoveringspaketet till passivhusnivå kostnadseffektivt, men lönsamheten minskar jämfört med mindre kostnadsdrivande renoveringspaket (minimum och BRR nivå).



Figur 2. Investeringskostnad och resultat från LCC-analysen, presenterat som nuvärde och internränta, för olika värmekällor och renoveringsnivåer för referenshusen. I de fall där både nuvärde (negativt värde eftersträvas) och internränta överstiger lönsamhetskravet är renoveringspaketet en lönsam investering.

Utvärderingen av möjligheten att uppnå nollenergihus för de två passivhusrenoverade referenshusen genom att installera solceller visade att det inte är kostnadseffektivt. Emellertid är det för flera alternativ möjligt att uppnå nollenergihus med de tillgängliga takytorerna, men resultatet är beroende av läge och typ av värmekälla i husen.

Resultaten av beräkningarna av den operativa temperaturen bekräftar problemet med övertemperaturer i lågenergibyggnader genom ökade temperaturer efter renovering. Installation av persienner minskar problemet till att bli mindre än före renoveringen. Vad beträffar fuktssäkerheten hos klimatskärmen, så visar beräkningarna att den förbättras av renoveringen.



## 4 Diskussion

Beräkningarna för referenshusen visar att det är tekniskt möjligt att minska energianvändningen dvs. energin som behöver tillföras huset för uppvärmning och varmvattenberedning med upp till 80 %. Energianvändningen skulle kunna minska ytterligare om det fanns ett tekniskt och ekonomiskt rimligt sätt att tilläggsisolera, till passivhusnivå, grundläggning med betongplatta på mark.

Med en passivhusrenovering är det möjligt att kostnadseffektivt minska energianvändningen med åtminstone 65 % i referenshusen. Beroende på befintlig och vald värmekälla, så kan köpt energi reduceras med upp till 90 % och kostnadseffektiviteten variera. Detta under förutsättning att husen behöver renoveras av åldersskäl. Genom att installera förnybar energi t.ex. solceller och batterier kan den årliga köpta energin minskas till noll. Dock är inte detta steg lönsamt i nuläget.

Om passivhusrenovering genomförs i många småhus vore det ett stort steg mot ett hållbart samhälle, då denna typ av energieffektivisering av klimatskalet förutom energibesparing även minskar det maximala effektbehovet i byggnaderna. De för referenshusen utvärderade renoveringspaketen kan med stor sannolikhet installeras i många liknande småhus och vara kostnadseffektiva, om husen behöver renoveras dvs. endast hänsyn tas till marginalkostnaden för att minska energianvändningen.

Separata projekt behövs för att få småhusägarna att dels inse fördelarna med omfattande energieffektivisering och att dels underlätta genomförandet för småhusägarna t.ex. genom one-stop shopping, vilket har en stor affärspotential men det är svårt att starta och driva en sådan verksamhet.

Med detta projekt har vi tagit fram underlag för direkt tillämpbara riktlinjer för att kunna genomföra passivhusrenoveringar i stor skala. Med LCC-sanalyser har vi visat att det, trots högre investeringskostnader, kan vara kostnadseffektivt att satsa på passivhusrenovering för energieffektivisering av småhus, framförallt om husen är slitna och behöver renoveras. Ett sätt att öka lönsamheten vore att förbättra ROT-avdraget för denna typ av åtgärd.

Nästa rekommenderade projektsteg är demonstration i fullskala, med vetenskaplig utvärdering.



## 5 Publikationslista

Inom projektet så har tre konferensartiklar och en vetenskaplig artikel publicerats.

- Artikel I: "Renovation of Swedish Single-family Houses to Passive House Standard – Analyses of Energy Savings Potential" Ekström, T. and Blomsterberg, Å., In the proceedings of the Sustainable Built Environment 16 Conference on Build Green and Renovate Deep, 5-7 October, 2016, Tallinn, Estonia. Energy Procedia, 2016. 96: p. 134-145. (Ekström & Blomsterberg, 2016b)
- Artikel II: "Renovation of Swedish single-family houses to passive house standard - Sensitivity analysis" Ekström, T., Davidsson, H., Bernardo, R. and Blomsterberg, Å. In the proceedings of the 3rd Asia Conference of International Building Performance Simulation Association - ASim2016, held on November, 27-29, 2016 in Jeju(Cheju) island, Korea. (Ekström & Blomsterberg, 2016a)
- Artikel III: "Evaluation of cost-effective renovation packages to Passive House level for Swedish single-family houses from the sixties and seventies" Ekström, T., Bernardo, R. and Blomsterberg, Å. Publicerad i vetenskapliga tidskriften Energy & Buildings, 2017-12-10 (Ekström, Bernardo, & Blomsterberg, 2017).
- Artikel IV: "Renovating Swedish single-family houses from the sixties and seventies to net-zero energy buildings" Ekström, T., Bernardo, R., Davidsson, H. and Blomsterberg, Å. Submitted to Solar World Congress 2017, 29 Oct – 2 Nov, Abu Dhabi, UAE. (Ekström, Bernardo, Davidsson, & Blomsterberg, 2017)



## 6 Referenser

- BETSI: "Teknisk status i den svenska bebyggelsen – resultat från projektet BETSI" Boverket, 2011
- Björk, C., Nordling, L., & Reppen, L.: "Så byggdes villan" Stockholm: Forskningsförlaget Formas, 2009.
- Ekström, T.: "Passive house renovation of Swedish single-family houses from the 1960s and 1970s – Evaluation of cost-effective renovation packages" Licentiatavhandling, Lund University, Faculty of Engineering, LTH, Report EBD-T—17/22, 2017.
- EQUA: "IDA Indoor Climate and Energy (Version 4.7)." <http://www.equa.se/en/ida-ice>: EQUA Simulation AB. Retrieved from <http://www.equa.se/en/ida-ice>, 2016
- Fraunhofer Institute of Building Physics, G. WUFI PRO 5.2. (Version Release: 5.2.0.972.DB.24.76. ).
- Norling, Mjörnell: ByggaF. Metod för fuktsäker byggprocess. FoU-Väst Rapport 0702, 2007.



**»»** *unt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.*

*E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på [www.E2B2.se](http://www.E2B2.se).*