



Syntes av forskningsprogrammet Spara och bevara

Energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Rapporten är framtagen på uppdrag av Energimyndigheten

Denna rapport är framtagen på uppdrag av Energimyndigheten

Författare: Tor Broström, Professor emeritus i kulturvård

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner
eller beställas via energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, mars 2026

ER 2026:06

ISSN 1403-1892

ISBN (pdf) 978-91-7993-271-8

Grafisk form: Energimyndigheten (omslag), Arkitektkopia AB (inlaga)

Förord

Energimyndighetens forskningsprogram Spara och bevara, som pågick mellan åren 2007 och 2024, har spelat en betydande roll i utvecklingen av kunskap om hur energieffektivisering kan förenas med bevarandet av kulturhistoriska värden. Programmet har etablerat en ny tvärvetenskaplig arena där energieffektiv teknik, kulturvård, byggnadsfysik och samhällsvetenskap möts för att hantera komplexa avvägningar och målkonflikter i praktiken.

Den här syntesrapporten ger en samlad översikt och analys av programmets utveckling, resultat och arbetssätt. Den lyfter fram centrala lärdomar om hur tekniska lösningar, riskbedömningar och beslutsstöd kan integreras för att möjliggöra långsiktigt hållbara och varsamma åtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Rapporten belyser också de strukturer och forskningsmiljöer som vuxit fram under programmets gång och som fortsatt bidrar till kunskapsuppbyggnad och praktisk tillämpning inom området.

Resultaten kommer att användas som kunskapsunderlag i Energimyndighetens strategiska arbete med att stödja forskning och innovation för en mer resurseffektiv bebyggelse. Vi hoppas även att rapporten ska vara värdefull för de många aktörer som på olika sätt är engagerade i frågor som rör varsam energieffektivisering och kulturhistoriskt byggnadsbestånd.

Energimyndigheten har beställt rapporten från Tor Broström, Professor emeritus vid Institutionen för arkeologi, antik historia och kulturvård på Uppsala universitet. Analys, slutsatser och rekommendationer är författarens egna.

Veronica Eade
Enhetschef enheten för bebyggelse

Författarens förord

År 2005 fick jag ett telefonsamtal från Kenneth Sandin på Energimyndigheten som berättade att dåvarande generaldirektören Thomas Korsfeldt, som också satt i styrelsen för Statens Historiska Museer, hade en vision om att Energimyndigheten borde kunna göra en insats för energieffektivisering i äldre byggnader. Eftersom jag var en av få svenska forskare aktiva inom detta område fick jag chansen att komma med ett inspel till ett forskningsprogram. Här började en nästan 20 år lång resa som mer än nånting annat har format mitt yrkesliv. I början av programmet var jag både forskare och vetenskaplig rådgivare till Energimyndigheten och programrådet men efterhand tog programansvaret över.

Spara och bevara må ha varit en liten del av Energimyndighetens totala forskningsbudget, men för den svenska kulturvårdssektorn har det varit en enastående satsning på kunskap och forskningskapacitet. Vi har kommit långt sen 2005 och det är tack vara alla mina forskarkollegor och de personer på Energimyndigheten jag haft förmånen att få arbeta ihop med.

Det har varit en ära och en utmaning att få skriva denna syntesrapport som inte bara tittar tillbaka utan också tar sats mot framtiden. Det finns så mycket att berätta om den här resan i stort och om varje enskilt projekt men det får jag spara till mina memoarer.

Tor Broström

Innehåll

Författarens förord	2
Sammanfattning	4
1 Inledning	5
1.1 Energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	5
1.2 Programmets uppkomst	6
2 Forskningsprogrammet 2007–2024	8
2.1 Etapp 1: 2007–2010	8
2.2 Etapp 2: 2011–2014	10
2.3 Etapp 3: 2015–2018	11
2.4 Etapp 4: 2019–2024	12
2.5 Forskningsområden	14
2.6 Forskare och forskningsmiljöer	15
2.7 Publikationer	16
2.8 Avslutande kommentar om forskningsprogrammet	16
3 Projektanalys	17
3.1 Byggnaden som system	17
3.2 Tekniska lösningar	21
3.3 Beståndsanalys	25
3.4 Inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	27
3.5 Småhus, fritidshus och ödehus	31
4 Diskussion	33
4.1 Forskningens utveckling 2007–2024	33
4.2 Forskningens utfall	35
4.3 Framåtblick	38
5 Slutsats	41
Bilaga 1. Projektsammanfattningar	42
Bilaga 2. Redovisade publikationer	74

Sammanfattning

Energimyndighetens forskningsprogram för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader, Spara och bevara, avslutades 2024. Denna syntesrapport ger en samlad översikt och analys av programmets utveckling, resultat och arbetssätt, samt belyser erfarenheter och lärdomar som är viktiga för framtida forskningssatsningar inom energi, byggande och kulturmiljö.

Den inledande projektanalysen ger en tematisk sammanfattning och analys av forskningen inom forskningsprogrammet utifrån de resultat och erfarenheter som vuxit fram ur programmets samlade projektportfölj. Ett genomgående resultat är utvecklingen av tekniska lösningar, metoder och beslutsstöd som möjliggör välgrundade avvägningar mellan energieffektivisering, bevarande av kulturhistoriska värden, byggnadsfysikaliska risker och ekonomi. Forskningen har visat att ett tvärvetenskapligt systemperspektiv, där tekniska åtgärder kombineras med livscykelanalyser och riskbedömningar, är avgörande för att uppnå varsamma och långsiktigt hållbara lösningar.

Forskningen om inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader har bidragit till ett betydande kunskapslyft kring hur energianvändning, komfort och bevarandekrav kan balanseras i byggnader med begränsade möjligheter till ingrepp i klimatskalet. Spara och bevara har bidragit till att etablera bestående tvärvetenskapliga grupperingar inom området. Forskningsprogrammet har involverat ett sextiotal seniora forskare, ett tjugotal doktorander och ett tjugotal experter. Sammantaget visar projektanalysen att Spara och bevara inte bara har genererat ny kunskap, utan även etablerat arbetssätt, verktyg och forskningsmiljöer som stärker förutsättningarna för att omsätta forskningsresultat i praktisk tillämpning.

Rapportens diskussion tar upp forskningsprogrammets utveckling, resultat och framtida behov i ett övergripande perspektiv. Programmet har spelat en avgörande roll i etableringen av ett nytt tvärvetenskapligt forskningsområde i skärningspunkten mellan kulturvård och energiteknik. Från ett initialt begränsat kunskapsläge har området utvecklats till ett erkänt och internationellt uppmärksammat forskningsfält med tydlig förankring i praktiska behov.

Diskussionen belyser centrala utvecklingstrender, såsom förskjutningen från kyrkor, slott och andra monumentala byggnader till bredare byggnadsbestånd, från enskilda byggnader till bebyggelseperspektiv samt mot ökad tvärvetenskap och praktisk tillämpning. Vidare diskuteras programmets utfall i form av uppbyggnad av forskningsmiljöer, nationell nytta och internationell excellens, liksom hur forskningsresultat har förmedlats till yrkesverksamma och myndigheter.

Avslutningsvis riktas blicken framåt mot de utmaningar och möjligheter som präglar forskningsområdet. Det finns ett behov av fortsatt forskning, kunskapssammanställning, stärkt implementering, ökad internationell samverkan samt en tydligare roll för humaniora och samhällsvetenskap.

Sammantaget utgör Spara och bevara ett tydligt exempel på hur ett forskningsprogram kan fungera som strategiskt verktyg för att utveckla ett nytt forskningsfält, överbrygga målkonflikter och skapa långsiktiga strukturer för kunskapsutveckling i samhällsrelevanta frågor.

1 Inledning

Med anledning av att forskningsprogrammet Spara och bevara avslutades 2024 vill Energimyndigheten genom denna syntesrapport få en översikt över den forskning som bedrivits i programmet samt vilka resultat som har uppnåtts. Rapporten ska dels kunna fungera som ett internt underlag inom myndigheten för beslut om framtida forsknings-satsningar, dels är det ett sätt att sammanfatta lärdomar från forskningsprogrammet inför en bredare läsarkrets. Rapporten utgör inte enbart en sammanfattning av genomförd forskning, utan även en analys av hur ett tvärvetenskapligt forskningsfält har etablerats, utvecklats och breddats över tid – och vilka implikationer detta har för framtida forskningssatsningar inom energi, byggande och kulturmiljö.

Syntesrapporten bygger på dokument från Energimyndigheten, projektansökningar och projektrapporter. För den första etappen finns en del luckor i och med att all dokumentation inte finns kvar i arkiven. Några projekt i den sista etappen hade inte slutredovisats då rapporten sammanställdes.

Rapporten är avgränsad till området ”energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader”. Även om det inte uttryckligen sägs i varje del av texten så är det alltid underförstått.

Begreppet ”energieffektivisering” används i denna rapport i en vid mening omfattande inte bara åtgärder som minskar energibehovet utan även förnybara energikällor som minskar koldioxidavtrycket. I programbeskrivningen för den sista etappen infördes begreppet ”effektivare energianvändning” som ett bredare begrepp.

I Sverige anses en byggnad vara kulturhistoriskt värdefull om den har historiska, kulturhistoriska, miljömässiga eller konstnärliga värden. Programmet täcker in ett brett spektrum av byggnader där de kulturhistoriska värdena kräver särskilda hänsyn – allt från medeltida kyrkor och slott till miljonprogrammet.

1.1 Energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Forskningen om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader syftar till att hitta en hållbar balans mellan två mål som ibland står i motsats till varandra. Det är å ena sidan energi- och klimatmål som ofta är kvantifierade och tidsatta. Å andra sidan är det en mer kvalitativ, men lika viktig, strävan att bevara det byggda kulturarvet till kommande generationer.

Byggnader står för en stor andel av samhällets energianvändning och koldioxidavtryck och de politiska målen höjs successivt. Omställningen handlar inte bara om nyproduktion. Det befintliga byggnadsbeståndet står inför en omfattande energiomställning mot lägre energianvändning och en större andel förnybar energi. I denna omställning behöver kulturhistoriska värden beaktas, dels utifrån gällande lagstiftning, dels utifrån samhällets förväntningar på bevarande. Landets cirka 3 500 byggnadsminnen skyddas enligt kulturmiljölagen (KML), där det vanligtvis framgår tydligt vilka förändringar som inte är tillåtna. Plan- och bygglagen (PBL) anger att *alla* byggnader ska hanteras varsamt och att särskilt värdefulla byggnader inte får förvanskas.

Forskningen behandlar ett brett spektrum av byggnader, från äldre monumentala byggnader till miljonprogrammet. För en strategisk analys kan en grov uppdelning i två grupper vara användbar:

Byggnader uppförda före 1900 har generellt stora kulturhistoriska värden och – med dagens mått mätt – låg energiprestanda, men de står för en relativt liten andel av sektorns energianvändning. I dessa fall står bevarandet i första rummet, och utmaningen kan sammanfattas som ”energieffektivt bevarande”.

Det moderna byggnadsbeståndet, från 1900 och framåt, står för en överväldigande del av sektorns energianvändning. För att nå de nationella energi- och klimatmålen måste energianvändningen minska avsevärt. Här kan utmaningen beskrivas som ”varsam energieffektivisering”.

Erfarenheterna från tidigare energispar kampanjer, framför allt efter oljekrisen 1973, visar hur byggnaders kulturhistoriska värden kan påverkas negativt till följd av bland annat fasadisoleringar och fönsterbyten. Installationer för värme och ventilation kan påverka byggnadens värden invändigt och dessutom skada byggnadsstommen. Felaktigt utförda energieffektiviseringsåtgärder kan påverka byggnadens fuktbalans vilket i en del fall orsakat skador på byggnaden och problem med inneklimatet.

Målen för energieffektivitet i byggnader behöver inte stå i motsats till god byggnadsvård förutsatt att det finns kunskap både på den tekniska och antikvariska sidan. Genomtänkta och varsamma åtgärder för energieffektivisering bidrar inte bara till att sänka energiförbrukningen och energikostnaderna utan även till byggnadernas bevarande på lång sikt. Varsam energieffektivisering handlar inte bara om att göra rätt saker i en enskild byggnad, utan det krävs också ett beståndsperspektiv för att kunna prioritera rätt åtgärder i rätt byggnader.

1.2 Programmets uppkomst

År 1981 gav Riksantikvarieämbetet ut häftet Spara och bevara – Råd och riktlinjer för energisparande i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. Det var en reaktion på ovarsamma energieffektiviseringsåtgärder efter oljekrisen och vände sig till fastighetsägare med budskapet att varsam energieffektivisering är möjlig med rätt kunskap och planering. Trots detta levde en skepsis mot energieffektivisering kvar inom byggnadsvården långt in på 2000-talet. I början av 2000-talet fanns en medvetenhet om utmaningarna, men begränsad kunskap om verkningfulla lösningar, vilket både kunde leda till överdriven försiktighet och till felaktiga åtgärder.

Så länge kyrkor har värmts upp har energifrågan varit viktig för komfort, tekniska lösningar och ekonomi. Efter oljekrisen inleddes ett nytt skede i kyrkorna med ökade uppvärmningskostnader minskat nyttjande och minskad uppvärmning. Under 1990-talet väckte Riksantikvarieämbetet frågan om hur uppvärmning av kyrkor kan utformas med hänsyn till komfort, bevarande och kostnader.

Med stigande energipriser och ambitiösa krav på inneklimatet hamnade uppvärmning och klimatstyrning i fokus för många museala byggnader där inneklimatet styrdes inte bara av komfort utan minst lika mycket med hänsyn till bevarandekrav.

Flera faktorer hade avgörande betydelse för forskningsprogrammets uppkomst:

- Ett engagemang från nationella behovsägare som Riksantikvarieämbetet, Svenska kyrkan och Fastighetsverket.

- Den dåvarande generaldirektören för Energimyndigheten Thomas Korsfeldt såg en möjlighet att inte bara tillföra modern teknik till historiska byggnader utan också att byggbranschen i stort skulle kunna lära sig något från de äldre byggnaderna.
- Det fanns redan en mindre grupp forskare med erfarenhet av energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Under 2005 påbörjades en diskussion om och hur Energimyndigheten skulle kunna ge stöd till ett nytt forskningsområde. På Energimyndighetens årliga konferens detta år fanns en session om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med bidrag från bland annat Riksantikvarieämbetet, Boverket och Fastighetsverket. Året därpå tog Energimyndigheten beslut om ett nytt forskningsprogram med start 2007.

2 Forskningsprogrammet 2007–2024

Forskningsprogrammet Spara och bevara startade 2007 och avslutades 2024. Programmet omfattade fyra etapper, 70 projekt och en total budget på 170 miljoner kronor (se vidare i tabell 1). I detta kapitel sammanfattas först respektive etapp utifrån programbeskrivningar och genomförda utvärderingar. Därefter följer en sammanställning av forskningsområden, forskare och forskningsmiljöer samt publikationer.

Tabell 1. Forskningsprogrammets fyra etapper.

Etapp	Tidsperiod	Budget	Antal projekt
Etapp I	2007–2010	40 Mkr	16
Etapp II	2011–2014	40 Mkr	14
Etapp III	2015–2018	40 Mkr	14
Etapp IV	2019–2024	50 Mkr	26

2.1 Etapp 1: 2007–2010

Programmets vision i den första etappen var att:

- Förverkliga den potential för energieffektivisering som finns i kulturhistoriskt värdefulla byggnader på ett varsamt sätt utan att byggnadernas värden förstörs eller förvanskas.
- Det skulle finnas kompetens, kunskap och beprövade lösningar för att kunna integrera energieffektivisering i vård och underhåll av kulturhistoriskt värdefulla byggnader.
- Sverige skulle bli ledande inom Europa vad gäller tjänster och produkter inom detta område.

Avgränsningen av programmet hade diskuterats mycket och det landade i denna formulering: ”Den typ av byggnader som har en särskild problematik som skiljer dem från fastighetsbeståndet i stort, de har sådan värden och tekniska egenskaper att energisparandet kräver särskilda överväganden och åtgärder. Programmet fokuserar på äldre byggnader med tydliga och stora kulturhistoriska värden”.

Den tilltänkta forskningen beskrevs som tillämpad och tvärvetenskaplig. Särskilt utpekade forskningsområden var:

- Omvärldsanalys
- Varsamma strategier och tekniska lösningar för uppvärmning och klimatstyrning
- Integration av energi- och inneklimatfrågor i den antikvariska processen
- Energieffektivisering genom förbättring av klimatskalet
- Metoder för energideklaration för kulturhistoriskt värdefulla byggnader
- Pilot- och demonstrationsprojekt.

I den första etappen beviljade medel till 16 projekt, se tabell 2 nedan.

Tabell 2. Projekt i etapp 1.

Titel	Projekt-nr	Beviljat	Mottagare
Uppföljning och utvärdering av kyrkvärme baserat på flytande biobränsle	P30549 -1	300 000	Högskolan i Kalmar
Energieffektivisering i äldre kyrkobyggnader med hänsyn till kulturhistoriska värden	P30607-1	243 000	Husby-Rekarne och Nähulta församlingar
Information och kunskapsdatabas för FoU programmet Spara och bevara – Energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P30608-1	2 565 000	Högskolan på Gotland
Kontroll och styrning av inomhusklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av trådlösa system	P30609-1	4 954 000	Linköpings Universitet Högskolan på Gotland
Energieffektivisering i kulturhistoriska miljöer i Luleå stift	P30802-1	1 900 000	Högskolan på Gotland
Energieffektivisering för bevarande av modernismens byggnader i stadsmiljö	P30904-1	500 000	Lunds Universitet
Varsam energihushållning i kyrkor: ventilations-, klimatstyrnings- och försmutsningsaspekter	P30925-1	5 041 000	Högskolan i Gävle
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning	P30923-1	9 800 000	Högskolan på Gotland
Energisystemanalys av kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P31669-1	2 000 000	Linköpings Universitet
En beslutsmodell för hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P31704-1	1 815 000	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB
Centrum för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader I	P31740-1	3 500 000	Högskolan på Gotland
Energieffektivisering och bevarande i vårt kulturarv – EEPOCH II	P31974-1	1 800 000	Chalmers Tekniska Högskola
Mögelangrepp i kyrkobyggnader förstudie	P32443-1	1 012 567	Göteborgs universitet
Solenergi för el och värme i kulturhistoriska värdefulla byggnader	P32605-1	398 000	Högskolan i Dalarna
Tryckpulsmetoden – ny metod för mätning av lufttätheten hos kulturhistoriska byggnader	P32606-1	942 000	Högskolan i Gävle
Antikvarisk kompetens till Spara och bevara	P32200-1	1 130 000	Riksantikvarieämbetet

Slutsatserna från utvärderingen för den första etappen av programmet var att programmet bör fortsätta, området framhölls som viktigt och att det interdisciplinära samarbetet och den etablerade centrumbildningen bör vidareutvecklas.

Utvärderarna ansåg att forskningen var viktig och högaktuell: ”Kulturhistoriskt värdefulla byggnader bör energieffektiviseras av hänsyn till den klimatbelastning som energianvändningen medför, för att förbättra förutsättningarna att skapa bättre inneklimat och för att långsiktigt göra besparingar genom lägre driftskostnader”. De föreslog en fortsatt och långsiktig satsning med betoning på tvärvetenskaplig forskning för att bygga en kunskapsbas samt en breddning av programmet, vad gäller typ av byggnader, fokus på metodutveckling och färre forskningsområden.

2.2 Etapp 2: 2011–2014

Den andra etappen utgick från samma vision som den första, men med ett tillägg som markerade en breddning: Att koppla samman forskning och utveckling inom programområdet med FoU om energieffektivisering i allmänhet;

I förhållande till den föregående etappen lyfte programbeskrivningen fram några nya områden:

- Att förena ny och beprövad teknik för att kunna vidta åtgärder för energieffektivisering eller att nyttja förnybar energi på ett för byggnaden hållbart och varsamt sätt.
- Integrering av forskningsresultaten i byggnadsvård, förvaltning och underhåll genom generellt tillämpbara metoder och praktiska lösningar samt underlag till riktlinjer och policies.
- Förmedling av kunskap och know-how till avnämarna.

I den andra etappen beviljades medel till 14 projekt se tabell 3 nedan.

Tabell 3. Projekt i etapp 2.

Titel	Projekt-nr	Beviljat	Mottagare
Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat I	P36957-1	1 366 000	Luleå Tekniska universitet
Energieffektivisering och bevarande i vårt kulturarv – EEPOCH II	P31974-2	3 183 000	Chalmers tekniska högskola
Potential och policies för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945 I-a	P34983-1	3 750 000	Högskolan på Gotland, Linköpings Universitet
Ett historiskt perspektiv på energieffektivisering i byggnader	P34984-1	1 990 000	Högskolan på Gotland/ Uppsala universitet
Energieffektiva åtgärder mot mögelproblem i kyrkor och andra kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P35900-1	870 715	Göteborgs universitet
Energisystemanalys av kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P31669-1	2 000 000	Linköpings universitet
Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945	P35103-1	3 200 000	Research Institutes of Sweden
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning – utarbetande av klimatkriterier	P35071-1	3 127 461	Göteborgs universitet
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning: Simulering av värme och fukt i kulturhistoriska byggnader	P35070-1	4 293 000	Kungliga Tekniska högskolan
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning I	P30923-4	4 840 000	Uppsala universitet, Kungliga Tekniska högskolan, Göteborgs universitet
Energibesparing i kyrkor: Luftläckage-, nedsmutnings- och klimatmätningar	P34964-1	5 303 000	Högskolan i Gävle
Energibesparande åtgärder på fönster i byggnader med stort kulturvärde	P34961-1	365 000	Sustainable Innovation i Sverige
Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader	P36036-1	3 988 600	Lunds universitet
Potential och policies för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945 I-b	P35103-1	3 200 000	Research Institutes of Sweden

Utvärderarna bedömde att forskningen överlag höll hög vetenskaplig kvalitet och i stor utsträckning bidrog till den internationella forskningsfronten. Programmet bedömdes stödja FoU vid universitet och högskolor och främja uppbyggnaden av nya tvärvetenskapliga miljöer. Utvärderarna rekommenderade en tredje etapp och föreslog inför den satsningar på forskningskommunikation och implementering, fokus på större bestånd av bevarandevärda byggnader, klimatförändringars effekter, ekonomiska aspekter samt beslutsprocesser.

2.3 Etapp 3: 2015–2018

Den tredje etappen byggde vidare på tidigare mål och visioner, men breddade forskningsområdet mot större bestånd av något modernare byggnader – både bostäder och lokaler – med betydande kulturhistoriska värden. Resultatförmedling till avnämare skulle stärkas genom en utförlig kommunikationsplan.

I den tredje etappen beviljades medel till 14 projekt, se tabell 4.

Tabell 4. Projekt i etapp 3.

Titel	Projekt-nr	Beviljat	Mottagare
Potential och policies för energieffektivisering i stora bestånd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader II – antikvariska aspekter	P41321-1	3 917 000	Uppsala universitet, Linköpings universitet
Byggnadsantikvarisk solkartering: Potential för sol-elproduktion i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse	P45891-1	1 014 891	Uppsala universitet
Energieffektivisering av äldre fönster	P43985-1	1 279 691	Högskolan i Gävle
Från forskning till praktik: en utvärdering av två europeiska standarder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P43982-1	1 192 195	Uppsala universitet
Om-renovering: Helhetsperspektiv på energieffektivitet, kulturvård, bruk och förvaltning när flerfamiljshus skall renoveras för andra gången	P40461-1	3 895 000	Chalmers tekniska högskola
En granskning av tidigare styrmedel för energieffektivisering i byggnader och deras effekter på energianvändning och kulturhistoriska värden 1974–2014	P40417-1	3 039 036	Uppsala universitet
Ventilationsåtgärder i kulturbyggnader	P40453-1	1 713 800	Statens fastighetsverk, Sustainable Innovation, Lunds universitet
Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader II	P36036-2	3 958 635	Lunds universitet
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning II	P41293-1	3 151 700	Uppsala universitet, Kungliga Tekniska Högskolan, Göteborgs universitet
Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampa-kalk	P42308-1	2 990 830	Lunds universitet
Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat II	P36957-3	2 988 271	Luleå tekniska universitet
Luftomsättning i kulturhistoriska byggnader med självdrags- och hybridsystem	P42309-1	1 093 200	Lunds universitet
Potential och policies för energieffektivisering i stora bestånd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader II – Energisystemanalys	P31669-3	3 890 036	Linköpings universitet

Utvärderingsrapporten för den tredje etappen hade rubriken ”Försvara Spara och bevara”. Utvärderarna bedömde att programmet är nationellt angeläget och har internationell lyskraft. De konstaterade också att programmet har skapat nya forskningssamarbeten och befäst ett tvärvetenskapligt forskningsfält. De rekommenderade att Energimyndigheten säkerställer att de samverkande forskningsmiljöer som byggts upp kan bibehållas. Inför framtida satsningar formulerade utvärderarna bland annat följande diskussionsfrågor:

- Kan användningen och nyttiggörande av forskningsresultaten kunna hanteras av andra forskare eller inom ramen för andra satsningar som Energimyndigheten finansierar?
- Programmet har gradvis breddats mot större bestånd av modernare byggnader. Kan detta hanteras utan att de tvärvetenskapliga akademiska miljöerna blir underkritiska eller att programmet förlorar sin tydliga profil?

2.4 Etapp 4: 2019–2024

Den fjärde etappens mål och visioner präglas av kontinuitet med föregående etapper.

Nyheter var:

- En ytterligare breddning mot renovering.
- Förvaltning och underhåll.
- Beslutsprocesser.
- Brukarperspektiv.
- Policyrelevant forskning kring styrmedel och regelverk.

Programmet avslutades 2024. Någon extern utvärdering av den fjärde etappen har inte gjorts.

I den fjärde etappen beviljades medel till 25 projekt, se tabell 5.

Tabell 5. Projekt i Etapp 4.

Titel	Projekt-nr	Beviljat	Mottagare
Varsam energieffektivisering av 1900-talets villabebyggelse	P2020-90056	3 873 278	Uppsala universitet
Fuktbuffring och värmeegenskaper av ytmaterial för ett stabilt inomhusklimat i museer	P2020-90048	842 000	Lunds universitet
Att hantera förändringar i historiska byggnader – en systemdynamisk strategi för att förstå relationen mellan energieffektivisering och kulturvärden	P2020-90242	3 700 270	Uppsala universitet, University College London
Rätt kombination av energi- och effektåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	P50048-1	1 374 461	Lunds universitet, Uppsala universitet
Pro.Per.Her – Prosumenter perspektiv i kulturarvsdistrikt	P2020-90047	2 991 356	Luleå tekniska universitet
Värdering av åtgärder för energieffektivisering och förbättrat inomhusklimat i 1970-talets kulturmiljöer	P2020-90049	3 206 025	Luleå tekniska universitet
Smart styrning: nya metoder för klimatstyrning och konsekvensbedömningar	P2019-90218	4 020 427	Uppsala universitet
Energieffektivitet och kulturvärden i bostäder. Hur väl fungerar styrmedlen på lokal nivå?	P2019-90216	3 442 531	Uppsala universitet, Chalmers Tekniska högskola

Titel	Projekt-nr	Beviljat	Mottagare
Förbättrad bedömning av vindpåverkad luftinfiltration i historiska byggnader	P2019-90220	2 789 000	Kungliga Tekniska Högskolan
Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera? Energianvändning i hela livscykeln	P50044-1	2 450 716	Lunds universitet
Inventering av arbetsmetodik vid simulering av kulturhistoriska byggnader i praktiken	P2019-90217	852 000	Kungliga Tekniska Högskolan
Uppföljning av hempakalk som tilläggs-isoleringsmaterial för historiska byggnader	P2019-90005	1 322 000	Lunds universitet
Livscykelbedömningar för hållbart underhåll och renovering av det byggda kulturarvet	P2019-90219	2 923 685	Luleå tekniska universitet
Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader – Implementering	P2019-90001	2 757 157	Lunds Tekniska Högskola
Konsekvensbedömning av energi-effektiviseringsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla småhus	P2022-00223	2 784 488	Uppsala universitet
Arvet efter Varvet – fönstrens viktiga roll vid bevarande av Kockums kulturvärde, minskat energibehov och god inomhuskomfort	P2022-00200	2 947 755	Lunds universitet
HERITWINS. Digitala tvillingar för cirkularitet av byggnadsdelar inom byggnadsvården	P2022-00222	1 642 390	Luleå tekniska universitet
Goda exempel på praktiska åtgärder för god luftkvalitet, minimerat värmebehov & rätt fuktförhållande i svenska kyrkor – Uppföljning och analys	P2022-00213	1 985 588	Lunds universitet
Energieffektiviserings- och klimatomställnings-åtgärder med bevarade kulturvärden för medeltida kyrkors takkonstruktioner av trä	P2022-00210	2 010 102	Research Institutes of Sweden
Energieffektivisering och varsam renovering av fritidshus	P2022-00125	2 471 041	Lunds universitet, Uppsala universitet
Renoveringspraktiker i ödehus: Bättre förutsättningar för varsam energieffektivisering	P2022-00191	2 174 210	Uppsala universitet
Databas med goda exempel på varsam energieffektivisering – en genomförbarhetsstudie	P2022-00214	700 612	Uppsala universitet
Kyrkor som flexibel resurs i framtidens elsystem	P2022-00221	2 486 637	Karlstads Stift, Uppsala universitet
AI-tillämpningar för energilagring i kulturhistoriska byggnader	P2022-00195	1 988 131	Högskolan i Gävle
Digitaliseringsramverk för energioptimering och smart underhåll av historiska byggnader	P2019-90073	5 013 791	Linköpings universitet, Uppsala universitet

2.5 Forskningsområden

För att få en överblick av forskningens innehåll och utveckling över de fyra etapperna har projekten kategoriserats, se tabell 6. Observera att ett projekt kan tillhöra flera kategorier.

Tabell 6. Antal projekt fördelat på kategorier och etapper.

Kategorier		Etapp 1	Etapp 2	Etapp 3	Etapp 4	Summa
Ämnesområde	Hum/Sam	8	7	8	10	33
	Teknik	16	14	11	22	63
Byggnadstyp	Kyrkor	9	6	1	4	20
	Byggnadsminnen (KML)	5	7	5	0	17
	Övriga (PBL)	5	5	6	8	24
	Villor	0	0	0	2	2
	Fritidshus	0	0	0	2	2
	Bestånd av byggnader	1	2	4	3	10
	Typ av åtgärd	Inneklimat	8	6	0	3
	Isolering	1	1	2	3	7
	Fönster	0	1	1	1	3
	Tillförsel	2	1	1	2	6
	Solenergi	1	0	1	1	3
	Ventilation	1	1	2	1	5
Metodutveckling	Energisystem	1	2	1	3	7
	LCA	0	0	0	3	3
	Byggnadsfysik	2	4	5	6	17
	Antikvarisk	6	4	6	4	20
Styrmedel	Beslutsstöd	4	5	8	9	26
	Juridik					0
	Kommunala styrmedel	1	1	3	1	6

Genomgående i alla etapper har cirka 2/3 av projekten en tyngdpunkt kring teknik och cirka 1/3 inom humaniora eller samhällsvetenskap. Tvärvetenskaplig samverkan har redan från den första etappen efterlysts i programbeskrivningarna. I några projekt har genuint tvärvetenskaplig forskning bedrivits, medan samarbetet i de flesta fall har bestått av parallellt arbete mellan forskare med olika kompetenser.

Vad gäller byggnadstyp så dominerades den första etappen av monumentala byggnader med stora och tydliga kulturhistoriska värden, t ex kyrkor och slott, vilken också var en utgångspunkt för programmets uppkomst. Därefter har programbeskrivningarna och forskningen gradvis rört sig mot utmaningar i bredare bestånd av kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. Denna utveckling innebär också en förflyttning från KML till PBL som underliggande lagstiftning.

En annan tydlig utveckling är utvidgningen av forskningens systemgräns från den enskilda byggnaden till analys av stora byggnadsbestånd av byggnader på lokal och regional nivå.

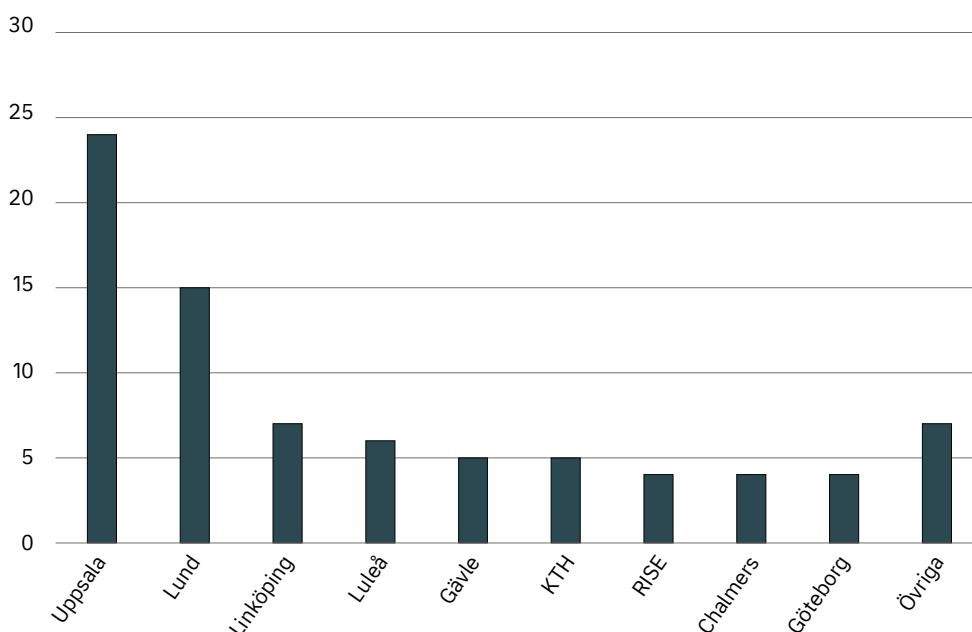
Villor, som länge varit en relativt förbisedd kategori i forskningen, har uppmärksammats i några projekt. Fritidshus innebär särskilda utmaningar, inte minst på grund av intermittent användning. Det skapar kopplingar till tidigare projekt om klimatstyrning i kyrkor, slott och andra byggnader med periodvis nyttjande.

De allra flesta projekt har på olika sätt hanterat energieffektiviseringsåtgärder. Kategoriseringen utifrån typ av åtgärd har utgått från de projekt som faktiskt har utvecklat och undersökt specifika tekniska åtgärder. Det dominerande området, framför allt under de första etapperna är styrning av inneklimat, i byggnader där inneklimat måste anpassas efter bevarande såväl som komfort. Detta var en lågt hängande frukt, där betydande förbättringar av inneklimat och energiprestanda kunde uppnås med små medel och utan inverkan på själva byggnaden. Byggnaders klimatskal, med isolering och fönsteråtgärder, har behandlats i ett tiotal projekt. Effektivisering av energitillförsel, som ett alternativ eller komplement till åtgärder på själva byggnaden har varit föremål för forskning i ett tiotal projekt.

Nästan hälften av projekten har på olika sätt arbetat med olika former av beslutsstöd som ett sätt göra forskningen tillgänglig och praktiskt användbar. Styrmedel på kommunal nivå har behandlats i tre projekt medan juridiska aspekter i begränsad utsträckning har behandlats inom programmet.

2.6 Forskare och forskningsmiljöer

Totalt har tio lärosäten beviljats medel inom forskningsprogrammet, övriga medelsmottagare har varit RISE, Sustainable Innovation och Svenska kyrkan. En fördelning av antal projekt fördelat på medelsmottagare visas i figur 1. Forskningsprogrammet har involverat ett sextiotal seniora forskare, ett tjugotal doktorander och ett tjugotal experter.



Figur 1. Antal projekt per projektägare. (Under Uppsala universitet inräknas Högskolan på Gotland).

2.7 Publikationer

Sammanställningen av publikationer utgår från vad som redovisats i de slutrapporter som lämnats in till Energimyndigheten. Här finns ett mörkertal, dels genom publicering efter att projekten avslutats, dels genom att planerade publiceringar inte blivit av.

Forskningsprojekten har resulterat i ett femtiotal artiklar i internationella vetenskapliga tidskrifter, ett sextiotal konferensbidrag samt 12 avhandlingar där *Spara och bevara* har varit huvudsaklig finansiär. Därutöver redovisas bidrag till antologier och två handböcker. De flesta projekt har också bidragit med populärvetenskapliga artiklar i svenska facktidskrifter. Ett stort antal examensarbeten har tillkommit, vilket både stärker den vetenskapliga produktionen och visar att studenter har varit aktivt involverade. Under de två senare etapperna har slutrapporterna i högre grad utformats som handboksliknande texter riktade till potentiella avnämare.

Internationellt har forskningen inom Spara och bevara bidragit till utvecklingen av europeiska riktlinjer:

- Riktlinjer för uppvärmning av kyrkor.
- Riktlinjer för förbättring av energiprestandan i historiska byggnader.

2.8 Avslutande kommentar om forskningsprogrammet

Forskningsprogrammet Spara och bevara har under perioden 2007–2024 byggt upp ett tvärvetenskapligt forskningsfält i skärningspunkten mellan energieffektivisering och bevarande av byggnaders kulturhistoriska värden. Det här kapitlet har kvantitativt beskrivit hur forskningen har utvecklats över tid vad gäller forskningsområden och metoder samt utfall i form av publikationer och forskningskapacitet. I nästa kapitel görs en mer ingående tematisk analys av forskningen.

3 Projektanalys

Detta kapitel ger en tematisk sammanfattning och analys av den forskning som bedrivits inom forskningsprogrammet Spara och bevara. Kapitlet är indelat i fem temaområden vilka avser att spegla den forskning som faktiskt utförts, snarare än de mer övergripande forsknings- och innovationsområden som angetts i programbeskrivningarna. Temaområdena är:

1. Byggnaden som system
2. Tekniska lösningar
3. Beståndsanalys
4. Inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader
5. Villor, fritidshus och ödehus

Flera forskningsprojekt har haft ett brett angreppssätt och redovisas därför inom mer än ett tema.

Varje tema inleds med en beskrivning av forskningsområdet och en bakgrund. Därefter kommer en översiktlig sammanfattning av resultaten. Den avslutande diskussionen sätter in resultaten i ett sammanhang, tar upp forskningens genomslag och ger förslag till fortsatt forskning.

Syftet med detta kapitel är att ge en överskådlig och sammanhållen bild av forskningen och dess resultat. Sammanfattningar och fullständiga slutrapporter för de flesta projekt finns tillgängliga i Energimyndighetens projektdatabas: Projektdatabas¹.

3.1 Byggnaden som system

Detta avsnitt tar upp forskning vilken har ett systematiskt helhetsgrepp på den enskilda byggnaden med varsamma åtgärder som inte bara minskar värmeförlusterna utan även ser till energitillförseln.

Vid programmets start var ”Byggnaden som system” ett etablerat område i såväl vetenskap som praktik. Däremot saknades kunskap och metoder för att integrera byggnaders kulturhistoriska värden i befintliga tekno-ekonomiska beslutsprocesser. En oförmåga att se och förstå helheten vid energireoveringar av byggnader med kulturhistoriska värden ledde dels till ovarsamma lösningar dels till att effektiviseringsåtgärder inte utfördes utifrån en vag känsla att det kunde bli fel.

Under 1990-talet slog livscykelvärdetänkanget igenom i byggsektorn och det anammades också inom byggnadsvården. Redan från början av forskningsprogrammet betonades vikten av ett livscykelperspektiv eftersom det saknades kunskap och verktyg för att genomföra relevanta analyser av byggnader med kulturhistoriska värden.

Den forskning som beskrivs i detta avsnitt har huvudsakligen varit inriktad på metodutveckling och beslutstöd ofta med utgångspunkt från fallstudier. Utveckling och utvärdering av enskilda tekniska lösningar beskrivs under en egen rubrik.

¹ Sök på projektnummer som finns att hämta i tabeller längre fram i detta kapitel

3.1.1 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultat från 12 projekt som i tvärvetenskapliga konstellationer har bidragit till att utveckla metoder och beslutsstöd. Resultatredovisningen är indelad i tre områden: Metodutveckling, livscykelanalys och tillämpningsområden.

Metodutveckling

Sammantaget har forskningen resulterat i metoder som gör det möjligt att integrera en teknisk-ekonomisk bedömning med riskbedömningar avseende kulturhistoriska värden samt byggnadsfysikaliska risker. Genom att ställa olika alternativa lösningar eller scenarier mot varandra får man en kvantifierad konsekvensbeskrivning som visar hur energisparande och bevarandet av kulturhistoriska värden förhåller sig till varandra. Som ett resultat finns det nu kunskap och metoder för att kunna ta ett helhetsgrepp på varsam energieffektivisering av byggnader med kulturhistoriska värden. Här följer några konkreta exempel på metoder anpassade för byggnader med kulturhistoriska värden som utvecklats inom Spara och bevara:

- Konkretisering av kulturhistoriska värden så att de kan användas som underlag för i en teknoekonomisk bedömning.
- Bedömning av energibesparingspotential utifrån kulturhistoriska värden och optimering av livscykelkostnad för åtgärder.
- Arbetsmodell för att bedöma åtgärder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.
- Riskbedömning av åtgärder med hänsyn till byggnadsbiologiska och byggnadsfysikaliska faktorer.

Livscykelanalys

Livscykelperspektivet har lyfts fram i programbeskrivningarna för samtliga etapper. Forskningen inom Spara och bevara har visat på möjligheter att använda livscykelanalyser (LCA) för utvalda byggnader och byggnadskomponenter t ex:

- Livscykeloptimering av åtgärds paket vid energirenovering.
- Livscykelanalyser avseende olika underhålls- och renoveringsstrategier med hänsyn till kulturhistoriska värden, energianvändning och koldioxidavtryck.
- Metoder för att underlätta återanvändning av komponenter, t ex dörrar och fönster, med hjälp av digitala tvillingar.
- Livscykelanalyser för fönster.

Fallstudier

I de flesta ovannämnda projekt har metodutvecklingen varit i fokus, men fallstudier har också gett överförbar kunskap om energieffektivisering i olika typer av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Resultaten för de olika fallstudierna identifierar lönsamma och varsamma åtgärder vilket ger ny kunskap och inspiration till fastighetsägare, förvaltare, konsulter och byggföretag. Några exempel på fallstudier:

- Träbyggnader i kallt klimat.
- 1970-talets flerbostadshusområden.
- Flerfamiljshus som står inför ”omrenovering”, det vill säga en andra omgång av energirenoveringar.

Beslutsstöd

Utifrån den grundläggande metodutvecklingen har flera olika former av användaranpassat beslutsstöd utvecklats. Det har medfört ett trendskifte inom hanteringen av byggnader med kulturhistoriska värden där utgångspunkten är en strukturerad och tvärfacklig beslutsprocess som leder fram till ett åtgärds paket anpassat för byggnaden ifråga, snarare än en regelstyrd process med ett förväntat resultat.

Forskare inom Spara och bevara har gett avgörande bidrag till utvecklingen av den europeiska standarden: EN 16883 ”Riktlinjer för förbättring av energiprestandan i historiska byggnader”. Riktlinjerna beskriver ett systematiskt arbetssätt som gör det möjligt att komma fram till en lösning anpassad för varje enskild byggnad. Standarden och dess användbarhet har utvärderats i ett särskilt projekt.

Handboken *Bruka, bevara och energieffektivisera* (SKR 2017) var resultatet av ett samarbete mellan forskare från olika projekt i programmet och ger en svensk anpassning av den europeiska standarden med inriktning mot offentliga lokaler.

Ett verktyg för beslutsstöd i form av en interaktiv PDF-fil har utvecklats för privatpersoner och ägare av mindre fastigheter. Verktyget är tänkt att användas tidigt i renoveringsprocessen där användaren får stöd i en bedömning, utifrån det egna husets förutsättningar, av hur olika energieffektiviseringsåtgärder påverkar energibehov, kulturhistoriska värden, fuktsäkerhet och ekonomi.

Den s.k. KuReRa-metoden ger ett strukturerat verktyg för riskbedömning av åtgärder för effektivare energianvändning i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. KuReRa är fritt tillgänglig för yrkespersoner branschen.

Goda exempel, eller ”best practice”, på varsam energieffektivisering har ett stort pedagogiskt värde och efterfrågas ständigt. En förstudie har undersökt efterfrågan på goda exempel och lyfter fram den internationella databasen HIBERatlas som en resurs med utvecklingspotential.

3.1.2 Diskussion

Inom temat ”Byggnaden som system” har forskningen inom Spara och bevara bidragit till utveckling av metoder och verktyg för beslutsstöd, inte bara nationellt utan även internationellt. I nuläget är det inte brist på kunskap, metoder eller verktyg som är en flaskhals utan det handlar om att det som redan finns ska tillgängliggöras, samordnas och integreras i befintliga processer för planering av renoveringar. Framtida forskning bör inriktas på att anpassa befintliga metoder och riktlinjer samt att undersöka hur de kommer till nytta, snarare än att utveckla helt nya metoder. I andra europeiska länder, t ex Storbritannien och Frankrike, finns det etablerade verktyg som utvecklats och provats för byggnader med kulturhistoriska värden.

Metodutvecklingen inom de ovan beskrivna projekten överlappar till viss del, men det har inom forskningsprogrammet funnits en medveten positionering och samverkan över projektgränserna. Icke desto mindre behövs det en syntes som tar vara på och samordnar det bästa inom respektive projekt. En utgångspunkt i en sån syntes är den europeiska standarden *Riktlinjer för förbättring av energiprestandan i historiska byggnader*, som nu håller på att revideras. Forskning och forskare inom Spara och bevara har redan lagt en grund till standarden som den ser ut idag, men det finns mer att tillföra. Den riskbedömningsmetod som utvecklats vid Lunds universitet skulle, till exempel, kunna infogas som en modul i standarden.

En uppföljande studie visade att de europeiska riktlinjerna inte kommit till användning på bred front, vare sig i Sverige eller övriga Europa. Det behövs en handbok eller instruktion anpassad för svenska användare, inte minst för att positionera riktlinjerna i förhållande till befintliga processer inom bygg och renovering, t ex de som utvecklats inom BeBo och BeLok. Handboken *Bruka, bevara och energieffektivisera* är ett första steg i den riktningen.

De europeiska riktlinjerna är i mångt och mycket utformade utifrån byggnadsminnen och den typ av byggnader vilka PBL beskriver som särskilt värdefulla, något förenklat byggnader byggda före 1920. Givet den stora utmaningen att hantera varsamhetskravet i PBL för byggnader från den senare hälften av 1900-talet behövs nationella riktlinjer anpassade för just detta.

Metodutvecklingsprojekten har i de flesta fall inbegripit enskilda byggnader som fallstudier. Resultaten från fallstudierna har naturligtvis en begränsad överförbarhet, men de skulle kunna tjäna som kunskapskälla och inspiration för de som arbetar med jämförbara byggnader om det fanns en plattform för att göra den kunskapen tillgänglig, t ex en databas med best practice.

3.1.3 Projekt som bidragit till resultaten

Potential och policies för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945:

I ett tvärvetenskapligt samarbete mellan Linköpings universitet (energisystem), RISE (byggnadsfysik) och Uppsala universitet (antikvariska frågor) utvecklades en systematisk metod som integrerar en teknisk-ekonomisk bedömning med riskbedömningar avseende kulturhistoriska värden och byggnadsfysik.

Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader: Lunds universitet har utvecklat en metod, *KuReRa*, för statusbestämning av befintlig byggnad och riskbedömning av åtgärder för effektivare energianvändning i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse.

Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat: Projektet har utvecklat, testat och utvärderat analysmetoder och lösningar särskilt anpassade för kulturhistoriskt värdefulla träbyggnader i kallt klimat.

Rätt kombination av energi- och effektåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader: Projektet utvecklade ett verktyg för beslutstöd riktat till privatpersoner och ägare av mindre fastigheter.

Värdering av åtgärder för energieffektivisering och förbättrat inomhusklimat i 1970-talets kulturmiljöer: Projektet har undersökt och värderat möjliga åtgärder för energi-effektivisering och förbättring av inomhusklimat i 1970-talets flerbostadshusområden.

Om-renovering: Helhetsperspektiv på energieffektivitet, kulturvård, bruk och förvaltning när flerfamiljshus skall renoveras för andra gången: Projektet har undersökt möjligheterna att återskapa estetiska och historiska karaktärsdrag i flerbostadshus som blivit förändrade i samband med tidigare energisparprogram.

Energieffektivisering och bevarande i vårt kulturarv: I en doktorsavhandling presenterades en arbetsmodell för att bedöma åtgärder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Från forskning till praktik: En utvärdering av två europeiska standarder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader: Projektet utvärderade den europeiska standarden EN 16883 ”Riktlinjer för förbättring av energiprestandan i historiska byggnader”.

Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera? Energianvändning i hela livscykeln: I detta projekt analyseras vad som är bäst – om en befintlig byggnad ska rivas och ersättas med en ny energieffektiv eller om den ska renoveras och i så fall hur.

Databas med goda exempel på varsam energieffektivisering – en genomförbarhetsstudie: Projektet syftade till att undersöka hur den internationella databasen HIBERAtlas skulle kunna bli en långsiktig kunskapsresurs för svenska målgrupper.

Livscykelbedömningar för hållbart underhåll och renovering av det byggda kulturarvet: De långsiktiga konsekvenserna av olika underhålls- och renoveringsstrategier på historiska svenska bostadshus avseende kulturella värden, energianvändning och livscykelkoldioxidavtryck har utforskats, jämförts och vägts.

HERITWINS. Digitala tvillingar för cirkularitet av byggnadsdelar inom byggnadsvården: Förstudien syftar till att undersöka potentialen för att förbättra återanvändningen och cirkulariteten av äldre byggnadskomponenter i riktning mot en hållbar förvaltning av kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

3.2 Tekniska lösningar

Detta avsnitt behandlar utveckling och utvärdering av varsamma tekniska lösningar för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Det handlar om åtgärder för att minska värmeförluster genom klimatskalet, ventilation samt styr- och reglerteknik.

3.2.1 Minskade värmeförluster

Fasader på äldre byggnader står för en stor andel av värmeförlusterna och det är naturligt att först se till möjligheterna att minska dessa förluster. Givet erfarenheterna från ovarsamma tilläggsisoleringar efter oljekrisen fanns vid programmets början en stor skepsis mot alla typer av tilläggsisolering. Samtidigt fanns det också en hel del forskning, inte minst internationellt, att utgå från, men den var inte tillgänglig i branschen.

Fönster har en central betydelse för en byggnad, både funktionellt och arkitektoniskt. De berättar om husets historia genom utformning, hantverk och material. Inom Spara och bevara finns det nog ingen fråga som diskuterats så livligt som fönsteråtgärder: Ska man byta ut, komplettera eller bara underhålla? Kunskapsläget i branschen var fragmenterat vilket gjorde att det ofta blev mer tyckande än vetande i såväl den allmänna diskussionen som vid praktisk planering av åtgärder.

Resultat

Det finns ett stort bestånd av byggnader från 1700-tal till 1930-tal, som uppförts av tegel eller med trästomme som putsats. Ett par projekt visar att kalkbruk utblandat med hampafibrer kan ge väsentligt minskade värmeförluster för denna typ av byggnader. Det ger också bättre fuktförhållanden i den bakomliggande konstruktionen.

Forskningen om fönster har inriktats på att utveckla, utvärdera och demonstrera varsamma lösningar för energieffektivisering. En utvärdering av ett tjugotal olika fönsteråtgärder med avseende på energibesparing, inverkan på kulturhistoriska värden samt praktiska aspekter har identifierat varsamma och överförbara lösningar för energieffektivisering av fönster.

Plastfilmer som appliceras på befintliga fönster är en varsam och reversibel åtgärd för att minska värmeförluster. Fönsterfilmer ger ökad komfort och en väsentlig energibesparing, men lönsamheten bedömdes vara tveksam.

En av fallstudierna visar på en överförbar metod för att komplettera befintliga fönster med isolerglas vilket ger ett sänkt energibehov och förbättrat inneklimat utan det yttre kulturvärdet påverkas.

Diskussion

Inom den krets av yrkespersoner som arbetar med byggnadsminnen och de byggnader som enligt PBL anses vara ”särskilt värdefulla” har projektet om hampakalk gett användbar kunskap om en varsam metod för att tilläggsisolera reveterade träbyggnader och tegelbyggnader. Det är för tidigt att säga något om den fått ett praktiskt genomslag. Forskningen har gett ett gediget kunskapsunderlag inom ett ganska smalt område av det svenska byggnadsbeståndet. Den stora nationella utmaningen är om och hur vi kan tilläggsisolera fasader i 1900-talets bebyggelse för att nå upp till energi- och klimatmålen. Inom detta område är den tekniska forskningen en nödvändig, men inte tillräcklig förutsättning. Det krävs också forskning med juridiskt, antikvariskt och arkitektoniskt perspektiv.

Forskningen om fönster har systematiskt identifierat varsamma lösningar och beskrivit dess praktiska begränsningar. Även om resultaten har presenterats på ett föredömligt sätt tycks den kunskapen ännu inte ha nått ut i önskad utsträckning. Ett enkelt informationsmaterial tillgängligt on-line skulle kunna ge ett bättre genomslag för den kunskap som faktiskt finns.

Ett webinarium om varsamma lösningar för energieffektivisering av fönster anordnades 2021 av forskningsprogrammet. Presentationerna och diskussionerna visade på både möjligheter och utmaningar. Forskningsfrågor för framtiden handlar om livscykelanalyser samt juridiska och ekonomiska aspekter av fönsteråtgärder. Det behövs transparanta och standardiserade livscykelanalyser för att kunna jämföra olika fönsteråtgärder. Hur ska vi förhålla oss till varsamhetskravet i PBL vad gäller fönsteråtgärder och fönsterbyten i syfte ett energieffektivisera? Varför väljer fastighetsägare, med hänvisning till ekonomiska skäl, att byta fönster när det finns varsamma lösningar som visat sig lönsamma i andra sammanhang.

Med tanke på att klimatskalet står i centrum för avvägningen mellan att minska värmeförluster och bevara kulturhistoriska värden är det anmärkningsvärt få projekt som tagit upp frågan. I den internationella forskningen finns det lärdomar att hämta vad gäller tilläggsisolering och fönsteråtgärder i byggnader med kulturhistoriska värden. En enkel och kostnadseffektiv insats skulle vara att göra en kunskapsammansättning och sätta in den i ett svenskt sammanhang.

3.2.2 Ventilation och luftomsättning

Inledning

Luftomsättningen i en byggnad har stor betydelse inte bara för energibehov och komfort utan även för bevarandeklimatet. Forskningen om ventilation och luftomsättning inom Spara och bevara kan delas in i två områden:

Ventilation och luftomsättning i äldre byggnader som inte värms upp permanent: Här handlar det om äldre byggnader som inte värms upp permanent och där luftomsättningen sker genom infiltration eller självdrag i skorstenar. En del av detta tas också upp under temat ”Inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader”. Det kunskapsmässiga utgångsläget var att ventilation eller luftombyte i äldre byggnader hade ofta uppfattats som något nödvändigt och bra i sig. Tilltagande problem med inneklimatet och aktiv styrning av detsamma ledde till en diskussion om vad som kan vara ett lagom luftombyte i denna typ av byggnader.

Ventilation i lokaler och bostäder: Här är den huvudsakliga utmaningen att tillgodose dagens krav på komfort och luftkvalitet med installationer som är anpassade efter byggnadens förutsättningar. Inom ventilationsbranschen finns såväl kunskap som lösningar för moderna byggnader, men det gäller att omsätta detta i byggnader med kulturhistoriska värden.

Resultat Ventilation och luftomsättning i äldre byggnader som inte värms upp permanent

Forskningen har resulterat i ny och användbar kunskap om den faktiska luftomsättningen i olika typer av byggnader, om metoder för att mäta täthet och luftomsättning samt om de mekanismer som leder till försmutsning av väggar invändigt och hur detta kan lindras.

Flera undersökningar har visat att luftomsättning är på gott och ont vad gäller inomhusklimatet. Under vissa omständigheter leder ökad luftomsättning till ett sämre inneklimat. Enkla åtgärder som vädring kan, om de används på ett medvetet sätt, ge ett bättre inneklimat och en ”vädringsguide” har tagits fram. För att kunna styra inneklimatet i dessa byggnader behöver man förhålla sig på ett medvetet sätt till luftomsättning. Forskningen inom Spara och bevara har resulterat i praktiskt användbara metoder för att mäta såväl luftomsättning som lufttäthet.

I byggnader med mycket hög fuktbelastning från väggar och golv blir ventilation nödvändig. Fuktstyrd ventilation har provats i några ouppvärmade byggnader och visade sig vara en kostnadseffektiv metod att långsiktigt minska fuktbelastningen och förebygga eller lindra fuktproblem.

Resultat: Ventilation i lokaler och bostäder

Vad gäller ventilation i permanent uppvärmda lokaler och bostäder har forskningen identifierat och undersökt olika energieffektiviserande ventilationsåtgärder som kan genomföras med hänsyn taget till kulturhistoriska värden och detta har mynnat ut i en praktisk vägledning: *Energieffektiva lösningar för kulturhistorisk värdefulla byggnader.*

En undersökning av ventilationen i kontorsbyggnader med självdrags- eller hybridventilation visar hur ventilationen faktiskt fungerar och identifierar åtgärder för att minska energianvändning och förbättra inomhusmiljön.

3.2.3 Diskussion

Bland de yrkespersoner som arbetar med byggnader vilka inte värms upp permanent finns nu en medvetenhet och kunskap om betydelsen av ventilation och luftomsättning för såväl bevarandeklimatet som energibehov. Ett område för fortsatt forskning är hembygdsgårdar, lokala museer, slott, herrgårdar och kyrkor som inte värms upp permanent och där man har fuktproblem av olika slag. I de flesta fall finns inte ekonomiska förutsättningar för avancerad klimatstyrning, utan det krävs enkla och billiga lösningar. Smart fuktstyrd ventilation, som en utveckling av det befintliga konceptet adaptiv ventilation skulle kunna vara ett alternativ till dyra och mer energikrävande lösningar.

Att i större omfattning mäta luftomsättning i olika typer av byggnader skulle kunna kvantifiera en regional eller nationell potential för både energibesparing och förbättrat inneklimat genom enkla och kostnadseffektiva åtgärder.

Bland de som förvaltar lokaler och bostäder med stora och tydliga kulturhistoriska värden finns en medvetenhet om den kunskap och erfarenhet som framförallt Fastighetsverket

har byggt upp. Men det saknas en systematisk spridning av resultaten i vidare kretsar, det varsamma ventilationstänkandet måste integreras i all renovering. Den kunskap som finns måste omsättas i praktisk handling.

3.2.4 Styr- och övervakningssystem

Vid forskningsprogrammets start hade brist på mätdata länge varit en grundläggande begränsning vad gäller att uppnå ett bra inneklimat med minsta möjliga energianvändning. Gamla mekaniska termohygrografer hade börjat ersättas av digitala dataloggers men det fanns i praktiken inte någon möjlighet att övervaka och styra inneklimatet i realtid. Den vetenskapliga och praktiska utmaningen var inte bara att samla in mätdata utan att kunna använda dessa för att proaktivt kunna styra klimatet i förebyggande syfte. Komplexa krav och vaga förväntningar på inneklimatet gjorde det svårt att formulera generella klimatkrav och fungerande styralgoritmer.

Resultat

Under den första etappen utvecklades och provades en lösning för trådlös datainsamling särskilt anpassad för kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Tekniken installerades bland annat i ett stort antal kyrkor runtom i Sverige och visade på en potential att inte bara kunna övervaka utan också styra inneklimatet på distans. Senare har samma forskargrupp utvecklat ett molnbaserat digitaliseringsramverk för energioptimering och underhållsplanering av historiska byggnader.

Utifrån modeller utvecklade med artificiell intelligens (AI) och maskininlärningsmodeller kan stommen i stenbyggnad användas som värmebatteri där energitillförseln regleras utifrån väderprognoser och förväntad personnärvaro. Resultaten visar på en betydande potential för besparingar både vad gäller energi- och effektbehov utan någon fysisk inverkan på byggnaden.

En praktiskt användbar metod för konsekvensbedömning har utvecklats utifrån en kombination av övervakning, simuleringar, riskbedömning och maskininläring. Metoden visar hur ett helhetsgrepp på styrning av inomhusklimatet kan ge lägre energi- och effektbehov samt bibehållen eller förbättrad komfort.

Diskussion

Det första projektet om trådlösa system för klimatövervakning var kanske före sin tid. Nu är det en etablerad teknik som används i många kyrkor, museer m fl. I de nedan uppräknade projekten finns en progression mot ökad användbarhet och nya metoder.

Med hjälp av bland annat AI visar forskningen på en spännande potential för att på ett smartare sätt styra inneklimatet i kulturhistoriskt värdefulla mot lägre energi- och effektbehov å ena sidan samt ett bättre inneklimat med avseende på komfort och bevarande komfort. Ett naturligt nästa steg inom forskningen skulle vara att sammanställa befintlig kunskap inom området och gå vidare med tillämpning och demonstration inom de mest lovande områdena.

3.2.5 Projekt som bidragit till resultaten

Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampa-kalk – Uppföljning av hampakalk som tilläggsisoleringsmaterial för historiska byggnader: Projektet har undersökt hur kalkbruk utblandat med hampafibrer fungerar för att tilläggsisolera historiska trä eller tegelbyggnader.

Energibesparande åtgärder på fönster i byggnader med stort kulturvärde – En rad olika fönsteråtgärder tilltänkta för två byggnadsminnen har utvärderats med avseende på energibesparing, inverkan på kulturhistoriska värden samt praktiska aspekter.

Arvet efter Varvet – fönstrens viktiga roll vid bevarande av Kockums kulturvärde, minskat energibehov och god inomhuskomfort: I detta projekt analyseras renovering av fönster med hänsyn till brandskydd, bärighet, akustik, komfort och energiprestanda.

Kontroll och styrning av inomhusklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av trådlösa system: Utveckling av en teknisk lösning för trådlös datainsamling anpassad för kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Digitaliseringsramverk för energioptimering och smart underhåll av historiska byggnader: Utveckling av ett molnbaserat digitaliseringsramverk för energioptimering och underhållsplanering av historiska byggnader.

AI-tillämpningar för energilagring i kulturhistoriska byggnader – Med hjälp av artificiell intelligens (AI) och maskininlärningsmodeller undersöktes potentialen för att använda en stenbyggnads stomme som ett värmebatteri.

Smart styrning – nya metoder för klimatstyrning och konsekvensbedömningar Det övergripande målet med detta projekt var att lägga grunden för en integrerad och hållbar strategi för inomhusklimatkontroll i historiska byggnader genom utveckling av smartare algoritmer och tekniska lösningar.

3.3 Beståndsanalys

Detta avsnitt handlar om analys av större byggnadsbestånd. Redan under den första etappen av forskningsprogrammet uppmärksammade programrådet behovet av ett helikopterperspektiv på det svenska beståndet av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Byggnadsvårdens mantra – att se till förutsättningarna för varje enskild byggnad – är en nödvändig men inte tillräcklig förutsättning. För att kunna göra rätt saker i rätt byggnader krävs ett beståndsperspektiv, lokalt, regionalt och nationellt. När det gällde planering och utveckling av policies saknades övergripande kunskap om byggnadsbeståndet och dess kulturhistoriska värden.

Forskningen om bestånd av byggnader har gradvis växt fram genom programmets fyra etapper i en process som varit både ”bottom-up” och ”top-down”. Dels utvecklades forskningen naturligt från enskilda byggnader till bebyggelse, dels lyfte Energimyndigheten fram beståndsperspektivet som ett mål i programbeskrivningarna för de senare etapperna.

3.3.1 Resultat

Redan i den första etappen fanns ett projekt om modernismens bestånd av kulturhistoriskt värdefulla flerbostadshus där man konstaterar att åtgärder för energieffektivisering inte utförts i någon större utsträckning i modernismens flerbostadshus samt det finns en stor energibesparingspotential.

Forskningen om beståndsanalyser utvecklades steg för steg under de följande etapperna och har resulterat i överförbara metoder för beståndsanalys där särskild hänsyn tas till kulturhistoriska värden. Metoderna kan användas för övergripande planering av energieffektiviserings insatser i större bestånd av byggnader och innefattar följande steg:

- Datainsamling

- Modellering
- Kategorisering
- Val av representativa byggnader (arketyper)
- Metoder i för enskilda hus tillämpas på arketyperna
- Extrapolering av resultaten till beståndsnivå

Fallstudier har varit Visby, Stockholm, Hallands län och Linköping. I dessa områden har forskningen gett underlag för planering och policies i allmänhet samt potentialbedömning och differentierade mål i synnerhet.

För att ge ett bättre beslutsunderlag när det gäller installation av solpaneler på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse utvecklades en metod som visar den tekniska solenergipotentialen på för varje enskilt tak i ett område och relaterar den till kulturhistoriska värden och synlighet från det publika gaturummet. Resultaten visar att även i mycket känsliga miljöer finns en solenergipotential som är möjlig utan alltför stor visuell inverkan.

3.3.2 Diskussion

Från ett näst intill obefintligt kunskapsläge har forskningen gett metoder och verktyg för att planering och konsekvensbedömning av energieffektiviseringsåtgärder i större byggnadsbestånd. Fallstudierna täcker in ett brett spektrum av byggnadstyper, allt från världsarvsstaden Visby till Södermalm i Stockholm. Forskningen ger intressanta och operativt användbara resultat för respektive fallstudie, en generell slutsats är behovet av differentierade mål, anpassade till olika byggnadstyper. Ytterligare ett bestående resultat är att det finns forskare och forskarmiljöer som fortsätter att arbeta med dessa frågor.

Som en följd av forskningen inom Spara och bevara använder nu Boverket och Riksantikvarieämbetet avancerade beståndsanalyser för att bedöma, bland annat, hur kulturhistoriska värden i det nationella byggnadsbeståndet skulle påverkas av olika sätt att implementera EPBD i Sverige.

För planering och utveckling av policies på beståndsnivå är ökad kunskap om berörda bestånd en nödvändig förutsättning. Det finns nu metoder för att kunna fatta väl underbyggda beslut. Den fortsatta forskningen borde handla om hur dessa verktyg bättre kan komma till användning i planering och policyarbete. En begränsning är att det fattas användbara data om byggnaders kulturhistoriska värden. Relativt enkla och översiktliga inventeringar av den typ som gjorts i Halland och Stockholm borde kunna genomföras på nationellt.

3.3.3 Projekt som bidragit till resultaten

Energieffektivisering för bevarande av modernismens byggnader i stadsmiljö: Ett projekt om modernismens bestånd av kulturhistoriskt värdefulla flerbostadshus.

Potential och policies för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945
Kategorisering av byggnader: Ett tvärvetenskapligt samarbete mellan energitekniker och byggnadsantikvarier som har gett metoder för beståndsanalys där särskild hänsyn tas till kulturhistoriska värden.

Byggnadsantikvarisk solkartering – Potential för solelproduktion i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse: Projektet utvecklade verktyg och metoder vilka kan användas för att ge ett bättre beslutsunderlag när det gäller installation av solpaneler på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse.

3.4 Inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader var ett tidigt kännetecken för Spara och bevara. Det handlar om byggnader där inneklimatet styrs inte bara av komfort utan även av bevarandehänsyn. Typiskt handlar det om kyrkor, slott, museer mm. Många kulturhistoriskt värdefulla byggnader har begränsade möjligheter att förbättra klimatskalet. En anpassad klimatstyrning kan ge avsevärda energibesparingar utan ingrepp på byggnaden samtidigt som man i många fall kan förbättra förutsättningarna för ett långsiktigt bevarande av såväl byggnaden som dess inventarier. Dessa byggnader med liten eller ingen uppvärmning är också mest utsatta för effekterna av ett förändrat uteklimat.

Något förenklat kan forskningen inom detta tema beskrivas utifrån två grundläggande frågor:

- Vad är ett (tillräckligt) bra bevarandeklimat med hänsyn taget till såväl inventarier som byggnaden i sig själv?
- Hur uppnår vi detta inneklimat på ett sätt som är långsiktigt hållbart?

Under den senare delen av 1900-talet hade det uppkommit en internationell diskussion om inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader som rörde sambandet mellan energibehov och kvaliteten på inneklimatet. Det krävdes en avvägning mellan dessa, snarare än att det ena eller det andra skulle optimeras var för sig. Kunskapen om hur inneklimatet, främst relativ fuktighet, påverkar inneklimatet hade gradvis vuxit fram, men den var fragmenterad, mångtydig och inte lätt att tillämpa. Efter oljekrisen 1973 inleddes en omställning, främst bland museer och kyrkor, mot att minska energianvändningen. Det saknades dock en tydlig utgångspunkt i såväl klimatkrav som verifierade tekniska lösningar. Ett gradvis förändrat uteklimat hade lett till en markant ökning av mögelangrepp i de kulturhistoriskt värdefulla byggnader som inte värmdes upp permanent. Problemet ställdes på sin spets i landsorts-kyrkorna som sällan värmdes upp.

Hela 23 projekt är representerade under temat inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Forskningen inom detta område har kännetecknats av en ämnesmässig samordning mellan projekten och ett brett tvärvetenskapligt samarbete i stora projekt som löpte över flera etapper. Därför presenteras detta som ett sammanhängande område, snarare än dela upp det i sina beståndsdelar. Den forskning som handlar om luftomsättning och ventilation samt tekniska lösningar för övervakning och styrning av inneklimat presenteras under egna rubriker.

3.4.1 Resultat

Resultaten presenteras uppdelat under fyra rubriker men det kanske viktigaste resultatet är att den samordnade forskningen bidragit till att täta tidigare kunskapsluckor som hamnat i ett gränsområde mellan traditionella vetenskapliga områden.

Krav på inneklimat

Forskningen om krav på inneklimatet har bidragit med en nödvändig förutsättning för att kunna energieffektivisera styrningen av inneklimatet i byggnader där bevarande är minst lika viktigt som komfort. Det är forskning som inte konvergerar mot enkla svar utan snarare ger underlag för de komplexa avvägningar som krävs. Forskningsområdet kan beskrivas som en matris med olika material på ena axeln och olika nedbrytningsprocesser på den andra axeln.

Forskningen inom Spara och bevara har fokuserat på material och nedbrytningsprocesser som i en svensk kontext oftast sätter gränser för inneklimat.

Mögel- och insektsangrepp: Genom att sammanföra naturvetenskaplig forskning om mögelsvamparnas tillväxtbetingelser med teknisk forskning om klimatstyrning utvecklades en användbar förståelse för möglets tillväxtbetingelser vilket i sin tur kunde ligga till grund för anpassade styralgoritmer och tekniska lösningar.

Skador på föremål orsakade av variationer i relativ fuktighet, t ex sprickor och färgbortfall: Ett grundläggande resultat är en sammanställning av kunskap om kriterier för att minimera skadeverkan av fukt och temperaturvariationer på olika material och materialkombinationer i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Vidare har forskningen gett metoder för systematisk skadeinventering av träföremål vilka inte bara ger en nulägesbeskrivning utan kan också ligga till grund för bedömning av framtida skadeutveckling.

Klimatstyrning

Den ovan beskrivna forskningen om inneklimatets inverkan på nedbrytningsprocesser lade en grund för utvecklingen av nya sätt att styra inneklimatet vilka förenade bevarande med energieffektivitet. I nästa steg har anpassade strategier och utvärderade tekniska lösningar för energieffektiv klimatstyrning utvecklats, utvärderats och demonstrerats. Mer konkret handlar det om:

- Smartare fuktstyrning genom värme eller avfuktning.
- Styralgoritmer och tekniska lösningar för grundvärme, intermittert uppvärmning och fuktstyrning.
- Passiv styrning, dvs byggnadskonstruktionens förmåga att moderera inneklimatet.
- Modeller för prognoser, simulering och beräkning av fuktillståndet i byggnader vilka ger underlag för effektivare styrning av inneklimatet.

Fallstudier

Den metodinriktade forskningen har varit förankrad i fallstudier genom mätningar och försök vilket också lett till konkreta och direkt användbara resultat för berörda byggnader och byggnadstyper.

Kyrkor med intermittert uppvärmning utgör ett avgränsat specialfall för forskningen kring inneklimat. Forskarna har tagit fram och utprovat lösningar anpassade för kyrkor, t ex avfuktning, värmepumpar för grundvärme och styralgoritmer för intermittert uppvärmning.

Skokloster slott, som i allt väsentligt saknar aktiv klimatstyrning, har varit en viktig fallstudie för förståelsen av hur byggnaden som sådan påverkar inneklimatet. I detta fall har forskningen legat till grund för en långsiktig klimatstyrningsstrategi på Skokloster vilken även är överförbar till andra byggnader.

Beslutsstöd

Nästan all forskning om inneklimat har varit inriktad på att i slutänden kunna ge underlag för väl underbyggda beslut. En fördjupad förståelse för beslutsprocesser och vilken typ av beslutsstöd tillsammans med resultatet från den ovannämnda forskningen har resulterat i olika former av beslutsstöd där kulturhistoriska värden, komfort, och energieffektivisering kan vägas mot varandra. Exempel detta är:

- Handbok: Climate Control in Historic Buildings

- Utvecklingen av europeiska riktlinjer inom det europeiska standardiseringsprojektet CEN/TC 346 ”Conservation of Cultural Heritage”:
 - SS-EN 16242:2013 Metoder och instrument för att mäta relativ fuktighet i luft och fuktutbyte mellan luft och material
 - SS-EN 15759-1:2011 Riktlinjer för uppvärmning av kyrkor, kapell och andra platser av sakral betydelse
 - SS-EN 15757:2010 Specifikationer för temperatur och relativ fuktighet i syfte att förhindra mekaniska skador på organiska, hygroskopiska material.

3.4.2 Diskussion

Forskningsområdet inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader dominerade den första etappen av Spara och bevara med tio projekt, vilket väl speglade de ursprungliga intentionerna med programmet. I de följande etapperna flyttades programmets fokus gradvis från kyrkor och slott till något modernare bebyggelse och antalet projekt inom detta tema gick ner till en lägre nivå, men det fanns ändå en kontinuitet och progression i forskningen om inneklimat under alla fyra etapper.

Genom att skapa tvärvetenskapliga forskningsmiljöer och samarbete över projektgränserna kunde de grundläggande frågorna om klimatkrav och hållbar styrning integreras för att komma fram till ny kunskap och användbara lösningar.

Som nämndes ovan är detta tema väl avgränsat och har en tydlig grupp av avnämare. Det råder ingen tvekan om att Spara och bevara har bidragit till ett väsentligt kunskapslyft inom detta område. Från ett ganska förvirrat utgångsläge, med ett fåtal oeniga experter, finns nu kunskap om klimatkrav och klimatstyrning inte bara hos experter utan ända ner på gräsrotsnivå i förvaltningshierarkin. Några exempel:

- Det fanns tidigare en skepsis mot både avfuktare och luftvärmepumpar i byggnader med kulturhistoriska värden. Nu är båda två etablerade lösningar för energieffektiv fuktstyrning.
- Det finns nu en utbredd praktisk förståelse för hur och varför inneklimatet ska styras i byggnader som inte är permanent uppvärmda.
- Det finns en kunskapsbas för att möta klimatförändringarna i äldre byggnader som inte värms upp permanent.
- De europeiska riktlinjerna, se ovan, har översatts till svenska.
- Inom svenska kyrkan har den europeiska standarden för uppvärmning av kyrkor utvecklats till lokalt anpassade riktlinjer.
- Svenska kyrkan har en egen expertgrupp som arbetar med inneklimat och energi-effektivisering.
- För hembygdsgårdar och lokala museer som inte har råd med avancerade tekniska lösningar finns nu enkla, praktiska råd.
- I större museer är det en självklarhet att balansera klimatkrav med energibehov.
- Det finns en handbok om inneklimat i historiska byggnader.

Ett av målen för forskningsprogrammet var att skapa nationell kompetens med internationell excellens. Ett bestående resultat är att det nu finns forskare och forskarmiljöer som både förvaltar och utvecklar kunskapen. Ett tjugotal seniora forskare har varit inblandade i projekten, många av dem fortsätter forskningen om inneklimat i nationella och internationella projekt. Fyra doktorander har disputerat tack vare Spara och bevara och de är nu fast anställda och kan som lärare och forskare både sprida och utveckla budskapet.

Inom detta område finns nu en god kunskapsgrund vad gäller klimatkrav, energieffektiv styrning och hur dessa hänger ihop. Den huvudsakliga utmaningen är att tillgängliggöra kunskapen och att systematiskt gå från forskning till praktik. Det senare kräver implementerings- eller demonstrationsprojekt där klimatkrav, styralgoritmer och tekniska lösningar tillämpas i större skala och utvärderas. Detta kräver forskningsinsatser i sig och kommer säkert att leda till nya forskningsfrågor.

Det finns naturligtvis ytterligare forskningsuppgifter inom såväl konserveringsvetenskap som energiteknik. Här är några exempel:

- Under senare år har s.k. xerofila mögelarter uppmärksammats. De överlever vid betydligt torrare inneklimat jämfört med de gränsvärden som används idag. Om dessa mögelarter får en ökad utbredning måste klimatkraven anpassas.
- Klimatförändringar medför på många håll inte bara högre temperaturer utan även längre perioder med hög relativ fuktighet vilket gör att byggnader som tidigare klarat sig bra kan utsättas för angrepp av mögel och skadeinsekter.
- Forskningen inom Spara och bevara visade att luft/luft-värmepumpar är väl lämpade för grundvärme. En värmepump designad för grundvärme, dvs låga innetemperaturer skulle kunna nå värmefaktorer långt över vad som är standard idag.
- Mycket av forskningen inom detta tema är direkt överförbar på grundvärme av fritidshus, där man idag ofta håller onödigt hög temperatur. Med enkla insatser en mycket stor energisparpotential förverkligas.
- Vad gäller inneklimat i museer finns fortfarande en energisparpotential. Här handlar det framförallt om att omsätta befintlig kunskap i handling, genom riktlinjer, handböcker samt demonstrationsprojekt.

3.4.3 Projekt som bidragit till resultaten

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning: Ett tvärvetenskapligt samarbete mellan Högskolan på Gotland, Göteborgs Universitet och KTH vilket löpte över tre etapper av forskningsprogrammet.

Energieffektiva åtgärder mot mögelproblem i kyrkor och andra kulturhistoriskt värdefulla byggnader: I detta projekt sammanfördes naturvetenskaplig forskning om mögelsvamparnas tillväxtbetingelser med teknisk forskning om klimatstyrning.

Energieffektivisering i kulturhistoriska miljöer i Luleå stift: En systematisk kartläggning av energianvändning, inneklimat och skador på träföremål i 50 kyrkor.

Goda exempel på praktiska åtgärder för god luftkvalitet, minimerat värmebehov och rätt fuktförhållande i svenska kyrkor – Uppföljning och analys: En uppföljning upp tidigare forskning och hur den kommer till användning i kyrkor. Lunds universitet.

Energieffektiviserings- och klimatomställningsåtgärder med bevarade kulturhistoriska värden för medeltida kyrkors takkonstruktioner av trä: Ett samarbete mellan RISE och NIKU kring medeltida vindar och takkonstruktioner.

3.5 Småhus, fritidshus och ödehus

Mycket av forskningen inom Spara och bevara har handlat om relativt stora byggnader med uppenbara kulturhistoriska värden. Detta avsnitt handlar om tre byggnadstyper som inte fått så mycket uppmärksamhet i forskningen, vare sig nationellt eller internationellt: Småhus, fritidshus och ödehus.

Småhus (en eller tvåfamiljshus) utgör en betydande andel av det svenska byggnadsbeståndet och präglas av stor variation i gestaltning, konstruktioner och funktioner. Många småhus genomgick stora, och inte alltid varsamma, förändringar i de energisparkampanjer som följde oljekrisen. I jämförelse med flerbostadshus har forskningen kring villabebyggelsen och dess utveckling varit begränsad.

I Sverige finns runt 600 000 fritidshus. Vad gäller samhällets energieffektiviseringsinsatser i stort har fritidshusen hamnat under radarn, men med ökade kostnader för uppvärmning har frågan aktualiserats under senare år. Det finns också betydande kulturhistoriska värden i det svenska beståndet av fritidshus. Äldre fritidshus med stora och uppenbara värden har uppmärksammats, men vad gäller modernare fritidshus saknas ett medvetet förhållningssätt.

Ödehus som tas i bruk är såväl en kulturell som materiell resurs i samhället. I ödehus ställs många av forskningsprogrammets grundläggande frågor på sin spets gällande utmaningar relaterat till klimatskalet, värme och ventilation, fuktskador samt komfort och boendestandard.

3.5.1 Resultat

Småhus

Forskningen om småhus (villor) har bidragit till att:

- Att kartlägga och analysera det svenska småhusbeståndet ur ett kulturvärdes- och energiperspektiv.
- Att förstå lokala förutsättningar och behov, både utifrån den kommunala praktikens perspektiv och villaägarnas.
- Att dokumentera förändringsmönster i typiska villaområden.
- Att utveckla ett verktyg för beslutstöd anpassat för småhus och villaägare.
- Att tillhandahålla goda exempel på varsamma åtgärder i olika typer av villor.

Fritidshus

Ett antal energieffektiviseringsåtgärder anpassade för olika typer av fritidshus har utvärderats med hänsyn till energieffektiviseringspotentialen, klimatpåverkan och inverkan på kulturhistoriska värden. "Fritidshusguiden" ger beslutstöd för ägare till fritidshus. Att sänka temperaturen när fritidshuset inte används är en enkel och effektiv åtgärd för att minska energibehovet.

Ödehus

Fallstudier av ödehus med utvalda hushåll visar att olika motivationer driver renoveringsinsatserna men att de alla präglas av en strävan mot minskad energiförbrukning. I samtliga fall förändras eller kompletteras byggnadernas tidigare värmesystem. En ovilja mot omfattande energisparåtgärder, såsom tilläggsisolering och fönsterbyte, har i några fall omvärderats utifrån en helhetsbedömning. Från kommunalt håll påtalas missnöje med gällande juridiska, ekonomiska och administrativa verktyg vad gäller hanteringen av ödehus. Dessa utmaningar kan även relateras till brister i PBL.

3.5.2 Diskussion

Småhusen utgör en betydande andel av det svenska byggnadsbeståndet och präglas av en mångfald i gestaltning, konstruktion och funktion. De flesta småhusen ägs och förvaltas av privatpersoner samtidigt som översikt och kontroll på såväl nationell som kommunal nivå lämnar mycket i övrigt att önska. Den ovan beskrivna forskningen är ett första steg, men om Sveriges villabyggelse ska kunna bidra till att uppfylla energi- och klimatmålen utan att det sker på bekostnad av kulturhistoriska värden krävs en fortsatt satsning inom detta område.

Fritidshusen har varit en försummad grupp inom energiforskningen. Forskningen inom Spara och bevara har genom Fritidshusguiden bidragit med användbar kunskap men den behöver spridas. Fortsatt forskning behövs för att kunna bedöma och förverkliga en realistisk energieffektiviseringspotential i svenska fritidshus.

Vad gäller uppvärmning i fritidshus när de inte används finns det mycket kunskap och erfarenhet att hämta från temat *Inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader*, se ovan. I nuläget har försäkringsbolagen en rekommendation om att innetemperaturen då fritidshus inte används inte ska underskrida 15 °C vilket i de flesta fall leder till onödigt hög energiförbrukning. Med hjälp av övervakning i realtid och smart styrning finns en stor besparingspotential utan riskerna för försäkringsbolaget behöver öka.

I ett nationellt perspektiv står ödehus för en liten del av vår energianvändning, men avvägningen mellan att spara och bevara ställs ofta på sin spets, vilket gör ödehusen till intressanta forskningsobjekt för bättre förstå brukarnas olika perspektiv.

3.5.3 Projekt som bidragit till resultaten

Varsam energieffektivisering av 1900-talets villabebyggelse: Projektet har behandlat utmaningen att energieffektivisera det svenska småhusbeståndet från 1900-talets mitt utan att kulturhistoriska värden går förlorade.

Konsekvensbedömning av energieffektiviseringsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla småhus: Projektet analyserar och bedömer de konsekvenserna av varsamma energieffektiviseringsåtgärder i tio villor från perioden 1910–1970.

Energieffektivisering och varsam renovering av fritidshus: Projektet handlar om fritidshusbeståndet i Sverige, hur det används och vilka effekter renovering och energieffektivisering har på energianvändningen, flöden av byggmaterial, och kulturhistoriska värden.

Renoveringspraktiker i ödehus: Bättre förutsättningar för varsam energieffektivisering: Syftet med projektet har varit att vinna ny kunskap om ödehusen är, om hur de kan tas i bruk igen och vilken deras energisparpotential är.

4 Diskussion

Spara och bevara har på ett avgörande sätt bidragit till att etablera ett nytt forskningsområde som för samman kulturvård med energiteknik. I slutet av 1900-talet växte en medvetenhet fram om problem och utmaningar inom kulturvården och energieffektiveringssektorn men det saknades kunskap och etablerade metoder såväl som forskningskapacitet. I Sverige är nu energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader ett etablerat och erkänt område för såväl forskning som praktik. Internationellt har Spara och bevara setts som ett föredöme och har varit en drivmotor vad gäller att utveckla forskningen. Forskningens utveckling och utfall ska ses mot bakgrunden av att det är ett helt nytt forskningsområde som utvecklats under en ganska kort tid.

I den första delen av detta kapitel diskuteras forskningsprogrammets utveckling retrospektivt. Den andra delen av kapitlet är en framåtblickande diskussion med förslag nya forskningsområden och mer allmänna förbättringsområden.

4.1 Forskningens utveckling 2007–2024

Det här avsnittet beskriver de viktigaste utvecklingstrenderna inom programmet avseende programstarten, byggnadstyper samt forskningens genomförande.

4.1.1 Att starta ett nytt forskningsprogram

När Energimyndigheten 2007 beviljade 40 Mkr till ett nytt forskningsprogram var den uttalade frågan: Finns det forskningsidéer och forskare för att kunna använda dessa medel på ett trovärdigt sätt? Det här avsnittet ger en reflektion kring utmaningar och framgångsfaktorer i forskningsprogrammets tidiga utveckling.

En grundläggande förutsättning för att starta forskningsprogrammet var att det faktiskt fanns en bärande idé, förankrad i ett uttalat behov från branschen, samt att det fanns ett stöd från berörda myndigheter. Det fanns några etablerade forskare och experter som gick i bränschen, utvecklade projekt och rekryterade nya forskare till området. Tillgången på forskare och forskningsidéer inom teknikområdet var god, däremot fanns det vid programstarten få svenska forskare med antikvarisk kompetens. Det löstes med en riktad satsning för att bygga upp en nationell kompetens och genom att ledande internationella experter knöts till programmet under ett inledningsskede.

Redan från början hade programmet en tydlig avgränsning och såväl programbeskrivning som utlysningar pekade på ett antal specifika utmaningar. Under de första etapperna krävdes en handfast vetenskaplig samordning för att positionera nya projekt och forskare inom programmet och i förhållande till den internationella forskningen.

4.1.2 Från kyrkor och slott till miljonprogrammet

Som tidigare nämnts dominerades den första etappen av monumentala byggnader med stora och tydliga kulturhistoriska värden, t ex kyrkor och slott. Därefter har forskningen gradvis rört sig mot utmaningar i bredare bestånd av kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. Det var inte bara en förändring vad gäller byggnadstyper utan denna utveckling innebär också att programmet rörde sig från KML till PBL som underliggande lagstiftning.

Kyrkornas tydliga och väl avgränsade problem blev en nukleationspunkt kring vilken programmet kunde komma igång och börja växa. Denna problematik kopplades snart till museala byggnader där bevarandefrågorna länge stått i centrum, men energikostnaderna hade börjat bli kännbara. Inom båda områdena fanns en liten kader av experter som kunde bidra till den nya forskningen med problem och frågeställningar väl förankrade i praktiken.

2006 infördes energideklarationer i Sverige vilket gav upphov till en diskussion om mål och medel för varsam energieffektivisering vad gäller byggnadsbeståndet i stort. Energimyndigheten och programrådet uttryckte önskemål om att bredda programmet mot ”de större bestånden av något modernare byggnader” samt ”koppla samman forskning och utveckling inom det specifika programområdet med den forskning och utveckling som bedrivs om energieffektivisering i allmänhet”. Längre drogs gränsen för programmets omfattning vid miljonprogrammets byggnader, men i den sista etappen fanns projekt som handlade om byggnader från just miljonprogrammet.

Utvecklingen av programmet mot modernare byggnader svarade mot ett samhälleligt behov med stor energirelevans och gjorde att Spara och bevara har satt varsam renovering på kartan. Även om forskningen om kyrkor, slott och museer har en samhällsrelevans med tyngdpunkt på bevarandesidan är det viktigt inför framtida satsningar att underhålla forskning och forskningskapacitet även inom detta område.

4.1.3 Från byggnad till bebyggelse

Forskningens systemgräns har utvecklats från fallstudier och metodutveckling kring enskilda byggnader mot analys av stora bestånd av byggnader. I det första fallet handlar det om att göra rätt saker i en given byggnad där målet är att ge fastighetsägaren ett konkret underlag för beslut. Forskningen har behandlat såväl varsamma tekniska lösningar som beslutstöd för den enskilda byggnaden. Beståndsanalyserna syftar till att göra rätt saker i rätt byggnader där målet är att ge underlag för planering och policys snarare än stöd till den enskilde ägaren. Det ena perspektivet utesluter inte det andra utan de kompletterar varandra.

En annan utveckling vad gäller byggnadstyper är att varsamhetsaspekterna kring byggnadstyper som varit förbisedda i tidigare forskning har uppmärksammats. Den särskilda problematiken kring privatägda villor har undersökts i några projekt. Fritidshus med intermittent användning har utmaningar kopplar till forskning i de första etapperna om uppvärmning och klimatstyrning i kyrkor, slott mm.

4.1.4 Mot ökad tvärvetenskap

Ända sen programmet kom till har det tvärvetenskapliga angreppssättet lyfts fram. Inte som ett akademiskt mål i sig själv utan för att forskningsområdet i sig spänner över många traditionella discipliner. Den grundläggande ämnesmässiga dikotomin är mellan kulturvård och energiteknik eller, om man så vill, mellan bevarandemål och klimat/energi-mål.

Projektanalysen visar en utveckling över de fyra etapperna mot allt mer tvärvetenskaplig forskning samt bildandet av nya tvärvetenskapliga grupperingar. De flesta projekt har levt upp till förväntningarna på interdisciplinär forskning, där flera akademiska discipliner samarbetar kring ett gemensamt problem men varje disciplin utgår från sina egna metoder och teorier. Några projekt utvecklar samarbetet till transdisciplinär forskning som går utanför disciplinära gränser och skapar nya teorier och metoder.

Några projekt har, utifrån forskningsuppdragets avgränsning, hållit sig inom en disciplin. Typiskt är det teknisk forskning med tillämpning inom kulturvården, men där forskningsfrågan är definierad i ett tvärvetenskapligt eller tvärfackligt sammanhang.

Utvecklingen av den tvärvetenskapliga forskningen innebar också humaniora och samhällsvetenskap har fått ett större utrymme i forskningen.

4.1.5 Från kunskapsutveckling till tillämpning

I och med att forskningsområdet var nytt har mycket tid lagts på att etablera en grund. Många av projekten i de inledande etapperna hade en explorativ karaktär. Det krävs långsiktiga forskningssatsningar, i detta fall projekt över flera etapper, för att bygga upp forskningen från grunden till en tillämpbar nivå. Nya metoder och tekniker har på så vis kunnat demonstreras, utvärderas och föras till tillämpning. Ett exempel på detta är forskningen kring energieffektiv klimatstyrning i kyrkor, slott och museer som kom igång tidigt och hunnit göra ett tydligt avtryck i praktiken.

4.2 Forskningens utfall

Forskningsresultaten för varje tema har sammanfattats ovan. Här diskuteras forskningens utfall mer övergripande och i förhållande till de mål och visioner för programmet som hade satts ut.

4.2.1 Etablering av forskare och forskningsmiljöer

Programbeskrivningarna för alla fyra etapperna lyfter fram vikten av att bygga forskningskapacitet inom programområdet. Forskningsprogrammet har involverat ett sextiotal seniora forskare, ett tjugotal doktorander och ett tjugotal experter. Tack vare programmet har det bildats bestående forskningsmiljöer vid några lärosäten, t ex Lund, Luleå, Uppsala och Chalmers, samt tvärvetenskapliga grupperingar lärosätena emellan. Seniora forskare har kunnat etablera sig och cirka hälften av de inblandade doktoranderna har efter examen varit verksamma inom forskningsområdet. Forskare och forskningsgrupper som etablerat sig inom Spara och bevara har visat sig vara konkurrenskraftiga inom Energimyndighetens nya forskningsprogram (Resurseffektiv bebyggelse) och även i andra sammanhang.

4.2.2 Nationell nytta

Ett genomgående mål i programmet har varit att forskningen ska generera en nytta för berörda branscher. En tidig vision var att: ”Det finns kompetens, kunskap och beprövade lösningar för att såväl förvaltare som antikvariskt ansvariga ska kunna integrera energieffektivisering i vård och underhåll av kulturhistoriskt värdefulla byggnader”. Forskningens genomslag har tidigare tagits upp tema för tema. Här följer en mer övergripande diskussion av programmet i sin helhet.

Inom praktikområdet energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader har det skett en betydande uppbyggnad av medvetande, kunskap och yrkesmässig färdighet till följd av den forskning som bedrivits inom Spara och bevara. Ett talande exempel ges utifrån en intervjuundersökning som gjordes under den första etappen. Målet med undersökningen var att identifiera forskningsbehov vad gäller energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla

byggnader utifrån branschens problem och frågeställningar. Rapporten mynnar ut i ett antal uttalade behov från branschen:

- Samordnad information som är lättillgänglig, en kunskapsbank.
- Oberoende konsulter som man kan vända sig till med frågor.
- Handböcker och exempelsamlingar, seminarier och informationsinsatser.
- Utvärderingar och konsekvenser av tidigare energieffektiviserande åtgärder.
- Mer kunskap om problematiken med värme och fukt.
- Billigare och enkla styr och reglersystem.
- Kunskap om effektivisering, driftoptimering och återanvändning av befintliga system.
- Exempel på energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.
- Tydligare och bättre krav på underlag, checklistor. Vilka krav bör ställas inför och efter en energieffektivisering?
- Lämpliga isoleringsmaterial, för och nackdelar.
- Varsamma fönsterlösningar.
- Handlingsplan för kallställda kyrkor.
- Estetik och funktion t ex luftvärmepumpar.

Vid programmets slut var så gott som alla punkter tillgodosedda.

Den tematiska analysen visar att forskningens genomslag och praktiska nytta varierar mellan olika områden och olika projekt. Tidsaspekten har tagits upp i föregående avsnitt. Det finns exempel på projekt som har haft en betydande och omedelbar nytta men samtidigt låg akademisk verkshöjd. Typiskt handlar det om sammanställningar av befintlig kunskap och erfarenhet samt att prova befintlig teknik och metoder i historiska byggnader. Ett fåtal projekt har haft en uttalad grundforskningsambition där utveckling av teori och metod har varit i fokus snarare än kortsiktig nytta. De flesta projekt har hittat en balans där de rör sig från grundläggande forskning i en riktning mot tillämpningarna. Exempel på resultat med tydlig nytto-potential är kunskapssammanställningar, handböcker, standards, beslutsstöd och demonstration av nya tekniker.

Många projekt har haft företag som projektpartners vilket har bidragit till att säkra forskningens praktiska relevans och överbygga gapet mellan forskning och tillämpning.

4.2.3 Internationell excellens

Forskningsprogrammet har av naturliga skäl varit inriktat på nationella behov. Men forskningen som sådan måste också finnas i ett internationellt sammanhang för att kunna dra nytta av befintlig kunskap, utvecklas och kvalitetssäkras.

Det vanligaste sättet att bedöma forskningens internationella konkurrenskraft är genom bibliometrisk analys – antal publikationer och citeringar. Inom forskningsprogrammet har mer än ett hundra vetenskapliga artiklar publicerats i internationella tidskrifter och konferenser med peer review. Det indikerar inte bara kvantitet utan även kvalitet. Det faller utanför uppdraget att sammanställa citeringar men det är uppenbart att den svenska forskningen har uppmärksammas även internationellt.

I och med att forskningsområdet var nytt i sig och nytt för många forskare var en internationell positionering av forskningsprojekten en utmaning. Å ena sidan måste den nya forskningen ta avstamp i det som redan är gjort, å andra sidan är det bara så mycket av projekttiden som kan läggas på detta.

Ett fåtal projekt har kunnat få utväxling på den nationella finansieringen genom deltagande i europeiska projekt. Det har fallit ut mycket väl och skapat mervärden i projekten på båda sidor, inte minst genom att yngre forskare fått utveckla egna internationella nätverk.

Spara och bevara anordnade två internationella konferenser med stort deltagande både nationellt och internationellt:

- Energy Efficiency in Historic Buildings 2011
- Energy Efficiency in Historic Buildings 2018

Konferenserna var inte bara en kanal för att sprida resultat utan har varit viktiga för att uppdatering mot kunskapsfronten och att knyta nya kontakter.

4.2.4 Förmedling av forskningsresultat

Forskningsprogrammet har haft en kommunikationsplan med preciserade målgrupper, mål och kommunikationskanaler. I ansökningsprocessen har resultatspridning för varje projekt varit en obligatorisk del och de projekt som beviljats stöd har tagit fram operativa kommunikationsplaner.

Hemsidan www.sparaochbevara.se utvecklades med projektmedel under den första etappen av forskningsprogrammet. Hemsidan innehöll:

- Information om forskningsprogrammet
- Information pågående projekt
- Rapporter och publikationer från avslutade nyheter
- En sökbar kunskapsdatabas med publikationer
- Goda exempel

Med sin funktion som både arkiv och kommunikationskanal nådde hemsidan ut till en bred målgrupp med tusentals regelbundna användare. Hemsidan har varit det i särklass viktigaste instrumentet för spridning av information och forskningsresultat. Andra kommunikationskanaler som använts inom programmet är:

- Nationella programkonferenser där projekt och resultat presenteras för yrkespersoner inom branschen.
- Tematiska webinarier som också spelats in och lagts på hemsidan.
- Under de två senare etapperna var en del av slutrapporten en handbokslik text med underrubriken: ”Så kommer resultaten till användning”.
- Böcker och handböcker.
- Populärvetenskapliga artiklar.
- Kurser både inom akademien och för yrkesverksamma.
- Kunskapsförmedlare, t ex energirådgivare, konsulter och utbildare.
- Information till myndigheter, nationellt, regionalt och kommunalt.

Grundläggande i forskningskommunikationen har varit att skilja på olika mål och målgrupper. Det har funnits ett stort intresse från den intresserade allmänheten, men det har inte varit en prioriterad målgrupp utan informationsinsatserna på programnivå har främst vänt sig till yrkespersoner som söker en ökad förståelse och nya färdigheter.

På projektnivå har det varit en stor spridning i såväl metoder som utfall för forskningskommunikationen utifrån varierande förutsättningar. Den gemensamma utmaningen är den avvägning mellan tid som läggs på forskning och på forskningskommunikation. Inom akademien har vetenskapliga publikationer ett större meritvärde än mer användarinriktad forskningskommunikation.

Programkonferenser och webinarier har varit ett resurseffektivt sätt att nå ut till redan kända målgrupper.

Utbildning är ett långsiktigt men kraftfullt sätt att nå ut med forskningsresultaten. Forskningen har gjort avtryck i kurser och kursmoment på högskolenivå. Forskare har också bidragit till kortare utbildningar hos kommersiella aktörer. Engagemanget i utbildning är budgetmässigt skilt från forskningen och blir på så vis beroende av forskarens tid och engagemang.

Ett framgångsrikt exempel på resultatspridning är gentemot svenska kyrkan där det fanns en av kvalificerade yrkespersoner, både antikvarier och ingenjörer, som kunde ta till sig resultaten, förmedla dem och omsätta i praktisk handling.

4.2.5 Överföring av kunskap från äldre till moderna byggnader

En utgångspunkt för uppkomsten av forskningsprogrammet Spara och bevara var att kunskap från historiska byggnader kunde överföras till modernt byggande och förvaltning. Den förhoppningen har inte kunnat förverkligas i någon påtaglig omfattning. Däremot har kunskapen ökat om hur äldre byggnader fungerar fukt- och värmetekniskt. Forskningen visar också att det finns lärdomar att dra av den moderna historien så att vi inte upprepar de misstag som gjordes efter oljekrisen och under ROT-programmet. När den nutida yrkesverksamma generationen inte längre har ett eget minne av dessa kampanjer finns anledning att sammanfatta och sprida dessa erfarenheter.

4.3 Framåtblick

4.3.1 Forskningsområdets behov av utveckling

Forskningsområdet har, som sagts ovan, utvecklats från enskilda byggnader med stora och tydliga kulturhistoriska värden till att även omfatta varsam energirenovering i 1900-talets bebyggelse. Det finns anledning för både forskare och forskningsfinansiärer att medvetet förhålla sig till den fortsatta utvecklingen.

För att kunna bidra till samhällets energi- och klimatomställning behöver forskningen om ”varsam energieffektivisering”, dvs 1900-talets bebyggelse lämna sin nisch och bli del av mer övergripande processer och på så vis bidra med en varsamhetsaspekt i ett större sammanhang. Här har det nya forskningsprogrammet ”Resurseffektiv bebyggelse” skapat en plattform för en sådan utveckling och den forskning som grundlagts inom Spara och bevara får möjlighet till en fortsättning.

En annan utvecklingsväg är mot ”energieffektivt bevarande”, där forskningsprogrammet en gång startade. Det handlar om äldre byggnader där bevarandemålen är prioriterade, allt från 1800-talets bostäder till kyrkor, slott och hembygdsgrändar. Utmaningen är att på ett hållbart sätt åstadkomma ett bra inneklimat med avseende på både komfort och bevarande. I ett nationellt perspektiv är potentialen för energibesparing ganska liten i denna nisch av det svenska byggnadsbeståndet. Det är inte självklart att Energimyndigheten ensamt ska ta ansvar för

detta delområde, utan andra aktörer t ex Riksantikvarieämbetet, Fastighetsverket och Svenska kyrkan behöver engagera sig för att förvalta och utveckla kunskapen inom området.

4.3.2 Nätverk

Energimyndigheten genomförde en behovsanalys avseende ett nätverk för energieffektiviseringsfrågor i byggnader med kulturhistoriska värden. Analysen visade att kopplingen mellan bevarande- och energifrågor inte kan hanteras i separata kretsar, utan måste integreras i byggbranschen som en naturlig del av arbetet med det redan byggda beståndet. Det finns en efterfrågan på kunskap och know-how både hos energispecialister och kulturvärdesakkunniga när det gäller sambandet mellan bevarande och energireovering. Här kan den kunskap som genererats inom Spara och bevara fungera som en viktig utgångspunkt för att bredda kompetensen och utveckla lösningar som för samman båda perspektiven.

Spara och bevara har inte bara fungerat som finansiär för forskning utan också som en central nod i ett brett nätverk av forskare och behovsägare. Det finns en betydande kunskap och erfarenhet bland olika aktörer inom branschen men den behöver förvaltas och utvecklas. När nu fokus inom forskningen gradvis ändras från kunskapsutveckling till tillämpning behövs en nationell plattform som för samman forskare med avnämare i syfte att överbrygga implementeringsgapet. Stängningen av hemsidan för Spara och bevara har lämnat ett tomrum som behöver fyllas.

4.3.3 Forskningsbehov

Den tematiska analysen har identifierat specifika forskningsbehov, här ges mer övergripande förslag.

Kunskapssammanställningar

Kunskapssammanställningar som mynnar ut vägledningar är ett effektivt sätt att överbrygga gapet mellan forskning och tillämpning. Sådana vägledningar behöver kvalitetssäkras av både forskare och praktiker. Storbritannien har satt ett gott exempel med flera skriftserier om energieffektivisering i historiska byggnader t ex: Energy Efficiency and Retrofit in Historic Buildings | Historic England

Kunskapssammanställningar av den här typen visar också indirekt på kunskapsluckor och ger på så vis inspel till nya forskningsprojekt.

Bygg vidare på tidigare forskning

Mycket av forskningen inom Spara och bevara har handlat om att bygga en kunskapsgrund. Forskningen har bildat öar av kunskap inom ett stort område. Med relativt små insatser kan en stor nytta skapas genom fortsatt forskning kring de ”öar” där det lagts en grund och det finns en överbyggnad som närmar sig, men inte riktigt nått tillämpning. Exempel på sådana områden är beståndsanalyser, riskanalys, livscykelanalyser, användning och utformning av standards och riktlinjer.

Rekrytera nya forskare

Energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse kan ses som en arena för forskning inom flera traditionella discipliner. Erfarenheterna från Spara och bevara visar att forskare inom byggnads- och energiteknik på kort tid har kunnat etablera sig inom det nya

forskningsområdet under förutsättning att de inledningsvis får stöd i att identifiera relevanta forskningsfrågor och att sätta in sin kompetens i ett sammanhang.

Överbrygga implementeringsgapet

I många fall har det varit svårt att nå fram till implementering inom ramen för ett normalt forskningsprojekt även om resultaten har en praktisk potential. Resultaten kommer fram först i slutet av projekten och det finns sällan tid och resurser att ta nästa steg.

Ett förfarande i två steg skulle vara värt att prova. Det första steget är ett konventionellt projekt med utveckling av kunskap, metoder, tekniska lösningar etc. I ett andra steg skulle utvalda projekt få stöd till att gå vidare implementering i samverkan, inklusive medfinansiering, med olika aktörer inom branschen.

Satsa på humaniora och samhällsvetenskap

Forskningen inom Spara och bevara har haft en tyngdpunkt inom teknik och naturvetenskap. Kulturvården får inte bara bli en pliktskyldig komponent i projekt med teknisk tyngdpunkt. Samhällets syn på byggnaders kulturhistoriska värden behöver kritiskt granskas i forskning, inte minst i ljuset av implementeringen av EPBD.

Samhällets styrmedel i form av lagar och regler har en helt avgörande betydelse för hur vi lyckas att nå en balans mellan energi- och bevarandemål. Några projekt har granskat styrmedel på kommunal nivå. Inom Spara och bevara har det inte funnits någon forskning med juridisk inriktning. Däremot har de juridiska aspekterna kring varsamhetskravet i PBL undersökts inom ramen för ett annat av Energimyndighetens forskningsprogram.

4.3.4 Forskningskommunikation

Forskningskommunikation kommer alltid att vara en utmaning och det finns inga enkla lösningar. Här följer konkreta förslag för framtiden.

- Slutrapporterna ska utformas så att de användbara för yrkespersoner inom branschen och de ska vara tillgängliga även efter att forskningsprogram har avslutat.
- Det behövs en sökbar databas som innehåller information om projekten, slutrapporter, publikationer och medverkande forskare. Databasen ska fungera som ett långsiktigt arkiv.
- Använd professionella förmedlare för att bättre nå ut med resultaten. Det kan vara utbildare, energirådgivare och kvalificerade konsulter.

4.3.5 Internationalisering

Internationalisering är ett förbättringsområde. De senaste tio åren har EU satsat stort på forskning om energieffektivisering i historiska byggnader. Det är anmärkningsvärt få forskningsaktörer inom Spara och bevara som har tagit vara på möjligheten att växla upp den nationella finansieringen i internationella projekt. Här behövs både piska och morot. Dels krav på ett aktivt internationellt engagemang, dels stöd i ansökningsprocessen.

5 Slutsats

Forskningsprogrammet Spara och bevara har på ett avgörande sätt bidragit till att etablera och konsolidera ett nytt tvärvetenskapligt forskningsområde i gränslandet mellan kulturvård och energiteknik. Programmet har visat att långsiktiga och tematiskt fokuserade satsningar kan bygga forskningskapacitet, skapa internationellt konkurrenskraftig kunskap och samtidigt generera samhällsnytta i ett område präglad av målkonflikter och komplexa avvägningar.

En central lärdom är att forskning om varsam energieffektivisering rymmer flera delvis skilda inriktningar med olika problem, energirelevans och behovsägare. Erfarenheterna pekar på behovet av medvetet differentierade forskningsstrategier, där såväl energieffektiv omställning av breda byggnadsbestånd som energieffektivt bevarande av byggnader med höga kulturvärden ges ändamålsenliga förutsättningar.

Programmet visar vidare att tvärvetenskaplig forskning i praktiken kräver aktiv programstyrning, kontinuitet över tid och mekanismer som stödjer rörelsen från kunskapsutveckling till tillämpning. För framtida forskningssatsningar innebär detta att programdesign, ansvarsfördelning mellan finansiärer och former för implementering behöver ges större uppmärksamhet redan i planeringsskedet. En sammanställning av kunskap och beprövad erfarenhet är ett effektivt sätt att lägga grunden för nästa fas i utvecklingen av svensk forskning om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Sammantaget utgör Spara och bevara ett tydligt exempel på hur forskningsprogram kan fungera som ett strategiskt verktyg för att utveckla nya forskningsfält, överbygga målkonflikter och skapa långsiktiga strukturer för kunskapsutveckling i samhällsrelevanta frågor.

Bilaga 1. Projektsammanfattningar

Detta dokument innehåller projektsammanfattningar för forskningsprogrammet Spara och bevara. Sammanställningen är inte komplett. Dokumentation från den första etappen finns inte arkiverade och en del projekt i den sista etappen var inte färdiga när denna sammanställning gjordes. Det är växlande omfattning och kvalitet på sammanställningarna, beroende på det underlag som varit tillgängligt.

Detta material har varit underlag för en syntesrapport om Spara och bevara.

Innehåll

Ettapp 1	45
Information och kunskapsdatabas för FoU programmet Spara och bevara – Energieffektivisering i kulturhistorisk värdefulla byggnader	45
Kontroll och styrning av inomhusklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av trådlösa system	45
Energieffektivisering i kulturhistoriska miljöer i Luleå stift	45
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning	46
Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader – en förstudie	46
Förstudie – Energieffektivisering och bevarande av modernismens flerbostadshus (1940–1960)	47
Kontroll och styrning av inomhusklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av trådlösa system	47
Solenergi för el och värme i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	48
Ettapp 2	49
Energisystemanalys av kulturhistoriskt värdefulla byggnader	49
Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945	49
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning – utarbetande av klimatkriterier	50
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning: Simulering av värme och fukt i kulturhistoriska byggnader	51
Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning	51
Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat	52
Energieffektivisering och bevarande i vårt kulturarv – EEPOCH	52
Energibesparing i kyrkor: Luftläckage-, nedsmutnings- och klimatmätningar	53
Energieffektiva åtgärder mot mögelproblem i kyrkor och andra kulturhistoriskt värdefulla byggnader	54
Energibesparande åtgärder på fönster i byggnader med stort kulturvärde	54
Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader	55
Ett historiskt perspektiv på energieffektivisering i byggnader	56
Ettapp 3	57
Mätning av inneklimat i kulturhistoriska byggnader med kontor	57
Fältstudie av två metoder för energieffektivisering av äldre fönster – fönsterfilmer testade med hotbox-teknik	57
Från forskning till praktik: en utvärdering av två europeiska standarder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	58
Om-renovering Möjligheter för energieffektivisering och återskapande av kulturvärden när flerbostadshus renoveras på nytt	59

Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk	60
Byggnadsantikvarisk solkartering: Potential för solexproduktion i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse	61
Ventilation i kulturbyggnader	61
Ettapp 4	63
Prosumenters perspektiv i kulturarvsdistrikt	63
Rätt kombination av energi- och effektåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader	63
Energieffektivisering och varsam renovering av fritidshus	64
Renoveringspraktiker i ödehus: Bättre förutsättningar för varsam energieffektivisering	65
Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader – Implementering	66
Energieffektiviserings- och klimatomställningsåtgärder med bevarade kulturvärden för medeltida kyrkors takkonstruktioner av trä	67
Värdering av åtgärder för energieffektivisering och förbättrat inomhusklimat i 1970-talets kulturmiljöer	68
Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera? Energianvändning i hela livscykeln	68
Databas med goda exempel på varsam energieffektivisering – en genomförbarhetsstudie	69
Potential och policies för energieffektivisering i stora bestånd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader	70
Metodutveckling och beslutsstöd	70
Analys av energianvändning i det svenska beståndet av kulturhistoriskt värdefulla byggnader utifrån energideklarationsdatabasen Gripen	71
Kategorisering av byggnader med kulturvärden	71
Geografiska analyser av byggnadsbestånd med fokus på kulturhistoriskt klassificerade byggnader	72
Teknisk-ekonomisk potentialbedömning för energibesparing	72
Integrering av antikvarisk bedömning och teknisk ekonomisk optimering av energianvändning och LCC – Visby som fallstudie	73
Effektsignatur	73

Etapp 1

Information och kunskapsdatabas för FoU programmet Spara och bevara – Energieffektivisering i kulturhistorisk värdefulla byggnader

Projektets syfte var att ge olika avnämargrupper tillgång till den kunskap och erfarenhet som redan finns inom programområdet samt att ge en aktuell bild av forsknings- och utvecklingsläget. Ett programinternt syfte var att samordna aktörer och aktiviteter inom programmet. Målet var att, med utgångspunkt från avnämarnas behov, utveckla en internetbaserad kunskapsdatabas och fylla den med ett relevant innehåll. Det viktigaste resultatet var att hemsidan www.sparaochbevara.se etablerades. Inom projektet genomfördes också ett tiotal seminarier samt en internationell konferens.

Kontroll och styrning av inomhusklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av trådlösa system

Målet med projektet var att utnyttja den nyutvecklade ZigBee-modulen (enhet för trådlös kortavståndskommunikation) för övervakning av inomhusklimat och andra värdefulla byggnader som kyrkor och slott. Ämnet för studie är mätning samt reglering av temperatur, relativa luftfuktighet och ventilation samt konstruera ett larmsystem. Övervakningscentral med trådlösa mätningar med hjälp av Zigbee skall också kopplas till GPRS/3G nätverk, så att fjärrstyrning samt fjärrövervakning av byggnader blir möjlig. Ett samarbetsprojekt mellan Högskolan på Gotland och Linköpings Universitet.

Energieffektivisering i kulturhistoriska miljöer i Luleå stift

Syftet med projektet var att genom klimatmätningar och skadeinventeringar i 50 utvalda lagskyddade kyrkor kunna bedöma potentialen för energieffektivisering i dessa byggnader samt ta fram underlag för åtgärder med hänsyn taget till kulturhistoriska värden i byggnader, inredningar och föremål. Utöver de framsyftande frågorna fanns också ett behov att med systematik kunna beskriva och värdera nuläget både vad gäller energiförbrukning och skador relaterade till inneklimat.

Undersökningen visar att det i Luleå stift finns en energisparpotential värd cirka 8 Mkr/år vilken kan genomföras utan större investeringar. Med byte och komplettering av värmeanläggningar och styrsystem finns en ännu större besparingspotential. Studien har gett stiftet och andra berörda aktörer en samlad bild av nuläget och en fördjupad kunskap för att strategiskt kunna hantera frågorna om inneklimat och energieffektivisering

Projektet visar hur man systematiskt kan arbeta med en grupp av byggnader för att förbättra både inneklimat och energieffektivitet. Det relativt stora antalet kyrkor i denna studie ger

ett statistiskt underlag som är vetenskapligt intressant och vilket kan ligga till grund för allmängiltiga rekommendationer och riktlinjer både vad gäller mätningar och åtgärder.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning

Projektet behandlar en grupp av byggnader där uppvärmning sker, mer eller mindre, med hänsyn taget till bevarande av byggnaden, inredning och inventarier. Projektet genomfördes i ett samarbete mellan Högskolan på Gotland, KTH och Göteborgs universitet med tre delar som adresserar de grundläggande frågorna kring klimatstyrning.

- Klimatkriterier för varsamhet och energieffektivisering
- Strategier och tekniska lösningar för klimatstyrning
- Klimatmätningar

Detta samarbete fortsatte under etapp II och resultaten redovisas där.

Hållbar och varsam renovering och energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader – en förstudie

När energieffektiviseringsåtgärder planeras och genomförs är det viktigt att se byggnaden och installationerna som en helhet så att energieffektiviseringen inte leder till en försämrad inomhusmiljö eller äventyrar byggnadens beständighet och kultur-historiska värden.

Syftet med projektet var att:

- Sammanställa befintlig kunskap avseende energieffektivisering och hållbar renovering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader, med fokus på byggnader som används som bostäder, kontor, skolor och kommersiella lokaler.
- Identifiera eventuella luckor i befintlig kunskap om energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Målet var att få kunskap för att kunna minska energianvändningen med 20–40 % och samtidigt förbättra inomhusmiljön, bevara byggnadernas kulturhistoriska värden samt förlänga byggnadernas livslängd. Förstudien går igenom ett stort antal energieffektiviseringsåtgärder för byggnader och visar på möjligheter och risker med dessa. Några kulturhistoriskt intressanta byggnader där energieffektiviseringar genomförts presenteras också närmare för att visa på hur olika åtgärder kan tillämpas i Sverige och Europa.

Den övergripande slutsatsen att det finns en betydande potential för varsamma energieffektiviseringsåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Genomsnittligt bedöms besparingspotentialen vara runt 20 % men variationen är stor mellan enskilda byggnader beroende på ursprungliga förutsättningar och skyddsvärde. Osäkerheten är också stor om vilka byggnader som berörs av de nya europeiska energidirektiven och i så fall i vilken utsträckning energieffektiviseringar kan genomföras.

Förstudie – Energieffektivisering och bevarande av modernismens flerbostadshus (1940–1960)

Det övergripande målet för denna förstudie var att ta fram en state-of-the-art av vad som hittills har gjorts vid åter-renoveringar i modernismens (1945–1960) bestånd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader (flerbostadshus) när det gäller energibesparande åtgärder resp. energieffektiviseringar, samt vilken potential som kan finnas för fortsatta energibesparande åtgärder utan att någon yttre åverkan behöver göras på byggnaden. Förstudien var tänkt att utgöra underlag för fortsatt forsknings- och utredningsarbete.

En stor del av modernismens flerbostadshus är byggda efter 1945 och före 1960. Av totala antalet befintliga lägenheter eller totalarean i flerbostadshus är 1/4 byggda under tidsperioden 1941 och 1960. De svarade 2007 för ca 26 % av energianvändningen för uppvärmning i alla svenska flerbostadshus. Förstudien visar att bevarandefrågan för modernismens byggnader är mer komplicerad och komplex än för äldre kulturhistorisk bebyggelse. Materialautenticitet är svår att upprätthålla liksom förmågan att förvalta de material som har begränsad livslängd. Så länge kraven på estetisk likhet kan tillgodoses och förnyelsen undviker förvanskande och förgrovande förändring kan utskiftning och förbättringar tillgodose ökade krav på energihushållning. Forskningen bör därför inriktas på att hitta estetiskt/arkitektoniska lösningar av principiell och individuell karaktär på sådan teknisk uppgradering.

Förstudien visar att det finns ett stort behov av studier kring energieffektivisering av modernismens flerbostadshus. Dels för att potentialen för minskad energianvändning är stor och dels för att det är viktigt att värna om de bevarandevärden som finns i denna bebyggelse. Annars riskerar dåliga lösningar att genomföras som även kan förstöra kulturhistoriskt intressanta byggnader. Det övergripande målet för fortsatt forskning är att utveckla metoder, produkter och system för ekologisk omställning av efterkrigstidens bebyggelse. Att genomföra fallstudier och visa goda exempel på genomförande när både energieffektivisering och bevarandevärden beaktats är viktigt.

Kontroll och styrning av inomhusklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader med hjälp av trådlösa system

Målet med projektet var att utnyttja den nyutvecklade ZigBee-modulen (enhet för trådlös kommunikation) för övervakning av inomhusklimat och andra värdefulla byggnader som kyrkor och slott. Inom ramen för projektet utvecklades den tekniska plattformen och provades i ett första steg i Skokloster slott och tre utvalda kyrkor. I ett andra steg provades tekniken i utvalda kyrkor i samtliga stift i Sverige. Fjärrstyrning av inneklimatet provades i två byggnader.

Solenergi för el och värme i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Syftet med detta projekt har varit att öka kunskapen om hur man på ett bra sätt ska kunna hantera relationen mellan två samhällsintressen; bevarandebeståndet respektive energiomställnings- och effektiviseringsintresset. Fokus har legat på varierande åsikter om det lämpliga i att placera solfångare (för värme) eller solpaneler (för el) på kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Arbetet har inkluderat en fallstudie med etnografisk intervju metod i Visby innerstad, samt litteratur- och informationssökning. Ett resultat från denna fallstudie är insikten att det egentligen inte finns någon explicit uttryckt konflikt mellan bevarande av kulturarvet och övergång till förnybar och energieffektiv användning av energi. Från myndighetshåll betraktades solfångarnas vara eller icke-vara snarare som en fråga om att väga bevarandets allmännyttan mot ett antagande om privat vinst. Husägarna tenderade visserligen att ha ett visst intresse för energieffektivisering och övergång till förnybar energi, men ur deras perspektiv blev bygglovsavslagen framförallt ytterligare ett bevis på myndigheternas ovilja att acceptera förändringar.

Etapp 2

Energisystemanalys av kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Forskningen inom området för energianvändning i historiska byggnader har tidigare inte prioriterats, ofta på grund av att deras kulturella värde ställer höga krav på tekniska installationer och att de har särskilda funktionskrav. Generellt kräver historiska byggnader individuella strategier och lösningar på tekniska installationer eftersom de är mycket heterogena. Det finns ingen enskild universell lösning för att göra dem mer energieffektiva samtidigt som man bevarar deras värde. Det finns helt klart ett behov av ett systematiskt tillvägagångssätt där de potentiella effekterna av olika energieffektiviseringsåtgärder kan vägas mot påverkan på inomhusmiljön och kulturvärdena i historiska byggnader. Å ena sidan måste alla historiska byggnader bidra till de uppsatta energi- och klimatmålen. Å andra sidan kan olämpliga ingrepp orsaka oacceptabla inomhusmiljöer och skador på kulturvärden.

Detta projekt syftar till att dels utveckla en metodik för teknisk-ekonomisk potentialbedömning för energibesparing med hänsyn till kulturvärden vid renovering av värdefulla byggnader, dels presentera en ny angreppsmetod för undersökning av energianvändning och inomhusklimat samt förslag på energieffektiviseringsåtgärder i kulturhistoriska byggnader.

I nära samarbete med Uppsala Universitet och SP Energiteknik har en metodik för teknisk-ekonomisk potentialbedömning för energibesparing med hänsyn till kulturvärden vid renovering av värdefulla byggnader utvecklats inom ramen för detta projekt.

I studien presenteras en beskrivning av metodiken och tillämpning av den på tre fallstudier; en trävilla byggd på 1920-talet, ett flerfamiljshus byggt på 1890-talet och ett kluster av äldre byggnader i Visby innerstad. Energieffektiviseringsåtgärder, energianvändningen, val av systemgränser, systemkostnader, primärenergianvändningen samt koldioxidutsläppen för trävillan och flerfamiljshuset med hänsyn till kulturhistoriska värden redovisas i denna studie. I projektet återfinns också studier av inomhusmiljön och energianvändningen samt val av energieffektiviseringsåtgärder i Rådhuset i Norrköping. Att tillämpa en triangulering av metoder där konsekvenserna av energi- och inomhusmiljöåtgärder, driftskostnader och bevarandenaspekter analyseras samtidigt, visade sig vara en effektiv metod vid utredning av historiska byggnader. Metodiken kan användas av konsulter, fastighetsförvaltare, den energiansvarige för fastigheten för att bedöma lämpliga energistrategier vid renovering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945

Syftet med projektet har varit att bedöma hur energibesparingspotentialen i byggnader byggda före 1945 påverkas om man tar hänsyn till byggnadernas bevarandevärde men också beskriva de antikvariska och byggnadstekniska konsekvenserna då man försöker uppfylla nationella mål och regler för energisparande. Omkring en tredjedel av Sveriges byggnader är uppförda

före 1945 och de utgör en betydande del av det svenska kulturarvet och den sociala miljön. Samtidigt står dessa byggnader också för en stor del av Sveriges energianvändning. Kraven på att minska energianvändningen i samhället i stort och i den bebyggda miljön ökar både på europeisk och på nationell nivå.

I samarbete med Uppsala Universitet och Linköpings Universitet har en tvärvetenskaplig metodik för energieffektivisering av bevarandevärda byggnader arbetats fram i tre koordinerade projekt. Metodiken har utvärderats i flera fallstudier av fiktiva byggnader, karaktäristiska för tidsperioden, där energibesparande åtgärds paket tagits fram för att byggnaderna skall nå de nationella energibesparingsmålen.

SPs projekt har fokuserat på de byggnadsfysikaliska frågeställningarna som resulterat i en Åtgärd-konsekvensmatris som i ett tidigt skede av renoveringsprocessen hjälper användaren att sortera och välja bort energibesparande åtgärder som är mindre lämpliga. Detta görs i ett tvärvetenskapligt perspektiv där för- och nackdelar inom olika bedömningsområden vägs mot varandra. Dels har ett verktyg ur den befintliga branschstandarden ByggaF införlivats i metodiken för att värdera byggnadsfysikaliska risker hos de åtgärds paket som tas fram.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning – utarbetande av klimatkriterier

Projektets övergripande syfte har varit att få fram kunskapsmässiga förutsättningar för att kunna förena energisparande med ett skonsamt inneklimat. Fokus i forskningen har varit att genom grundforskning ta fram kunskap om påverkan av RH och temperatur i varierande klimat som förekommer i historiska hus. Arbetet har bedrivits enligt tre huvudlinjer:

- 1) En studie i 16 gotländska kyrkor där målet har varit att utarbeta en metod för skadeinventering och statistisk behandling av samband mellan skadefrekvens och använda uppvärmningssätt i dessa kyrkor har genomförts.
- 2) I klimatkammarförsök har fuktfördelningen i trämaterial över tid vid olika temperaturer och relativa fuktigheter liksom vid fukt- och temperaturvariationer studerats. Två uppsatser har skrivits baserade på dessa data, en med fokus på en utvärdering av två olika metoder för mätning av fuktfördelning och en som också grundas på klimatkammarstudier behandlar fukt- och temperaturfördelningen i trämaterial i relation till RF- och temperaturförändringar i omgivningen vid icke jämviktsförhållanden.
- 3) Klimatvariationer i Läckö slott har studerats och fuktrörelser har mätts. Dessutom har en uppsats skrivits som bland annat behandlar bevarandefrågor i relation till temperatur och avfuktning på Läckö slott.

En inom projektet nyutvecklad metod för fuktmätning i trämaterial ger mer tillförlitliga resultat. Under förutsättning att höga RH nivåer kan undvikas så är låga temperaturer gynnsamt för bevarande, något som bör användas för energieffektivisering. Kortvariga RF förändringar ger ofta mycket liten negativ påverkan. Korta perioder med komfortvärme, som är möjligt med effektiva värmesystem, ger mindre skaderisk.

Den nya kunskap som tagits fram avses användas som en grund för reviderade klimatrekommendationer för undvikande av sprickor, formförändringar och färgbortfall på målade hygroskopiska objekt och som grund vid klimatstyrning och energieffektivisering. En doktorsavhandling kommer att läggas fram under 2015.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning: Simulering av värme och fukt i kulturhistoriska byggnader

Projektets syfte är att bidra till den byggnadsfysikaliska förståelsen för kulturhistoriska byggnader och till kunskapen vad som krävs för en långsiktigt hållbar klimatstyrning som minimerar energianvändning och samtidigt undviker eventuella skaderisker.

Projektet går ut på att undersöka helbyggnadssimulering av värme och fukt i kulturhistoriska byggnader som analysverktyg för att utvärdera och jämföra befintlig och framtida prestanda och skaderisker, så att det blir möjligt att identifiera orsaker till problem respektive utvärdera potentiella tilltänkta klimatstyrningsstrategier. Olika verktyg och metoder har undersökts, faktiska byggnader har simulerats och simuleringsresultat, mätvärden och skaderisker analyserats. Arbetsättet är tvärvetenskapligt och har utförts i samarbete med Uppsala Universitet, Högskolan i Gävle och Göteborgs Universitet. Generellt kan sägas att simuleringen har potential att förbättra beslutsunderlagets tillförlitlighet väsentligt, men det krävs ytterligare utveckling.

Ett problem är att befintliga beräkningsverktyg i regel inte är utvecklade för den komplexitet som krävs i förhållande till kulturhistoriska byggnader., vilket användaren måste vara medveten om vid val av verktyg. Ett annat problem är att skaderiskerna är högre i specifika punkter, som vid köldbryggor, men att helbyggnadssimulerings-programmen sällan tar hänsyn till detta. En metod för att hantera det problemet har utvecklats inom ramen för projektet. Ett annat specifikt problem som undersökts är vindpåverkan på den naturliga ventilationen, något programmen heller inte är bra på att integrera.

Målet är att utforma råd och rekommendationer för användning av simuleringsmetoder där sådana kan ge prognoser och översikt över alternativ, både för simuleringsverktyg och arbetsmetoder och för lämpliga potentiella energieffektiviserande klimatiseringsstrategier. Resultaten riktar sig till flera olika målgrupper, beslutsfattare, förvaltare och praktiserande konsulter.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning

Projektets övergripande syfte var att skapa kunskapsmässiga förutsättningar för att förena energisparande med ett skonsamt inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Ett viktigt mål är också att säkra den långsiktiga kunskapsförsörjningen inom området genom att utbilda doktorander.

Arbetet omfattar utveckling av kriterier för ett skonsamt inneklimat, anpassade strategier och tekniska lösningar för klimatstyrning, beräkningsmodeller, riktlinjer för klimatmätningar, metoder för riskanalys samt implementering och demonstration i olika fallstudier. Projektet har genomförts i nära samverkan med EU-projektet Climate for Culture.

Resultaten visar hur man mer effektivt kan styra inneklimatet genom ny kunskap om klimatkrav, tekniska lösningar samt hur man fattar beslut kring detta. Projektet har resulterat i 16 vetenskapliga publikationer, en doktorsavhandling som kommer 2015, ytterligare en under 2016, en handbok för energieffektiv klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader samt en europeisk standard för uppvärmning av kyrkor.

Resultaten är direkt användbara för den som arbetar med klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Vi sprider resultaten vidare genom kurser och utbildningar samt den handbok och standards som nämndes ovan.

Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat

Forskningsprojektets syfte är att undersöka, utveckla metodik och teknik för energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader i kallt klimat utan att förvanska byggnadernas antikvariska och arkitektoniska värden. Genom tillämpad forskning och utveckling utarbetas ny kunskap för användning inom kulturmiljö-, bygg- och förvaltningssektorer. Forskningen behövs för att den kulturhistoriskt värdefulla bebyggelsen i norra Norrland har i många fall andra karaktärsdrag än bebyggelse i södra Sverige. Den kallare klimatzonen ställer krav på högre energivärden för isolering, fönster och dörrar för att kunna uppnå de krav på lägre energianvändning för uppvärmning av byggnader som ställs idag. Detta medför tillsammans att forskning kring energieffektivisering som utförs för byggnader i södra Sverige inte är direkt överförbar för byggnader i norra landets lägre utetemperaturer. Med lägre årsmedeltemperaturer blir energibesparingarna högre, det är också större skillnader mellan uppvärmningskostnaderna för den äldre bebyggelsen jämfört med nya byggnader.

Nationell och internationell forskning och utveckling studeras. Mätningar av energi-användningen görs i fyra–fem byggnader i Piteå, Luleå och Kiruna. Inventering görs av vilka kulturhistoriska värden som finns i byggnaderna. Simuleringar av nya energieffektiviserande åtgärder vägs mot byggnadernas kulturhistoriska värden. Förslag på åtgärder tas fram och följs sedan upp med nya mätningar och bedömningar av hur de kulturhistoriska värdena påverkats.

Utbeta metodik för hur tekniska respektive antikvariska vetenskapsfält kan sammanföras till en praktiskt tillämpbar metod för balansering och bedömning av energieffektiviserande åtgärder.

I konkreta förslag till energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader i samband med lov- och tillståndsgivning. Bedömningsverktyg för tillståndsmyndigheter, praktiska verktyg för fastighetsägare. Resultaten från projektet förväntas ge ny kunskap till fastighetsägare och förvaltare av den kulturhistoriska bebyggelsen, byggindustrin samt hantverks- och ombyggnadskunniga byggföretag. Privata fastighetsägare och „hemmasnickare“ har stort behov av expertkunskap vid renovering och energieffektivisering av äldre byggnader.

Energieffektivisering och bevarande i vårt kulturarv – EEPOCH

Projektet syftar till att utveckla en modell och metoder för att bedöma åtgärder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader där energifrågan, arkitektoniska och antikvariska bevarandevärden bedöms och värderas likvärdigt. Den här avvägningen mellan intressena är i praktiken komplicerad dels för att regelverket i viss mån är motsägelsefullt och dels för att det är svårt att bedöma konsekvenserna av olika energieffektiviserande åtgärder. Genom forskningsprojektet har flera akademiska discipliner och professionella praktiker engagerats och getts möjlighet att tillsammans bearbeta frågorna inom det valda området.

En bas för forskningsprojektet skapades genom att utvärdera tidigare restaureringar men även de samarbetsmetoder som användes. Utvärderingarna diskuterades vid workshops där deltagare från både universitet och praktik deltagit. De nio workshops som genomförts belyste också de relationer och arbetsprocesser som är viktiga delar i ett professionellt arbete.

Den modell och metoder som tagits fram ger ett bättre underlag för beslut när restaurering, renovering och energieffektiviserande åtgärder ska genomföras, än vad en enkel energideklaration kan ge. Underlaget baseras på byggnadens förutsättningar, vad den tål av förändring och förbättring, sett ur såväl energiingenjörens och arkitektens som ur bebyggelseantikvariens perspektiv.

Modellen och metoderna ska användas i det initiala skedet av ett projekt. Fördelen med detta är att avvägningen mellan de olika intressena diskuterats från allra första början och att ett gemensamt beslut ligger till grund för projektet som helhet. Därmed undviks de intressekonflikter som annars ofta dyker upp under projektets gång och samarbetet mellan de olika professionerna kan därmed fungera bättre och slutresultatet för byggnaden bli mer välbalanserat. För ett större fastighetsbolag t.ex. kan modellen och metoderna när de används för ett större fastighetsbestånd ge en mycket bra överblick och ett bra planeringsunderlag för åtgärder, drift och underhåll. Det första steget i modellen kan också användas för att få med fler perspektiv vid inventeringar av kulturhistoriskt värdefull bebyggelse inom ett geografiskt område.

Energibesparing i kyrkor: Luftläckage-, nedsmutsnings- och klimatomätningar

Fokus för föreliggande studie ligger på äldre kyrkor (före ca 1950) då dessa är särskilt energislukande samtidigt som möjligheterna till energibesparande ingrepp begränsas av estetisk och kulturhistorisk hänsyn. Studien syftar till att nå ökad kunskap kring följande delmoment: *Luftinfiltration genom byggnadsskalet, nedsmutsning genom partikelavsättning på ytor, vädring, temperaturmätning.*

Studien grundar sig på omfattande fältmätningar i svenska kyrkor, men även på utvärdering och validering av teoretiska modeller, där de senare framför allt gäller modellering av luftinfiltration och vädring. Även utveckling av mätmetodik har ingått i studien.

Studien visar på metoder för mäta och beräkna luftomsättningen och hur detta i sin tur kan användas för att uppskatta en besparingspotential genom att enbart tätta luftläckage i Sveriges kyrkor. Betydande emissioner av försmutsande luftpartiklar tycks ske i samband med förrättningar i kyrkor, särskilt de som inbegriper användning av levande ljus. Tillfällig vädring efter förrättning ser dock ut att vara en effektiv åtgärd för att få ut alstrade luftföroreningar; en vädringsguide har utarbetats. Minskad ytförsmutsning kan erhållas bl.a. genom sänkt innetemperatur, undanröjande av köldbryggor i byggnadskonstruktionen och mer ”strömlinjeformade” radiatorer som ger upphov till mindre hastighetsfluktuationer.

Kunskap om luftomsättning och otätheter i en kyrkbyggnad visar hur stor energibesparing som kan uppnås genom tätning av byggnadsskalet. Beräkningsmodeller för luftomsättningen användas i etablerade energi- och klimatsimuleringsprogram för byggnader. Den framtagna vädringsguiden är tänkt att kunna användas av icke-fackmän. Kunskap om avsättningsmekanismer för partiklar ger bland annat vägledning i val och utformning av värmeelement (utvecklingsprojekt), samt visar att undanröjande av köldbryggor i byggnadsskalet både ger energivinster och minskar försmutsning. Rätt placering av värmetermostater och utformning av dessas temperatursensorkroppar är viktigt för effektiv värmereglering och god komfort.

Energieffektiva åtgärder mot mögelproblem i kyrkor och andra kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Ett av projektets övergripande syften är att ta fram kunskap som kan ligga till grund för att spara energi i kyrkobyggnader utan att riskera att mögelproblem uppkommer.

Sex västsvenska kyrkor och Skokloster slott har ingått i projektet. Kyrkorna har klimatreglerats med skyddsvärme eller avfuktning. I Skokloster slott har tre olika metoder för klimatreglering jämförts, kontrollerad ventilation, skyddsvärme och avfuktning av rum som tidigare drabbats av mögel.

Genom fjärrstyrning och samtidig fjärrdokumentation av klimatet i olika delar av kyrkor kan fukt och temperatur smidigare anpassas till variationer i utomhusklimatet och så att energi-behov/energikostnad kan minimeras utan att mikroklimat med riskabla fuktnivåer uppkommer i kyrkorna. Kryprummen är dock ett problem i fukthänseende som kräver separat fuktstyrning och ofta andra åtgärder.

Fukt- och temperaturvariationer i olika delar av kyrkor och energiåtgång vid användande av skyddsvärme/grundvärme under olika årstider och i relation till utomhusklimatets variationer har dokumenterats.

Möjligheter och problem vid styrning av fuktnivån genom värme eller avfuktning i kyrkorna har undersökts. Viktiga orsaker till uppkomst av riskabla fuktnivåer och möjligheter till förbättrad energieffektivisering med hänsyn tagen till bevarande har ytterligare belysts.

Genom en bättre kartläggning av risk för uppkomst av riskabla fuktnivåer i delar av kyrkor, så som mikroklimat bör hänsyn kunna tas till årstidsvariationer och byggnadens värmetröghet och ytterligare energieffektivisering uppnås.

Användning av mindre mobila avfuktare som ett alternativ eller komplement till skyddsvärme bör ökas.

Energibesparande åtgärder på fönster i byggnader med stort kulturvärde

Statens fastighetsverk har till uppgift att förvalta fastigheter som har haft en väsentlig roll i den Svenska statens historia och därför ägs av staten. Dessa fastigheter representerar mycket stora kulturhistoriska värden och många av dem är skyddade enligt Förordningen (1988:1229) om statliga byggnadsminnen, (FSBM). SFV har som mål att sänka energi-användningen i sina byggnader med 26 % till år 2016, från medelvärdet på användningen 2001–2005. Fönstren står för en betydande del av ett kostsamt värmeläckage ur en byggnad. Samtidigt som energianvändningen ska minska ska de kulturhistoriska värdena tas tillvara. Målsättningen är också att de berörda hyresgästerna är nöjda med inomhusklimatet. Mot denna bakgrund har SFV valt att studera fönster närmare i det här projektet.

På sju fönster i två statliga byggnadsminnen på Skeppsholmen i Stockholm har 17 olika åtgärder genomförts med syfte att minska värmeläckage och flera fall även för att ge sol-skydd. Utgångspunkten har varit att de kulturhistoriska värdena inte får minska nämnvärt och att alla bågar och glas av kulturhistoriskt värde bevaras. Utvärdering har skett ur sex olika perspektiv; energi, miljö, komfort, antikvariska bedömningar, hantverk och ekonomi.

Äldre bågar klarar sällan tjockare glas. I vissa fall kan ett extra inre glas, monterat med eller utan båge, isolera. Sekundära bågar, utan nämnvärt kulturhistoriskt värde, kan bytas mot nytillverkade bågar lika de ursprungliga. Dessa kan klara något tjockare glaskombinationer. Betydligt tjockare glas eller glaskombinationer (isolerruta) ger stora vinster med avsikt på komfort, energi och miljö men kräver grövre dimensioner på båge och spröjs. Resultatet blir inte antikvariskt godtagbart. Isolerrutor med mjukt solskyddsbelagda glas ytterst är inte antikvariskt acceptabla eftersom de påverkar fasaden negativt med sin spegeleffekt. Hårdbelagda glas är godtagbara ur antikvarisk synvinkel och bra med tanke på miljö, termisk komfort och energianvändning, om än inte lika bra som de effektivare mjukbelagda glasen. Projektet tyder på att en antikvariskt skonsam åtgärd leder till förhållandevis begränsade effekter, såväl positiva som negativa, på ekonomi, energi, miljö eller hantverk.

Erfarenheterna från projektet, som kan studeras i en projektrapport och på plats på Skeppsholmen, sprids inom SFV och används vid energibesparande åtgärder på fönster. Resultatet används även som utgångspunkt i ett nytt utvecklingsprojekt som SFV driver tillsammans med Sust. Genom rapporten kan även andra fastighetsägare och intresserade ta del av erfarenheterna.

Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader

Det övergripande syftet med projektet är att utveckla koncept för hållbar energiuppdatering av historiska byggnader men också att bygga upp en Byggnadsfysikalisk kompetens nationellt inom området historiska byggnader.

Projektet genomförs i tre steg. I det första utvecklas metodik för statusbestämning av historiska byggnader. Att få en tydlig och korrekt bild av en byggnads nuvarande funktion och skick är en förutsättning för att kunna bedöma vilka åtgärder som skall vidtas. För att kunna skapa denna bild krävs ett helhetstänkande som innefattar kompetens inom en rad områden. Inom projektet utarbetas ett arbetssätt för att säkerställa att de viktigaste byggnadsantikvariska, byggnadsbiologiska samt byggnadsfysikaliska aspekterna beaktas och bedöms.

I ett andra steg utvecklas metod för riskbedömning av energibesparande åtgärder i historiska byggnader. Som grund för riskbedömningen ligger statusbestämningen. Metodmässigt är riskbedömningen en direkt fortsättning av statusbestämningen. Val av lämpligt beräkningsprogram för värme-, luft- och fukttransport i historiska byggnader samt riktlinjer för hantering av detta utvecklas. Det är viktigt att kunna göra prognoser för vilka effekter energibesparande åtgärder för med sig. För att kunna göra dessa måste man beräkningsmässigt kunna hantera värme-, fukt- och lufttransport samt kombinationer av dessa.

I ett tredje steg utvecklas principer för uppföljning av åtgärder, att de effekter man förväntat sig uppnått samt att inga oönskade effekter skapats.

En metod för statusbestämning och riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader innefattande byggandsfysikaliska, byggnadsbiologiska samt byggnadsantikvariska aspekter utvecklas. Även riktlinjer för uppföljning av åtgärder utarbetas. Ett annat resultat av projektet är att fördjupat samarbete mellan byggnadsantikvarier, byggnadsfysiker samt byggnadsbiologer etableras.

Metoden implementeras i Excel-program som kommer att bli fritt tillgängligt för branschen.

Ett historiskt perspektiv på energieffektivisering i byggnader

Målet med projektet är att öka förståelsen för hur dagens förvaltning och bruk av byggnader påverkas av historiska, tekniska och rumsliga lösningar. Många äldre byggnader har utformats eller anpassats för en viss uppvärmning. Om vi kan förstå hur dessa hus tänktes fungera kan de tas om hand bättre och fortsätta att användas. Projektet har lagts upp som ett antal fallstudier. Skokloster slott, Burmeisterska huset i Visby och sexton medeltida kyrkor har studerats. Dessutom har ett ambitiöst översiktsverk om de tekniska installationernas historiska utveckling i bostäder framställts och publiceras 2015.

Flera metoder har kunnat användas för att förbättra förståelsen av hur yttre klimat, byggnad och brukarnas förväntningar på komfort och deras beteende har påverkat förvaltningen av byggnader som funnits under lång tid och som i modern tid har kommit att förknippas med stora kulturhistoriska värden. Byggnaderna i sig med sina inventarier, arkivhandlingar, fotografier och litteratur har använts för att förstå hur byggnaderna har använts och förvaltats.

Särskilt en av metoderna som tar hänsyn till historisk uppvärmning och dess effekt på kulturhistoriska träföremål (som lätt påverkas av värme och fukt) är nyskapande på så sätt att den kan visa hur energi har använts över lång tid i byggnader och vilka effekter den har haft på konstföremål. Metoden skulle kunna användas ganska enkelt av konservatorer, kyrkoantikvarier och kanske även kyrkvaktmästare för att bättre förstå hur föremål, till exempel predikstol, altarskåp, epitafer med mera, i en viss kyrka påverkats av hur kyrkan har värmts.

Andra resultat är en ökad förståelse för hur äldre byggnader har utformats och byggts med tanke på det omgivande klimat och det inomhusklimat man i olika tider velat uppnå. Musealisering, dvs. att byggnader fråntas sin tidigare funktion och blir symboliska rum för att berätta en historia, sätter gränser för dessa byggnaders framtida användning genom att eldstäder inte får användas, och genom att deras bruk begränsas kraftigt. Musealisering kan i värsta fall innebära att ett hus börjar betraktas som en ekonomisk belastning. I bästa fall kan musealisering innebära att de kulturhistoriska värdena höjer byggnadens attraktionskraft och användbarhet.

Etapp 3

Mätning av inneklimat i kulturhistoriska byggnader med kontor

Det behövs kunskap om vilka luftomsättningar som finns i självdrags- och hybridventilerade lokaler i kulturhistoriskt intressanta byggnader samt hur dessa varierar med tiden. Det behövs också kunskap om hur de som arbetar i dessa lokaler upplever innemiljön. Samband behöver studeras mellan brukarnas upplevelse av innemiljön kopplat till ventilationens funktion och andra parametrar såsom emissioner från material som det kan vara mindre av i äldre byggnader med äldre ytskikt.

Syftet med projektet är att undersöka ventilationens funktion genom att kartlägga luftomsättningar och inneklimat samt upplevd inomhusmiljö i kulturhistoriskt värdefulla kontorsbyggnader med självdrags- eller hybridventilation. Dessutom bedöms möjligheten till energibesparing som enklare åtgärder och styrning av dessa system kan ge med beaktande av kulturvärde, god innemiljö och fuktsäkerhet.

Mätningar gjordes genom avklingning av spårgas samt delades enkäter ut till människor som arbetar i kontor som finns i 12 olika byggnader på flera platser i Sverige. Förutom avklingningsförsök med spårgas mättes koldioxidkoncentration, innetemperatur och relativ fuktighet i byggnaderna under en period, samt i vissa byggnader även utslag från en VOC-blandgasgivare för att bedöma om en sådan ger utslag som kan kopplas till mer eller mindre emitterande inredning. På så har luftomsättningar bestämts som, jämte kännedom om byggnadens volym, gör att man kan skatta ventilationsluftflöde. Dessutom har information erhållits om kvantitativt mätt inomhustemperatur samt upplevelsen av inneklimatet. Detta har jämförts med vad man väntar sig i självdragsventilerade byggnader och generellt i kontor. Ett fåtal rum har mätts per byggnad. Översiktliga åtgärdsförslag togs fram med hjälp av ett seminarium med experter för att ge en bild av möjligheter till energibesparing. Här har kulturbevarandeaspekter beaktats samt enkätresultat och mätningar på inneklimatet. Som ett led i att sprida kunskaper om nytta med energiåtgärder i ventilationssystem har ett PC-program utvecklats för att på ett översiktligt plan skatta storleksordningen på besparingar som kan göras med hjälp flödesreducerande åtgärder och värmeåtervinningsåtgärder.

Fältstudie av två metoder för energieffektivisering av äldre fönster – fönsterfilmer testade med hotbox-teknik

Fönster svarar för i storleksordningen 35 % av byggnaders värmeförluster i Sverige och har även stor betydelse för innemiljön, liksom för byggnadernas gestaltning och värdebärande. Montage av energiförbättrande fönsterfilmer – plastfilmer med en strålningsreflekterande yta – är en attraktiv fönsterförbättringsmetod i att de är lätta och snabba att montera och inte orsakar någon extra vikt eller förvanskning av fönsterramen. Studien syftar till att undersöka två typer av fönsterfilmer som avser förbättra fönster avseende energi- och komfortaspekter.

Framför allt har en ny typ av värmeisolerande film (här kallad ”Energifilm”) testats, vilken främst syftar till att minska värmeförlusten genom fönstret mot ett kallare uteklimat. Energifilmen har i detta projekt provats i fält med den så kallade hotbox-metoden, varvid ett 2-glas-

fönsters värmeförlust kunnat mätas på plats i en kulturhistorisk byggnad: rådhuset i Gävle. Hotbox-metoden används normalt i laboratoriemiljö och ett viktigt syfte med projektet har varit att utvärdera metoden i fält. Förutom energifilmen provades även solreflekterande film ("Solfilm"), vilken främst avser minska transmission av strålningsvärme från direkt solljus. Studien innefattar även antikvariska och estetiska aspekter på applicering av fönsterfilmer, där byggnadsantikvarier anlitas för bedömning.

Resultaten pekar på att hotbox-metoden är användbar i fält, om än ganska mödosam att få på plats rent praktiskt. Mätresultaten indikerar att montage av Energifilm minskar värmetransporten (U-värdet) genom fönstrets glasade del med ca 31 % om filmen placeras på någon av glasytorna i spalten mellan glasen, medan minskningen blir ca 19 % vid placering på insidan av innerglaset. Placering i spalten tycks därmed effektivast när så är möjligt; det minskar också risken för kondens och kallras längs fönstrets insida. Rent ekonomiskt tycks det emellertid svårt att räkna hem någon vinst genom investering i varken energifilm eller solfilm. Montage av solfilm tenderar tvärtom att öka energikostnaderna. Termisk buffring i den tunga rådhusbyggnaden bidrar till att hålla nere den värmeökning som kan ske vid mycket solinstrålning och internvärme; solfilm torde komma bättre till pass i lättare byggnader. Rådhusbyggnaden var även försedd med mekanisk behovsstyrd ventilation, med möjlighet till ganska höga ventilationsflöden för kylning; i byggnader utan sådant system kommer solfilm till bättre nytta. Både energi- och solfilm förbättrar dock den termiska komforten, både avseende kyla och värme, särskilt för personer som befinner sig i närheten av fönstren. Så, snarare än minskade kostnader torde det vara komfort- och/eller miljöskäl som kan motivera investering i fönsterfilmerna. Fönsterfilmerna medförde minskad ljustransmittans (-16 % för Energifilm; -22 % för Solfilm) och viss (måttlig) färgförändring vid vissa ljusförhållanden och betraktelsevinklar. Över lag fick de studerade fönsterfilmerna emellertid tämligen hög acceptans av byggnadsantikvarierna, men man noterade att noggrannhet vid montage är mycket viktigt.

Från forskning till praktik: en utvärdering av två europeiska standarder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Inom området energieffektivisering av kulturhistoriskt värdefulla byggnader har mycket ny kunskap byggts upp under senare år. En viktig fråga är naturligtvis hur denna kunskap tillämpas i praktiken och vilka konsekvenser det får. Det här forskningsprojektet syftar till att undersöka en aspekt av denna fråga, nämligen vilken roll standarder och riktlinjer spelar i gränssnittet mellan forskning och praktik.

Projektet har genomförts i två delar. Dels har en undersökning genomförts i ett av Svenska kyrkans stift med avseende på den europeiska standarden EN 15759-1 om uppvärmning av kyrkor. Dels har den europeiska standarden EN 16883 "Riktlinjer för förbättring av energiprestandan i historiska byggnader" undersökts genom fallstudier både i Sverige och i andra europeiska länder. Datainsamling fortsätter inom denna studie inom ramen för projektet IEA/SHC Task 59 *Renovating Historic Buildings Towards Zero Energy*, där Energimyndigheten genom E2B2 programmet finansierar svenskt deltagande.

Projektet visar att de studerade standarderna används i mycket liten utsträckning trots att de har potential att bidra till effektivare energianvändning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Den ena standarden handlar om uppvärmning av kyrkor och den andra om

energieffektivisering av byggnader med kulturhistoriska värden. Båda standarderna innehåller riktlinjer för hur beslutsprocessen ska gå till, och skiljer sig därför ifrån tidigare standarder inom området. Studien visar att denna nya typ av standard uppfattas av både forskare och praktiker som relevant och användbar. Trots detta har de två studerade standarderna i låg grad kommit till användning, både i Sverige och i andra europeiska länder. I det undersökta stiftet användes standarden för att ta fram en policy angående installationer av nya värmesystem i kyrkobyggnaderna. Studien har visat att både beslutsprocesser och utförda åtgärder i kyrkorna förändrades i samband med att den nya policyn infördes. Samtidigt skedde dock andra förändringar, till exempel gällande systemet för kyrkoantikvarisk ersättning, vilka gör det svårt att säga vilken roll den nya policyn hade för utvecklingen. Slutsatsen är att det finns goda erfarenheter från hur stiftet arbetar med energi- och inneklimatrelaterade frågor vilka har potential att spridas till andra stift inom Svenska kyrkan och leda till effektivare energianvändning i kyrkor i hela landet. När det gäller standarden EN 16883 ”Riktlinjer för förbättring av energiprestanda i historiska byggnader” visar studien att intresset för att använda standarden är ljumt, även om den upplevts fungera väl i de undersökta fallstudierna, och den bedöms ha stor potential till att bidra till att mer genomtänkta avvägningar görs mellan bevarande och energisparande. Ett viktigt resultat är att standarden både måste göras mer attraktiv och att incitamenten för att använda den måste öka. Det förra kan uppnås genom att standarden kompletteras med material och utbildningsinsatser, det senare genom att krav ställs från beställare och myndigheter på att standarden ska användas.

Om-renovering Möjligheter för energieffektivisering och återskapande av kulturvärden när flerbostadshus renoveras på nytt

En om-renovering skapar möjligheter för energieffektivisering men också att uppnå mål om en god bebyggd och gestaltad livsmiljö. Studiens syfte är att undersöka möjligheterna att återskapa estetiska och historiska karaktärsdrag av flerbostadshus som blivit förändrad i samband med tidigare energisparprogram samtidigt som nya energieffektiviseringar kan genomföras, en process som vi valt att kalla för omrenovering.

Projektet har studerat om-renovering ur ett helhetsperspektiv vilket inkluderat energibesparingar, arkitektur och kulturvärden, genomförbarhet samt sociala värden. Studien har fokuserat på flerbostadshus uppförda före 1946 i Göteborg. Flera metoder och angreppssätt har använts i fyra delstudier.

En första delstudie var en inventering av ungefär en tredjedel av flerbostadshusen uppförda före 1946 i Göteborg. Målet var att undersöka hur husen har renoverats och deras status idag, med fokus på yttre synliga ändringar. Till inventeringen lades information från energideklarationer om energiprestanda vilket gjort det möjligt att undersöka samband mellan energiprestanda och renoveringar. Inventeringen visar att det är svårt att fastställa generella samband mellan tidigare renoveringar och energiprestanda med de sammanställda data. Slutsatsen är att inventeringar på fastighets- eller byggnadsnivå är nödvändiga för att ta rätt beslut vid nya energieffektiviseringar. I en andra delstudie gjordes fallstudier av fyra fastigheter med landshövdingehus; tre som omrenoverats och en som genomgått en första större renovering. Fallstudierna beskriver motiv för återställande av träfasader och ambitioner för energibesparingar. Det finns inga krav på återställande vid bygglov. De motiv som framkommer pekar i stället på ekonomiska och estetiska drivkrafter för om-renoveringar. Energieffektivisering var bara ett uttalat mål i ett fall och energibesparingarna blev lägre än vad som krävs för att uppnå våra svenska energimål.

Om-renoveringarna är en kompromiss mellan vad som uppfattats som estetiskt tilltalande och vad som varit ekonomiskt eller tekniskt genomförbart. Översyn från myndighetshåll av energi-effektiviseringar och kulturvärden framstår som bristfällig. En tredje delstudie har studerat de boendes syn på kulturvärden i boendemiljön i tre av de ovan nämnda fallen. Studien visar ett statistiskt samband mellan trivsel och uppskattning av kulturvärden. De boende känner till sitt hus' historia och uppskattar den. En del boende, särskilt de som bott länge på samma ställe, har en egen relation till husets och områdets historia. För andra, här representerat av flera yngre som bor i en äldre fastighet, är äktheten inte lika viktig vid ett återskapande som atmosfären. Slutligen, i en fjärde delstudie undersöktes energi- och klimatpåverkan från om-renoveringen i en av fallstudierna. Studien pekar på att återbetalningstiden för den inbyggda energi- och klimatpåverkan är strax under 25 år och därmed kortare än livslängden för material och komponenter som använts (omrenoveringen antas ha en livslängd på 50 år). En jämförelse mellan en återställd träfasad och en fasad med moderna fibercementplattor är till träfasadens fördel ur ett klimatperspektiv men inte vad gäller inbyggd energi. Rapporten avslutas med rekommendationer för konsulter, fastighetsägare och handläggare på kommuner och andra myndigheter som arbetar med frågor kring om-renovering.

Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk

Historiska byggnaders energiprestanda behöver hållbart förbättras samtidigt som kulturhistoriska värden bevaras. Ett byggnadsmaterial som hampakalk skulle kunna uppfylla en ny funktion i renovering av historiska byggnader.

Syftet är att finna en effektiv och resurssnål metod för tilläggsisolering av reveterade och putsade historiska trä- och tegelhus som är kompatibel med stommen, ökar energieffektiviteten, skapar en hälsosam och god inomhusmiljö samt bidrar till att bevara de kulturhistoriska värden. Målet med projektet var att utreda lämplighet och användbarhet av hampakalk som tilläggsisoleringmaterial i ett kallt svenskt klimat med svåra fuktförhållanden.

Det var väsentligt att klargöra förutsättningarna för eventuell mikrobiell påverkan på materialet. Ett delmål med projektet var därför att utvärdera risken för mikrobiell påväxt på hampakalk och att ta fram nyckeltal för dess kritiska fuktnivåer. Huruvida hampakalk skulle kunna fungera som tilläggsisolering på saltvittrande tegelmurverk har också undersökts. Här har det dels handlat om att förstå salternas beteende och skadeverkan samt vad som kan bidra till ett minimerande av skador. Där har hampakalk som invändigt tilläggsisoleringmaterial provats och utvärderats för att se om det kan bidra med ändrat mikroklimat och ändrad salttransport och därigenom minskade saltskador på putsytan.

Resultatet av projektet har visat att hampakalk fungerar utmärkt för att tilläggsisolera historiska trä eller tegelbyggnader. Uppmätt minskning av energianvändning för uppvärmning var 33–53 % i fallstudierna jämfört med originalkonstruktionen. Tilläggsisolering av hampakalk gav en bra fuktbalans i såväl murverket som trästommen, förutsatt att det kombineras med en för konstruktionen anpassad kalkputs. Som invändig putsbärare på saltskadat tegelmurverk gav hampakalken ett stabilare mikroklimat med minskat antal saltkristallisationscykler och därmed ett fördröjt skadeförlopp. Hampakalk kan bidra till god ljudmiljö och ett bibehållet brandskydd. Hampakalk kan användas där kulturhistoriska värden skall bevaras. Det gäller framför allt byggnader som står inför renovering eller omrenovering, där ett material behövs som är kompatibelt med såväl trä- och tegelstommar som traditionellt kalkputs vilka skall fortsätta utgöra kulturhistoriska värdebärande element för byggnaden.

Byggnadsantikvarisk solkartering: Potential för solelproduktion i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse

Utbyggnaden av solenergi går idag snabbt, och i många länder står idag solelproduktionen för 6–8 % av elbehovet. En stor del av solcellsanläggningar installeras på tak, vilket ställer krav på att installationerna integreras väl med den befintliga byggnaden, inte minst när det gäller kulturhistoriska byggnader och områden.

Det här projektet har som mål att producera en handbok som visar hur olika verktyg och metoder kan användas för att ge ett bättre beslutsunderlag när det gäller installation av solenergianläggningar på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse.

Handboken fokuserar på hur de kulturhistoriska värdena upplevs (i.e., upplevelsevärden), vilket till stor del beror på synintrycket av en solenergianläggning. Därför användes dels en kvantitativ metodik, vilken kvantifierar synligheten av potentiella solenergianläggningar och kombinerar denna med solenergipotentialen. Dels användes en kvalitativ metod där experter intervjuades, vilka, genom sin profession, på olika sätt kommer i kontakt med solenergifrågor och/eller antikvariska aspekter.

Resultaten visar att ett kvantitativt verktyg inte kan användas enskilt, men måste kombineras med andra, mer kvalitativa, metoder, det vill säga en mer nyanserad förståelse behövs för hur en installations färg, form och textur påverkar både för en enskild byggnad och för ett större bestånd. Produktutveckling mot mer integrerade lösningar är därför önskvärd även om detta i stället kan påverka de så kallade dokumentvärdena, det vill säga påverkan på byggnadens material blir högre än om traditionella, utanpåliggande solcellslösningar används. Resultaten från intervjustudien visar också att synen på solenergi på kulturhistoriska byggnader varierar mellan olika yrkesgrupper. Beslutsprocessen bör därför vara tvärfacklig och dialogbaserad. Slutligen bör inte de mest skyddsvärda byggnaderna vara föremål för solenergiinstallationer, men en mycket stor del av byggnadsbeståndet är mer eller mindre kulturhistoriskt värdefull, vilket betyder att det inte går att ignorera de antikvariska aspekterna om Sverige ska nå de uttalade energimålen.

Ventilation i kulturbyggnader

Energieffektivisering av äldre byggnader utgör en viktig del för att nå uppsatta mål inom energi- och klimatområdet. Samtidigt har äldre byggnader ofta höga kulturvärden, vilket är en komplicerande faktor när energieffektiviseringsåtgärder ska bestämmas och genomföras.

Projektet syftar framför allt mot att kunna lyfta fram praktiska tillvägagångssätt och exempel på energieffektiviserande ventilationsåtgärder som har förutsättningar att nå stor spridning, som kan genomföras med hänsynstagande till kulturhistoriska värden och som bedöms ha en tillräckligt god totalekonomi. Projektet har därför som mål att ta fram en praktisk vägledning, kallat Energieffektiva lösningar för kulturhistorisk värdefulla byggnader. Område – Ventilationsåtgärder, för de som i sin dagliga verksamhet jobbar med förvaltning av byggnader eller som kommer i kontakt med frågorna i samband med renoveringar, ombyggnationer eller rena energieffektiviseringsprojekt.

När det gäller underliggande arbete hänvisas till en rapport ”Energi- och inneklimatåtgärder på ventilation i kulturhistoriska byggnader – Mätningar och analys” som sammanfattar

litteraturstudier inom området och inte minst utvärdering av de genomförda pilotinstallationerna. I tre olika kulturhistoriskt värdefulla byggnader har följande lösningar utvärderats:

- Mekaniskt från- och tilluftssystem med värmeåtervinning installerat i kanal för självdrag
- Begränsning av självdrag nattetid med tidsstyrda spjäll
- Begränsning av självdrag säsongsvis med begränsning av kanalarea
- Begränsning av läckage genom tätning av fönster och portar

Slutligen har diskussioner förts vid workshops där projektet har sammanfört personal från olika fastighetsägare, myndigheter, antikvarisk kompetens och forskare. Förutom att diskutera olika aspekter av de åtgärder som projektet har behandlat, har diskussioner förts om regelverken som dels gäller bevarande dels luftkvalitet och hur avvägning mellan dessa kan och bör göras

Utvärderingen av värmeåtervinningssystemet och de tidstyrda spjällen visar på stor energibesparing medan effektiviseringen för de två andra lösningarna har varit svåra att påvisa genom entydiga resultat från mätningar. Detta betyder dock inte att besparingen även här kan vara betydande. Utöver de rena pilotinstallationerna har kunskapsuppbyggnaden skett genom erfarenheter som Fastighetsverket har tillfört från sex större renoveringsprojekt (se rapporten ”Ventilation i kulturhistoriskt värdefulla miljöer – Beskrivning av sex projekt inom Statens fastighetsverk”). Detta arbete har gett värdefulla insikter i vad som initierar projekten och hur man sedan arbetar praktiskt för att både uppfylla den aktuella hyresgästens krav och skydda byggnadens kulturvärden.

Etapp 4

Prosumenters perspektiv i kulturarvsdistrikt

Småskalig elproduktion (med solpaneler) förväntas ske närmare slutanvändare i städer och urbaniserade områden med kulturarvsmiljöer ej undantagna. Vid en urban energiomställning måste därför de unika arkitektoniska och kulturella aspekterna som finns i dessa miljöer respekteras och bevaras samtidigt som de anpassas resurseffektivt.

Syftet med studien är att involvera lokala aktörer i workshops och därigenom få möjligheter att bedöma hur eventuellt införande av solpaneler uppfattas och undersöka vilka incitament som kan pådriva eller förhindra en sådan utveckling.

Projektet utvecklar, testar och utvärderar ett tillvägagångssätt om hur potentiella slutanvändare eller prosumenter (producenter och konsumenterna av förnyelsebar energi) motiveras och ges möjlighet planera för solpaneler. Dessa undersökningar utförs i två fallstudieområden: Öjeby kyrkstad i Piteå, samt Södertorg i Visby. Deltagande designmetoder används och utvecklas för att tillvarata den underförstådda och erfarenhetsmässiga kunskapen bland olika intressenter. Demokratiska designmetoder kan bli avgörande för en lyckad energiomställning, eftersom den inkluderar intressenter på en lokal nivå, även slutanvändarna; det vill säga boende och verksamma i de berörda områdena.

Resultatet av en sådan design- och planeringsprocess kan medföra en mer accepterad integration av solpaneler i bebyggelsemiljöer. En utvecklad metodik kan möta upp lokala behov och värderingar och därigenom ge förutsättningar till en bättre anpassad och varsammare integration. En positiv synergieffekt är att den ovan beskrivna processen inte bara möjliggör en ökad elproduktion av förnybar energi utan också ger förutsättningar för en uppgradering av stadsmiljön. Det finns behov av att fortsätta utveckla metodiken tillsammans med berörda intressenter i urban living lab miljöer. Förslag till vidare forskning är att utveckla en virtuell testbädd, där metoden utvecklas i en iterativ lokal process tillsammans med till exempel boende och verksamma, intresseföreningar, lokala och regionala myndigheter och energibolag. Grupper med aktörer som sätts samman beroende på aktuellt storleksmässigt stadsområde som till exempel en grannskapsenhet eller en del av ett kulturarvsdistrikt. Expertis som bebyggelse-antikvarier, arkitekter, landskapsarkitekter och solcellsutvecklare är nödvändiga att involvera för att professionellt anpassa den nya tekniken i kulturarvsmiljöerna. Resultaten bör sedan valideras med kvalitativa undersökningar på utformningen och designen samt kvantitativa mätningar på tillförd elproduktion.

Rätt kombination av energi- och effektåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Privatpersoner och mindre fastighetsägare fattar viktiga beslut om energieffektiviseringsåtgärder i sina byggnader och det är angeläget ur ett samhällsperspektiv att dessa beslut blir bra i ett helhetsperspektiv. Det handlar dels om att målgruppen behöver kunskap om bredden av olika energieffektiviseringsåtgärder som det går att välja bland, dels om att det behövs en förståelse för hur olika åtgärder påverkar andra aspekter såsom kulturvärden, fuktsäkerhet och inomhusklimat.

Syftet med projektet är att utveckla ett verktyg som är ett beslutstöd riktat till privatpersoner och mindre fastighetsägare.

Projektet genomförs genom samverkan mellan forskargruppens olika specialistkompetenser och expertgruppens medlemmar som representerar olika nyckelkompetenser utifrån projektets frågeställning. Arbetet utgår från tidigare genomförda projekt och hur dess olika resultat kan kombineras för att hitta optimala lösningar. I det arbetet är det angeläget att ha en bred forskar- och expertgrupp som kan analysera olika kombinationer av resultat ur tillräckligt många synvinklar samtidigt som det finns en förståelse för helheten och tillämpningen. Arbetet inkluderar en litteraturstudie av tidigare projektresultat samt andra källor inom renovering, nationellt och internationellt, samt kvalitativ genomgång av fastighetsägares erfarenheter av tänkbara åtgärder. Ett antal möjliga kombinationsscenarioer som tillämpas på olika typbyggnader har analyserats både kvantitativt och kvalitativt. Utifrån dessa resultat har ett verktyg som ska kunna användas som ett beslutstöd tagits fram.

Från *Spara och Bevara* och andra sammanhang finns det många resultat och mycket kunskap om energieffektiviseringsåtgärder som kan synteseras och därigenom kan de enskilda projektens resultat växlas upp och få ett större värde för samhället. Samtidigt kan många energieffektiviserande åtgärder påverka byggnaders arkitektur, estetik och befintliga konstruktion, både invändigt och utvändigt, vilket i sin tur påverkar hur enkelt eller svårt det är att göra olika åtgärder utan att byggnaders kulturvärden påverkas. Verktyget som är i form av en interaktiv PDF-fil ska vara ett stöd för tidigt i processen (motsvarande förstudie) kunna diskutera olika åtgärder utifrån ett tvärvetenskapligt angreppssätt. Beslutsstödsdelen utgörs av att användaren för olika energieffektiviseringsåtgärder gör bedömningar av åtgärdernas påverkan på ett antal olika aspekter såsom energi, kulturvärden, fuktsäkerhet och ekonomi utifrån det egna husets förutsättningar.

Energieffektivisering och varsam renovering av fritidshus

Trots det växande intresset för byggnaders miljö- och klimatpåverkan i allmänhet, är effekterna av ökad användning, potentiella renoveringar och energieffektiviseringsförbättringar i fritidshus relativt outforskade. Dessutom har de kulturella och historiska värdena som är förknippade med fritidshus inte undersökts i tillräcklig utsträckning. Projektet handlar därför om fritidshusbeståndet i Sverige, hur det används och vilka effekter eventuell renovering och energieffektivisering har på energianvändningen, flöden av byggmaterial, och kulturvärden i fritidshusbebyggelsen.

Projektet har tre syften:

1. Att samla information och få en ökad kunskap om det svenska fritidshusbeståndets kulturvärden, byggnadsteknik, installationsteknik, ägande, nyttjande samt energi- och resursanvändning;
2. Att ta fram de mest relevanta energieffektiviseringsåtgärderna anpassade till olika fritidshustypologier inom urvalet av fritidshus med kulturvärden. Varje åtgärd ska bedömas utifrån energibesparingspotential, fuktrisker, innemiljö, kulturvärden samt resursanvändning i form av kostnad, material och klimatavtryck;
3. Att etablera kontakt med myndigheter, energikontor, rådgivare inom renovering och kulturvård och branschorganisationer för att samla information men även sprida resultat från studien i både vetenskaplig och populär form.

Detta har gjorts genom en identifiering av olika typer av svenska fritidshus, hur de används, dess energianvändning samt genomförda och planerade renoveringsåtgärder. Projektet har syntetiserat befintlig kunskap och utvecklat en metod för en bred kartläggning i ett nästa steg. Metoden bygger på rapportering av information från ägare genom en enkät som utvecklas och testas för ett antal typer av fritidshus och användarprofiler. Ett antal lämpliga energieffektiviseringsåtgärder anpassade för olika typer av fritidshus har identifierats. För varje åtgärd har energieffektiviseringspotentialen och klimatpåverkan och eventuell påverkan på kulturvärden uppskattats.

En beslutsstöds-guide och ett energisimuleringsverktyg har utvecklats för att hjälpa ägarna att analysera och bedöma energibesparingar baserat på olika åtgärder och uppvärmningssystem. Verktyget kan jämföra energibesparingar från att sänka temperaturen när huset är obebott med installation av värmepumpar eller tilläggsisolering. Resultaten visar att sänka temperaturen när huset är obebott är en effektiv åtgärd, men det är viktigt att undvika fuktproblem. Luftvärmepumpar kan ge betydande energibesparingar trots vissa begränsningar. Simuleringsverktyget är användarvänligt och hjälper ägare att jämföra olika åtgärder baserat på deras specifika energiprestanda och användningsmönster. I Sverige kan fritidshusägare få råd från energi- och klimatrådgivare samt läns museer. Rådgivarna rekommenderar ofta beteendeförändringar och systemgranskning innan större åtgärder vidtas. Projektet har bidragit till forskning om byggnadsbeståndet och dess relation till det nationella energisystemet, och resultaten kan användas för att uppdatera myndigheter och utforma styrmedel för energieffektivisering. Fortsatt forskning behövs för att göra omfattande beräkningar av energieffektiviseringspotentialen i svenska fritidshus.

Renoveringspraktiker i ödehus: Bättre förutsättningar för varsam energieffektivisering

Det finns i dag ett stort bestånd av obebodda hus, så kallade „ödehus“ i Sverige som börjat uppmärksammas av kommuner och Boverket. Ödehusen framställs ibland som ett stort samhällsproblem, men de utgör i själva verket resurser. De bär på kulturhistoriskt värde, deras byggmaterial har framställts med energi, och många av dem borde kunna återanvändas av människor som vill leva på landsbygd eller nära städer.

Syftet med projektet har varit att vinna ny kunskap om vilka husen är, lära oss om hur de kan tas i bruk igen och vilken deras energiparpotential är.

Utifrån en översikt av befintlig kunskap om byggnadsbeståndet har ett mindre antal återanvända hus valts ut som fallstudie. De valda byggnaderna har dokumenterats och de nya husägarnas sätt att använda kunskaper, material och teknologi (renoveringspraktiker) har undersökts genom intervjuer, dokumentstudier, studier av bildmaterial, och hembesök. Genom detta har det varit möjligt att följa renoveringen, och hur energianvändningen i husen påverkas av de förändringar som görs. Baserat på detta har projektet sökt förbättra förståelsen för hur fler av dessa hus kan tas i bruk och energieffektiviseras med varsamhet gentemot kulturhistoriska värden. Detta ger också mer kunskap om hur föra detta ödehus kan energieffektiviseras i samband med renovering.

Resultaten av projektet visar att Sveriges bestånd av obebodda hus bär på potential som materiella resurser och ekonomiskt överkomliga bostäder för hushåll med ambitioner om resurshushållning, samtidigt som de utgör utmaningar relaterat till uttjänta värmesystem, rötskador, skadedjursangrepp, otillfredsställande termisk komfort och avsaknad av hygien-

utrymmen såsom badrum. Beståndet utgör också en del av större utmaningar relaterat till lagstiftning kring fastighetsägande, och kommunal insyn i byggnadsbestånd utanför detaljplanerat område. Det förefaller finnas ett ansevärt samhällsintresse för att återanvända husen, men från kommunalt håll påtalas missnöje med rådande juridiska, ekonomiska och administrativa verktyg. Dessa utmaningar kan även relateras till tidigare påtalade brister i PBL gällande påföljder för ovårdade fastigheter och frånvarande fastighetsägare. Fallstudierna med de valda hushållen indikerar att olika motivationer driver renoveringen, men att de präglas av acceptans för ett liv med minskad energiförbrukning, antingen under renoveringen eller som övergripande livsstil. Flera hushåll uppvisar en ovilja mot att utföra storskaliga energisparåtgärder såsom tilläggsisolering och fönsterbyte, men har i några fall omvärderat detta till följd av byggnadens skick. Fallstudierna visar även på att de som köper ett tidigare obebott hus har tillgång till professionell kompetens kring byggnader (praktisk eller teoretisk) inom sitt direkta kontaktnät, samt att renoveringen kan utföras förhållandevis fritt från krav på bygglov. I samtliga fall förändras eller kompletteras byggnadernas tidigare värmesystem under renoveringen, vanligen till centralvärme.

Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader – Implementering

Det finns behov av att energieffektivisera befintligt byggnadsbestånd. För att energieffektiviserande åtgärder i historiskt värdefulla byggnader skall ge planerat resultat utan att orsaka oönskade effekter i form av skador på byggnaden eller att kulturvärden går förlorade, krävs ett kompetent helhetstänkande. En metodik för att kunna genomföra energieffektivisering av befintliga byggnader, som tar hänsyn till helheten, har efterfrågats både nationellt och internationellt.

Målet för detta projekt har varit att med hjälp av expertis inom olika områden utveckla och testa en metodik för statusbestämning av befintlig byggnad samt riskbedömning av åtgärder för en effektivare energianvändning i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse.

En metodik, KuReRA, med tillförande informationsmaterial har nu utvecklats. KuReRA är utformad för att kunna göra helhetsbedömningar där byggnadsantikvariska, byggnadsfysikaliska och byggnadsbiologiska aspekter vägs samman för att minimera riskerna vid energieffektivisering i kulturhistoriska byggnader. Metoden genomförs i två steg, varav det första och mest grundläggande steget är statusbestämning. Statusbestämningen genomförs av byggnadsfysiker, byggnadsantikvarie och byggnadsbiolog på plats i den aktuella byggnaden. De tre specialisterna undersöker och dokumenterar byggnadens och ingående byggnadsdelars nuvarande skick, status och värde med hjälp av checklistor. Genom att byggnaden går igenom systematiskt, del efter del, byggs en förståelse upp för byggnadens funktion och aktuella kritiska detaljer. Tanken med att detta genomförs av alla tre specialister samtidigt är att de under processens gång delar med sig av observationer, uppmärksammar varandra på olika aspekter, och har ett givande utbyte där respektive disciplin belyser byggnadens egenskaper ur sitt perspektiv. På så sätt byggs gemensamt upp en bättre förståelse av byggnaden som helhet. Det är med utgångspunkt i detta, och i statusbestämningens resultat, som metodens andra steg – riskbedömningen – genomförs. Under riskbedömningen analyseras och diskuteras möjliga åtgärder, risker och konstaterade åtgärdsbehov, där man tar hänsyn till byggnadens konstruktioner, material, kulturhistoriska värden, och eventuella befintliga skador eller problem. Detta mynnar ut i en lista på rekommenderade åtgärder, som tar stöd i dokumenterade observationer, registrerade data, mätningar, beräkningar och allmänna bedömningar som gjorts under de två första stegen. Denna slutprodukt är tänkt att fungera som genomarbetat beslutsunderlag, exempelvis för fastighetsägare.

Metodikerna har testats på ett antal verkliga objekt, men har ännu så länge inte själva genomförandet och uppföljningen av åtgärder kunnat genomföras. I en nästa fas planeras att testa metodiken i full skala på verkliga objekt, när hela processen testas i form av pilotstudier. Positiva kontakter och diskussioner är redan i gång med både fastighetsbolag och konsulter som är positiva till att delta.

Energieffektiviserings- och klimat- omställningsåtgärder med bevarade kulturvärden för medeltida kyrkors takkonstruktioner av trä

Projektet gäller ett dolt kulturarv – de upp till tusen år gamla takkonstruktionerna av trä i svenska och norska medeltida kyrkor. Det har initierats mot bakgrund av att klimatförändringarna kommer fortare än förväntat och att åtgärder för energieffektivisering, energiomställning och klimatanpassning vidtas i hög takt. Det är därför angeläget att de åtgärder som genomförs varken skadar dessa unika konstruktioner tekniskt eller reducerar deras kulturhistoriska värden.

Den övergripande frågan projektet syftar att besvara frågan: Hur ska medeltida takkonstruktioner bäst tas om hand i ett förändrat klimat och med krav på energieffektivisering? Detta kommer resultera i en vägledning för yrkesverksamma.

Underlaget till vägledningen består av uppgifter från fyrtiotre yrkesverksamma, kunniga fastighetschefer, hantverkare, konsulter och myndighetspersoner som kommer i kontakt med konstruktionerna i sin vardag. De har intervjuats en och en och sedan deltagit i workshops för att diskutera:

- Vad gör takkonstruktionerna värdefulla?
- Vilka utmaningar finns med att bevara dem?
- Vilka goda lösningar vill vi lyfta fram?
- Vilka kunskapsbehov finns?

Resultatet är en vägledning till god förvaltning av dessa medeltida tak. I en samling lättillgängliga tematiska blad, en serie videofilmer och två rapporter tar vägledningen upp:

- Värden: Vad betyder det här kulturarvet för dagens och morgondagens människor?
- Inspektioner: Varför är inspektion av kyrkvinden avgörande och hur kan det gå till?
- Isolering: Varför är isolering en risk och hur kan man tänka kring isolering av medeltida kyrkvindar?
- Uppvärmning, komfort och inomhusklimat: Hur balanserar man krav på energieffektivisering med bevarande av kulturvärden?
- Åtgärder på tak och kyrkvindar: Vilka strategier respekterar bäst traditionella, väl fungerande konstruktioner och byggtekniker?
- Kompetens, kunskap och samverkan: Hur kan vi arbeta långsiktigt och tvärdisciplinärt för att skydda våra kyrktak?

Värdering av åtgärder för energieffektivisering och förbättrat inomhusklimat i 1970-talets kulturmiljöer

En stor del av Sveriges bostadsbestånd byggdes under efterkrigstiden. Ca ⅓ av bostäderna utgörs av flerbostadshus. I detta bostadsbestånd finns idag ett stort renoveringsbehov och samtidigt en stor energibesparings potential. För att uppnå svenska och internationella hållbarhetsmål krävs en medveten och långsiktig förvaltning av dessa bostadsmiljöer, som måste hanteras lokalt. Projektets mål är att undersöka och värdera möjliga åtgärder för energieffektivisering och förbättring av inomhusklimat i 1970-talets flerbostadshusområden och hur dessa kan påverka områdets kulturhistoriska och arkitektoniska värden.

Projektet bygger på en fallstudie av två flerbostadshus i Centrumområdet i Piteå, byggda under 1970-talet och representativa för den tidens byggnadsteknik och arkitektur. Området är utpekat i stadens kulturmiljöprogram och byggnaderna kännetecknas av modernistisk arkitektur med fasader av tegel och plannjaplåt. Fallstudien omfattar mätningar av energiprestanda, modellering och utvärdering av energieffektiviseringsåtgärder, samt enkäter och workshops med boende. Tre olika scenarier för energieffektiviseringsåtgärder utvecklades, vilka utgjordes av ett "lätt", ett "mellan" och ett "tungt" paket med åtgärder. Det lätta paketet innefattar energieffektiviseringsåtgärder som bedöms ha liten eller ingen påverkan på byggnadernas kulturhistoriska och arkitektoniska värden. Mellan åtgärdspaket innefattar mer omfattande åtgärder som bedöms ha viss påverkan på byggnadernas kulturhistoriska och arkitektoniska värden. Tungt åtgärdspaket innefattar omfattande åtgärder som bedöms ha stor påverkan på byggnadernas kulturhistoriska och arkitektoniska värden.

Resultaten visade att lätta åtgärder gav en energibesparing på 16–18 % utan att ändra byggnadernas energiklass. Mellanpaketet gav större besparingar och förbättrade energiklassen för trevåningshuset från E till D medan sexvåningshuset behåller samma energiklass D. Tunga åtgärder mer än halverade energianvändningen för uppvärmning och nådde energiklass C. Inomhusklimatsimuleringar visade förbättringar med mellan och tungt paket, särskilt under vintern, medan påverkan under sommaren var marginell. Ekonomiskt sett kunde inga av paketen finansieras enbart genom framtida energibesparingar. Projektet bidrar med viktig kunskap om hur energieffektivisering kan genomföras i kulturhistoriskt värdefulla byggnader från 1970-talet, och understryker vikten av att balansera energieffektiviseringar med bevarande av kulturvärden. En utmaning är att byggnadstypen inte självklart uppfattas vara en kulturmiljö, särskilt inte av de boende, även om många uppskattar de byggnads-kvaliteter som lyfts fram bland annat i kulturmiljöprogrammet.

Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera? Energianvändning i hela livscykeln

Bostads- och servicesektorn i Sverige står idag för ungefär 40 % av Sveriges totala årliga energibehov. Förutom detta används en stor mängd energi för nyproduktion, underhåll och rivning av byggnader. Att minska energianvändningen i byggsektorns hela livscykel är en nyckel för att nå uppsatta energi- och klimatmål.

Detta projekt har syftet att analysera vad som är bäst ur ett energiperspektiv, men även avseende global uppvärmningspotential; om en befintlig byggnad antingen ska rivras och ersättas med en ny mer energieffektiv byggnad eller om den ska renoveras, och iså fall hur.

Ett faktiskt projekt i centrala Lund ligger till grund för analysen. Fem huskroppar på fastigheten Sjuksystem 2, en del av sjukhusområdet, behöver rivas för att ge plats för sjukhusets vidare expansion. En analys har utförts avseende energibehov för uppvärmning vid olika renoveringsåtgärder, möjlighet till återbruk av material och nyproduktion av byggnad med samma utformning som den befintliga. Analysen utgår från de kulturvärden som finns i byggnaderna och platsen. Eventuella renoveringsåtgärder och gestaltningen av den nya byggnaden som analyseras är alla utförda för att bibehålla de kulturvärden som framkommit vid intervjuer av tidigare brukare och arbetare på platsen, besiktning av byggnader och inventering av platsen.

Resultatet visar att det går att minska energibehovet vid renovering med upp till hälften av det ursprungliga behovet med åtgärder som bibehåller kulturvärden; vindsisolering, invändig yttreväggsisolering, installation av FTX och byte av fönster. Ett alternativ till fönsterbyte är att byta den inre glasrutan mot en glaskassett. Energinbehovet för uppvärmning minskar betydande även för detta alternativ, samtidigt som kulturvärden i befintliga fönster kan behållas. Vid beräkning av global uppvärmningspotential (GWP) för de olika energieffektiviserande åtgärderna har val av energimix för uppvärmning avgörande betydelse. GWP från valda material är också avgörande för resultatet. Vid behov av åtgärd på fönster testades alternativen att behålla, byta innerglas till LE-ruta, byta innerglas till glaskassett eller att byta fönstret. Att sätta in en glaskassett beräknas till att minska energibehovet med 8 %, jämfört med 13 % för ett nytt fönster. Beroende på val av energimix ger de olika åtgärderna olika resultat för GWP. Värt att notera är att installation av ett nytt fönster kan innebära en högre total GWP trots avsevärd energieffektivisering medan en glaskassett alltid ger en lägre GWP oavsett val av energiscenario. Beroende på val av energiscenario kan GWP från en nyproducerad mycket energieffektiv byggnad vara högre än vid renovering av en befintlig. Även om en nybyggnad har en lägre energianvändning än den befintliga byggnaden så resulterar en nybyggnad i högre GWP, vid energiscenario I–III som används i denna studie. Återbruk av tegel ger en något lägre GWP vid nyproduktion av byggnad. Det möjliggör dessutom bevarande av kulturvärden vid en eventuell rivning av befintlig byggnad.

Databas med goda exempel på varsam energieffektivisering – en genomförbarhetsstudie

Goda exempel, eller ”best practice”, på varsam energieffektivisering har ett stort pedagogiskt värde och efterfrågas ständigt. Den internationella databasen HIBERatlas innehåller ett hundratal byggnader runtom i Europa som visar best practice men det hade varit svårt att få in objekt som visar svensk best practice.

Syftet med projektet var att undersöka hur HIBERatlas skulle kunna bli en långsiktig kunskapsresurs för svenska målgrupper? Vad skulle krävas för att löpande fylla på databasen med relevant och kvalitetssäkrat innehåll? Hur kan databasens fortlevnad säkras på lång sikt, ekonomiskt och administrativt?

Undersökningen delades upp i fyra delar:

- Behovsanalys: Enkäter och intervjuer med olika aktörer
- Metoder och drivkrafter: Lägga in objekt i databasen i nära samverkan fastighetsägare och andra aktörer
- Utveckling och anpassning av den befintliga databasen
- Förutsättningar för långsiktig drift och förvaltning

Studien visar att det bland svenska aktörer finns ett stort behov av goda exempel på varsam energieffektivisering. Den befintliga databasen är en resurs med stor utvecklingspotential. Den kan erbjuda ett dynamiskt och levande bibliotek som kan ge inspiration och vägledning. Det krävs en administrativ överbyggnad för drift, underhåll och kvalitetssäkring. Finansiering kan till viss del ske med projektmedel, men en större satsning det kräver ett långsiktigt åtagande.

Potential och policies för energieffektivisering i stora bestånd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Detta är en sammanfattning för tre samordnade projekt som löpt över flera etapper:

1. Potential och policies för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945 – Energisystemaspekter
2. Potential och policies för energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945 – Antikvariska aspekter
3. Kategorisering av det svenska beståndet av kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Projekten har genomförts i ett tvärvetenskapligt samarbete mellan Linköpings universitet och Uppsala universitet.

Det övergripande målet med detta projekt var att ge underlag för utveckling av nya policies, riktlinjer och styrmedel för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader. I det följande sammanfattas resultaten.

Metodutveckling och beslutsstöd

En hållbar förvaltning av historiska byggnader kräver breda och långsiktiga kompromisser mellan sociala, antikvariska, ekonomiska och miljömässiga aspekter. Den föreslagna metoden gör det möjligt att väga kulturvärden mot teknisk-ekonomiska faktorer. Metoden omfattar följande steg:

1. Kategorisering av byggnadsbeståndet för att identifiera representativa byggnadstyper. För varje kategori:
2. Sätt mål för energiprestanda och för bevarande.
3. Ett första urval av åtgärder från en bruttolista med alla möjliga åtgärder.
4. Teknisk-ekonomisk optimering för att det paket av åtgärder som ger lägsta livscykelkostnaden.
5. Riskbedömning med avseende på kulturvärden, inneklimat och fuktskador.
6. Analys av förväntat resultat i förhållande till målen.

Inom projektet har fyra huvudsakliga fallstudieområden använts för att utveckla och testa metoder för att hantera energieffektivisering och kulturvärden på byggnadsbeståndsnivå. Dessa har varit den historiska stadskärnan i Visby, det klassificerade byggnadsbeståndet av flerbostadshus i Stockholms kommun, det kulturhistoriskt inventerade byggnadsbeståndet i Halland samt Vasastaden i Linköping.

Utvecklingsarbetet har också legat till grund för en Europeisk standard och en svensk handbok.

Analys av energianvändning i det svenska beståndet av kulturhistoriskt värdefulla byggnader utifrån energideklarationsdatabasen Gripen

Denna del av projektet visar hur en relativt enkel statistisk analys av stora byggbestånd kan ge en översikt och ge vägledning för planerare och beslutsfattare. Energianvändningen i byggnader som byggdes före 1945 står för en betydande del av energianvändningen i den svenska byggnaden. Det är cirka 27 % av all energi som används i enfamiljshus och 18 % av den energi som används i flerfamiljshus. Byggnaderna som byggdes före 1945 står för en betydande del av den nationella energianvändningen och bör inte automatiskt undantas från samhällets krav på lägre energianvändning. Detta är också ett ålderssegment av byggnadsbeståndet där välplanerade åtgärder kan ge betydande energibesparingar på nationell nivå med begränsade effekter på kulturvärdena.

Boverket har en allmän rekommendation att byggnader som byggdes före 1920 ska betraktas som särskilt värdefulla, Energianvändningen i byggnaderna som byggdes före 1920 är 4 % i hyreshus och 12 % i enfamiljshus. Detta är fortfarande en betydande del av energianvändningen, särskilt för enfamiljshus, men det är rimligt att vara mer restriktiv när det gäller mål och åtgärder.

Byggnader som byggdes före 1845 står för en mycket liten del av energianvändningen för byggnader, 0,9 % i enfamiljshus och 0,2 % i hyreshus. Dessa byggnader har i allmänhet ha större kulturvärden och är därmed mer känsliga för renoveringsåtgärder än resten av byggnadsbeståndet. Ur nationell synvinkel bör denna del av byggnadsbeståndet således inte vara en prioriterad grupp när det gäller att uppnå nationella mål för energibesparing. Detta betyder inte att dessa byggnader saknar potential för energibesparingar, snarare att mål och åtgärder bör baseras på förutsättningarna i den enskilda byggnaden.

I den allmänna diskussionen har framförts olika åsikter om äldre byggnaders energiprestanda, att äldre byggnader skulle vara sämre eller till och med bättre än nya byggnader. Resultaten visar att man bör vara försiktig med att göra antaganden om energiprestanda baserat på ålder. Enerkiprestanda är mer eller mindre densamma för äldre byggnader tills den når en brytpunkt där energiprestanda gradvis blir bättre. Brytpunkten inträffar på 1960-talet för enfamiljshus och på 1970-talet för flerfamiljshus.

Undersökningen pekar på både ett behov av differentierade mål men också på metoder för att uppnå detta.

Kategorisering av byggnader med kulturvärden

För att kunna arbeta strategiskt med energieffektivisering i större bestånd av byggnader krävs att byggnadsbeståndet på något sätt reduceras till ett hanterbart antal kategorier som ger en tillfredsställande statistisk representation av hela beståndet.

Den föreslagna metoden för kategorisering av en byggnadsmassa består av tre steg:

1. Insamling av data
2. Kategorisering
3. Val av typiska byggnader (arketyper)

En mer ingående analys av energisparpotentialen görs för de typiska byggnaderna. Resultaten kan sedan extrapoleras för att säga något om potentialen i varje kategori av byggander. Detta kan i sin tur ligga till grund för differentierade mål och strategier.

Geografiska analyser av byggnadsbestånd med fokus på kulturhistoriskt klassificerade byggnader

Målet med detta arbete var att visa på möjligheterna till att slå samman informationen från olika databaser för att kunna visa på hur stor potentialen för energibesparing ser ut i olika delar av byggnadsbeståndet och även peka på konsekvenser av att lägga restriktioner på energieffektivisering i högt värderade och klassade byggnader.

Den utvecklade metoden byggnadsbestånden i Stockholm och Halland, där det redan fanns en systematisk värdering av byggnaders kulturvärden har testats. Det väsentliga är den framtagna och testade metoden som ger möjlighet att ta fram bättre underlag för planering, mål och strategier vad gäller energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

I både Halland och Stockholm framgår att flertalet av de klassade byggnaderna har sämre energiprestanda än byggnadsbeståndet i övrigt. De högst klassade byggnaderna står för en mycket liten del av den totala energianvändningen vilket bidrar till slutsatsen att det är bevarandemål som bör prioriteras vid energirenovering av de högst klassade byggnaderna.

Teknisk-ekonomisk potentialbedömning för energibesparing

En metodik som utvecklades vid avdelningen Energisystem på Linköpings universitet under etapp 2 av Spara och bevara har vidareutvecklats för teknisk-ekonomisk potentialbedömning av energibesparing samt bedömning av påverkan på det omgivande energisystemet av kostnadsoptimal renovering av ett byggnadsområde.

Resultaten visar att det är möjligt att förutse de ekonomiska och miljömässiga konsekvenserna på det omgivande fjärrvärmesystemet av kostnadsoptimal energirenovering av ett historiskt byggnadsområde både med avseende på LCC och specifika energimål. Den övergripande metodiken är tillämpbar oberoende av byggnadskaraktistik och prestanda. Med hjälp av metoden kan man:

- Identifiera kostnadsoptimal energirenoveringsstrategi
- LCC-optimera utifrån nationella energimål
- Förutsäga systemkostnaden samt miljöpåverkan före och efter kostnadsoptimal energirenovering

Integrering av antikvarisk bedömning och teknisk ekonomisk optimering av energianvändning och LCC – Visby som fallstudie

Denna studie visar hur den ovan nämnda metoden kan tillämpas på ett specifikt område. Målet är att på områdesnivå hitta en hållbar balans mellan energisparande och bevarande.

Den övergripande metoden består av följande steg

1. Kategorisering av byggnadsbeståndet – för Visby resulterade det i 12 arketyppbyggnader.
2. Definiering av restriktioner för energieffektiviserings scenarier med utgångspunkt i bebyggelsens utpekade kulturvärde och karaktärsbärande element.
3. Livscykelkostnads (LCC)-optimering av de 12 arketyppbyggnader.
4. Uppskalning och analys av energieffektiviseringspotential och bevarandepotential på beståndsnivå.
5. Framtagande av differentierade energireoveringsstrategier.

Arbetet visar dels att metoden som sådan fungerar, dels att den ger användbara resultat för specifikt område. Av studien framgår att för ett så heterogent byggnadsbestånd som i Visby är generella riktlinjer och strategier för energibesparing inte ändamålsenliga. Det gäller rent energibesparingsmässigt men framförallt vilket också har varit fokus för denna studie när det gäller att ta hänsyn påverkan på byggnaders kulturvärden. En av studiens viktigaste resultat är att vi tydligt kan visa att det finns skäl till att utveckla differentierade energireoveringsstrategier för att klara målsättningen att både spara energi och att bevara byggnaders kulturvärden. Det vi har kunnat se i Visbyfallet är att det finns en avsevärt större energisparpotential i byggnadsbeståndets stenbyggnader på grund av sämre termisk prestanda. En förutsättning för att ta vara på denna potential är att utforma riktlinjer för stenhus respektive trähus. Eftersom flerfamiljshusen utgör den största andelen uppvärmd yta skulle det vara mest fördelaktigt att börja energiförbättra denna del av byggnadsbeståndet.

Effektsignatur

I allmänhet anges en byggnads prestanda i specifik energianvändning (kWh/m²). Detta är ett osäkert mått bland annat på grund av varierande beteendemönster i byggnader. En byggnads specifika energianvändning ger alltså inte en rättvis beskrivning av byggnadens nuvarande termiska egenskaper och energieffektiviseringspotential. Däremot är det möjligt att med statistisk analys bestämma en byggnads effektsignatur (även kallad energisignatur) som anger en byggnads prestanda baserat på ett antal parametrar såsom specifika värmeförluster (W/°C) och balanstemperatur (°C) och utomhustemperatur.

Fördelarna med metoden inkluderar:

- Möjlig prediktion av den kostnadseffektiva energieffektiviseringspotentialen i ett nationellt byggnadsbestånd.
- Identifiering av sambandet mellan kostnadseffektiv energieffektiviseringspotential och byggnaders energianvändning.
- Identifiering av byggnader med högst potential sett till energieffektivisering och kostnadsbesparing.
- Möjlig kostnadseffektiv potentialbedömning baserad på olika energimål.

Bilaga 2. Redovisade publikationer

Denna förteckning bygger de projektredovisningar som lämnats in till Energimyndigheten. Det finns ett mörkertal i och med att en del artiklarna inte var publicerade vid redovisning samt att det tillkommit publikationer efter att projekten avslutats.

Publikationerna redovisas för varje projekt vilket gör att det kan finnas dubletter.

Detta är arbetsmaterial framtaget som underlag till syntesrapporten för Spara och bevara.

Energibesparingar i kyrkor: Luftläckage-, nedsmutsnings- och klimatmätningar

Journalartiklar

- Hayati A., Mattsson, M., and Sandberg. (2014). Evaluation of the LBL and AIM-2 air infiltration models on large single zones: Three historical churches. *Journal of Building and Environment*, 81, p. 365–379.

Konferensartiklar

- Mattsson, M., Sandberg, M., Claesson L., Lindström, S., and Hayati A. (2013). Fan pressurization method for measuring air leakage in churches – wind and stack induced uncertainties. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation (EWCHP)*, Bozen 2013, Milano: Felix Verlag, p. 63–68.
- Hayati A., Mattsson, M., Sandberg, M., and Linden E. (2013). Evaluation of two air infiltration models on a church. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation (EWCHP)*, Bozen 2013. Milano: Felix Verlag, p. 47–53.
- Sandberg, M., Sattari A., and Mattsson, M. (2013). Plaster finishes in historical buildings – measurements of surface structure, roughness parameters and air flow characteristics. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation (EWCHP)*, Bozen 2013. Milano: Felix Verlag, p. 69–75.
- Sattari A., and Sandberg M. (2014). PIV visualization of air flow over a wall-mounted radiator. *Proceedings of Roomvent, 13th SCANVAC International Conference on Air Distribution in Rooms*, , São Paulo, Brazi 2014l. p. 230–236.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning projekt

Journalartiklar

- Leijonhufvud, G., and Bylund-Melin, C. (2009). Bevarandeklimat i Historiska Byggnader. *Meddelelser*.
- Bylund Melin, C, and Legner, M. (2014). The relationship between heating energy and cumulative damage to painted wood in churches. *Journal of the Institute of Conservation*, 37(2), p. 94–109.

- Bylund-Melin, C., Gebäck, T., Heintz, A., and Bjurman, J. (2014). Comparison of two methods for monitoring moisture profiles in wood. Submitted for publication
- Bylund-Melin, C. and Bjurman, J. (2015). Development of moisture gradients in wood subjected to RH and temperature simulating indoor climate variations. Submitted for publication.

Konferensartiklar

- Bylund-Melin, C., Bjurman, J., Brunskog, M., and von Hofsten, A. (2010). Painted wood as a climate Indicator? Experiences from a condition Survey of painted wooden panels and environmental monitoring in Läckö Castle, a dehumidified Historic Building. In: *Multidisciplinary conservation: a holistic view for historic interiors joint interim-meeting of five ICOM-CC working groups*, Rome 2010. Paris: International Council of Museums, p. 1–12.
- Bylund-Melin, C., and Legner, M. (2012). Quantification, the link to relate climate induced damage to indoor environments in historic buildings. In: *Climate for collections: Standards and uncertainties: Postprints of the Munich Climate Conference*, Munich 2012. Munich: Doerner Institute p. 311–323.
- Bylund-Melin, C. (2012). Hygroscopic Art Objects Housed in Historic Buildings – A valuable source for re-evaluating climate criteria and saving energy? *Postprints from the Conference Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press.
- Bylund-Melin, C. Comparing different climatized regimes in an unheated, dehumidified building using isopleth and isoperm methods. Manuskript
- Bylund Melin C. and Allegretti, O. Deformative behaviour of painted wooden panels in relation to fluctuating microclimate conditions in Läckö Castle. Manuskript

Energieffektiva åtgärder mot mögelproblem i kyrkor och andra kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Journalartiklar

- Bjurman, J. (2015). Control of mould risk in Swedish Churches by conservation heating or dehumidification using a commercial webbased climate control system. Manus to be published Justin
- Viitanen, H., and Bjurman, J. (1995). Mould growth on wood under fluctuating humidity conditions. *Material und Organismen* 29 (1), p. 27–46.

Konferensartiklar

- Bjurman, J., and Leijonhufvud, G. (2012). An analysis of microclimate differences leading to sporadic mould growth in Skokloster Castle, an unheated historic building. In: *Postprints from the Conference Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press.
- Bjurman, J., and Must, A. (2012). Mould Problems in Swedish Churches as influenced by construction and microclimate. In: *Postprints from the conference Energy efficiency in historic buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press, p. 20–29.

Rapporter

- Bjurman, J., and Must, A. (2010). *Mögelangrepp i kyrkobyggnader – en förstudie*. Göteborgs universitet. Report to Energimyndigheten.
- Viitanen, H. and Ritchkoff, A. (1991). *Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature*. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products.

Studentarbeten

- Moll, A. (2014). *Inneklimatet på Skoklosters slott: en studie av ett klimatexperiments först år*. Bachelor's thesis. Uppsala University, Uppsala.

Doktorsavhandling

- Sedlbauer, K. (2001). *Prediction of mould fung-us formation on the surface of and inside building components*. Doctoral thesis. University of Stuttgart, Stuttgart.

Potential och policies för energi- effektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggande byggda före 1945

Journalartiklar

- Alev, Ü., Eskola, L., Arumägi, E., Jokisalo, J., Donarelli, A., Siren, K., Broström, T., and Kalamees, T. (2014). Renovation alternatives to improve energy performance of historic rural houses in the Baltic Sea region. *Energy and Buildings*, 77, p. 58–66.
- Broström, T., Eriksson, P., Liu, L., Rohdin, P., Stahl, F., and Moshfegh, B. (2014). A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings. *Journal of the Historic Environment*, 5(2), p. 150–166.
- Eskola, L., Alev, U., Arumägi, H., Jokisalo, J., Donarelli, A., Siran, K., and Kalamees, T. (2015). Air tightness, Air Exchange and Energy Performance in Historic Residential Buildings with Different Structures, *The International Journal of Ventilation*, 14 (1), p. 11–26.
- Eriksson, P., Hermann, C., Hrabovszky-Norvath, S., and Rodwell D. (2014). EFFESUS Methodology for Assessing the impacts of Energy Related Retrofit Measures on Heritage Significance. *Journal of the Historic Environment: Policy and Practice*, 5 (2), p. 132–149.
- Sahin, C., Arsan, Z., Tuncoku, S., Broström, T., Akkurta, G. (2015). A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey. *Energy and buildings*, 96, p. 128–139.

Konferensartiklar

- Broström, T., and Svanström K. (2011). Solar energy and cultural-heritage values, In: *World Renewable Energy Conference*, Linköping 2011. Linköping: Linköping Electronic Conference Proceedings.
- Broström, T., Bernardi, A., Egusquiza, A., Frick, J., and Kahn, M (2013). A method for categorization of european historic districts and a multiscale data model for the assessment of energy interventions. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation*, Bolzano 2013. Milano: Felix Verlag.

- Broström, T., Eriksson, P., Rohdin, P., and Stahl, F., T. (2012). A method to assess the effect of energy saving interventions in the Swedish stock of historic buildings. In: *Heritage*, Porto 2012. Porto: Green Lines Institute.
- Eriksson, P., Donarelli, A., Arumagi, E., Stahl, F. and Broström, T. (2013). Energy efficiency in historic stone houses – a case study highlighting possibilities and risks *Sustainable Buildings SB13 Implementing Sustainability – Barriers and Chances*, Munich 2013.
- Gökçen Akkurt, G., Dogan Sabin, C., Sarp Tuncoku, S., Durmus Arsan, Z., Eriksson, P. (2014). A Case Study for Energy Efficient Retrofitting of Historical Buildings. *XI. International HVAC+R Technology Symposium*, Istanbul 2014.

Rapporter

- (2015). *Varsam energieffektivisering II – Seminarium om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse 2014*, National Heritage Board and Uppsala University.
- (2012). *Varsam energieffektivisering i gotländska stenhus*. Gotland University and Gotlands museum, 2012.

Handbok

- Broström, T., and Leijonhufvud, G (2011). Hållbarhet och byggnadsvård. In: Svenska byggnadsvårdsföreningen (eds.) *1:a Energiboken – varsam energiförbättring för småhusägare*. Stockholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen, p. 34–37.
- Broström, T, Eriksson, P., och Norrström, H (2015). *Bruka, bevara och energieffektivisera*. Stockholm: Offentliga fastigheter.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning

Konferensartiklar

- Bjurman, J., and Leijonhufvud, G. (2012). An Analysis of Microclimate Differences Leading to Sporadic Mould Growth in Skokloster Castle, an Unheated Historic Building. In: *Postprints from the conference Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press, p. 236–244.
- Broström, T., (2012). Climate control for energy efficiency and preventive conservation in historic buildings. In: *Postprints from the conference Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press.
- Broström, T., and Gaskell C., (2013). Sustainable climate control in museums – preservation and economics. *Conference: Heritage Science and Sustainable Development for the Preservation of Art and Cultural Assets – On the Way to the Green Museum*. Berlin 2013.
- Broström, T, Hagentoft, C.E., and Wessberg, M., (2011). Humidity Control in Historic Buildings through Adaptive Ventilation – A Case Study. *Nordic Building Physics*, Tampere 2011.
- Broström, T., (2011). Problem med inneklimat i kyrkor. *Byggnadshyttan på Gotland*. Visby 2011.
- Brunskog M. (2011). Energieffektivisering i byggnader av kulturhistoriskt intresse med avseende på kyrkor i Luleå stift. In: *Postprints from the conference Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press.

- Kilian, R., Vyhhlidal, T., and Broström, T. (eds.) (2011). *Developments in climate control of historic buildings. Proceedings from the international conference "Climatization of historic buildings, state of the art"*, Stuttgart 2010. Stuttgart: Fraunhofer IBP.
- Larsen, P. and Broström, T., (2011). Climate control in historic buildings in Denmark. *World Renewable Energy Conference*, Linköping 2011.
- Larsen, P., and Broström, T. (2012). Climate control strategies for occasionally used churches, Heat, dehumidify, ventilate – or do nothing. In: *Proceedings of the 2'd European Workshop on Cultural Heritage Preservation*, Kjeller 2012. Kjeller: NILU.
- Larsen, P. K., Wessberg, M., and Broström T. (2013) Adaptive ventilation for occasionally used churches. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation*, Bolzano 2013. Milano: Felix Verlag. p. 8.
- Leijonhufvud, G., Asheley-Smith, J., Broström, T., and Camuffo, D. (2012). Uncertainties in damage assessments of future indoor climates. In: *Postprints from the Conference Climate for Collections – Standards and Uncertainties*, Munich 2012. Munich: Doerner Institut.
- Leijonhufvud, G., and Broström, T. (2011). Decision-making on Climate Control for Energy Efficiency and Preventive Conservation in Historic Buildings. In: *Postprints from the conference Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2011. Visby: Gotland University Press, p.70–80.
- Molinari, M. and Broström, T., (2011). Exergy analysis of different solutions for humidity control in heritage buildings. *World Renewable Energy Conference*, Linköping 2011.
- Vyhhlidal, T., Zitek, P., Camuffo, D., Simeunovic G., Sladek., Wessberg, M. (2013). Relative humidity control in historical buildings Allowing the safe natural indoor climate fluctuations. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation*, Bolzano 2013. Milano: Felix Verlag.

Kapitel i bok

- Broström, T., and Leijonhufvud, G. (2010). The indoor climate in Skokloster Castle. In: Del Curto, D. (eds.). *Historical buildings as museums: Systems for climate control and heritage preservation*. Edited by Davide Del Curto, Firenze: Nardini Editore, p. 84–93.

Journalartiklar

- Alev, O., Kalamees, T., Eskola, L., Arumägi, E., Jokisalo, J., Donarelli, A., Siren, K., and Broström, T. (2015). Indoor hygrothermal condition and user satisfaction in naturally ventilated historic houses in temperate humid continental climate around the Baltic Sea. *Architectural Science Review*, 59(1).
- Leijonhufvud, G., and Henning, A.I., (2014). "Rethinking indoor climate control in historic buildings: The importance of negotiated priorities and discursive hegemony at a Swedish museum." *Energy Research & Social Science*, 4(0), p. 117-23.
- Luciani, A., Wessberg, M., and Broström, T., (2013). The influence of air exchange on the stability of the indoor climate in skokloster castle. *E-preservation Science*, 10, p. 77–82.

Energibesparingspotential och byggnadsfysikaliska konsekvenser vid energieffektivisering i svenska byggnader byggda före 1945

Journalartiklar

- Broström, T., Eriksson, P., Liu, L., Rohdin, P., Stahl, F., and Moshfegh, B. (2014). A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings. *Journal of the Historic Environment*, 5(2), p. 150–166.

Konferensartiklar

- Broström, T., Eriksson, P., Rohdin, P., and Stahl, F., T. (2012). A method to assess the effect of energy saving interventions in the Swedish stock of historic buildings. *Heritage*, Porto 2012. Porto: Green Lines Institute.
- Eriksson, P., Donarelli, A., Arumagi, E., Stahl, F. and Broström, T. (2013). Energy efficiency in historic stone houses – a case study highlighting possibilities and risks. *Sustainable Buildings SB13 Implementing Sustainability – Barriers and Chances*, Munich 2013.
- Ståhl F., Gustavsson T., Broström T., Eriksson P., Liu L., Rohdin P., and Moshfegh B. (2014). Hygrothermal performance of energy saving measures in a wooden building from the 1920s. In: *Proceedings NSB 2014 10th Nordic Symposium on Building Physics*, Lund 2014.

Smart energy efficiency of cultural heritage buildings in cold climates

Licentiatavhandling

- Örn, T. (2018). *Energy efficiency in heritage buildings: Conservation approaches and their impact on energy efficiency measures*. Licentiate thesis. Luleå University of Technology, Luleå.

Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader

Journalartiklar

- Gobakken LR, Mattsson J, Alfredsen G. 2014. The importance of critical in-situ conditions on the in-service performance of wooden materials. *Agarica*, 34. Oslo: Universitetet i Oslo.

Konferensartiklar

- Arfvidsson, J., Bjelke-Holtermann, B., and Mattsson, J. (2014). A method for status determination of historical buildings. In: *Proceedings of 10th Nordic Symposium on Building Physics*, (NSB), Lund 2014. p. 1149–1155.
- Arfvidsson, J., Bjelke-Holtermann, B., and Mattsson, J. (2015). Status determination of historical buildings: an example. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Building Pathology*, Porto 2015. p. 147–155.

- Arfvidsson, J., Harderup, L-E., Kumlin, A., Rosencrantz, B., Eds. (2014). *Proceedings of the 10th Nordic Symposium on Building Physics*, Lund 2014.
- Mattsson, J., and Flyen A.C., (2014). *The importance of microclimate at biodeterioration in historic wooden constructions*. In: *Proceedings of 10th Nordic Symposium on Building Physics, (NSB), Lund 2014*.
- Mattsson, J. and Austigard M. S. (2015). Fungal decay and microclimate in log constructions at Røros, Norway. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Building Pathology*, Porto 2015.
- Mattsson, J. and Stensli, O. M. (2015). Microclimate in Norwegian historic buildings and damages caused by the House Longhorn Beetle (*Hylotrupes bakjulus*). In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Building Pathology, Porto 2015*.

Populärvetenskapliga publikationer

- Mattsson, J. (2012). Varför är hussvamp farligare i Sverige än i Norge? *Byggnadskultur*, 12(2).
- Mattsson, J. (2014). Etterisolering av gamle bygninger på 1-2-3! *Bygg og Bevar*.
- Mattsson, J. (2013). Tilläggsisolering och fuktproblem. *Byggnadskultur*, 13(1).
- Mattsson J., and Ødegaard A. (2014). Ventilasjon og radonproblem. *VVS Aktuelt*.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning

Doktorsavhandling

- Widström, T. (2019). *Simulation of historic buildings for enhancement of preservation and energy performance – issues and methods*. Doctoral thesis. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.

Etapp 3

Smart energieffektivisering av kulturhistoriska byggnader i kallt klimat

Journalartiklar

- Lidelöw, S., Örn, T., Luciani, A., and Rizzo, A., (2019). Energy-efficiency measures for heritage buildings: A literature review. *Sustainable Cities and Society*, 45, p. 231–242.

Konferensartiklar

- Luciani, A., Nilsson, K. L., Lidelöw, S., Bhattacharjee, S., and Örn, T. (2018). Improving the energy efficiency of built heritage in cold regions. In: *Conference Report: The 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic-Buildings*, Visby 2018. Visby: Uppsala University p. 493–502.
- Luciani, A., Lidelöw, S., Bhattacharjee, S., and Örn, T. (2019). The challenge of energy efficiency in Kiruna's heritage buildings. In: *Cold Climate HVAC 2018: Sustainable Buildings in Cold Climates, Springer Proceedings in Energy*, Kiruna 2018. Cham: Springer, p. 275–289.

Licentiatavhandling

- Örn, T. (2018). *Energy efficiency in heritage buildings: Conservation approaches and their impact on energy efficiency measures*. Licentiate thesis. Luleå Tekniska Universitet, Luleå.

Studentarbeten

- Cruz, R. (2014). *Byggnadstekniska åtgärder för energieffektivisering av kulturhistorisk värdefull byggnad: En fallstudie av Gamla rådhuset i kvarteret Stadsvapnet 6, Piteå*. Master's thesis. Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Vilhelmsson, P. (2018). *Energy performance of built heritage in the subarctic climate zone of northern Sweden*. Applying existing standards and methodologies for improving energy efficiency of built heritage. Master's thesis. Luleå tekniska universitet, Luleå.
- Wernberg, J. (2018). *Energiåtervinning från styrd ventilation med värmväxlare i liggtimmerbyggnad: En studie av uppmätt och simulerad energibesparing i Piteå Gamla Rådhus*. Master's thesis. Luleå tekniska universitet, Luleå.

Potential och policies för energi-effektivisering i stora bestånd av kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Journalartiklar

- Alev, Ü., Eskola, L., Arumägi, E., Jokisalo, J., Donarelli, A., Siren, K., Broström, T., and Kalamees, T. (2014). Renovation alternatives to improve energy performance of historic rural houses in the Baltic Sea region. *Energy and Buildings*, 77, p. 58–66.
- Broström, T., Eriksson, P., Liu, L., Rohdin, P., Stahl, F., and Moshfegh, B. (2014). A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings. *Journal of the Historic Environment*, 5(2), p. 150–166.
- Eskola, L., Alev, U., Arumägi, H., Jokisalo, J., Donarelli, A., Siran, K., and Kalamees, T. (2015). Air tightness, Air Exchange and Energy Performance in Historic Residential Buildings with Different Structures, *The International Journal of Ventilation*, 14 (1), p. 11–26.
- Eriksson, P., Hermann, C., Hrabovszky-Norvath, S., and Rodwell D. (2014). EFFESUS Methodology for Assessing the impacts of Energy Related Retrofit Measures on Heritage Significance. *Journal of the Historic Environment: Policy and Practice*, 5 (2), p. 132–149.
- Sahin, C., Arsan, Z., Tuncoku, S., Broström, T., Akkurta, G. (2015). A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean Region of Turkey. *Energy and buildings*, 96, p. 128–139.

Konferensartiklar

- Broström, T., and Svanström K. (2011). Solar energy and cultural-heritage values, In: *World Renewable Energy Conference*, Linköping 2011. Linköping: Linköping Electronic Conference Proceedings.
- Broström, T., Bernardi, A., Egusquiza, A., Frick, J., and Kahn, M (2013). A method for categorization of european historic districts and a multiscale data model for the assessment of energy interventions. In: *Proceedings of the 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation*, Bolzano 2013. Milano: Felix Verlag.
- Broström, T., Eriksson, P., Rohdin, P., and Stahl, F., T. (2012). A method to assess the effect of energy saving interventions in the Swedish stock of historic buildings. In: *Heritage*, Porto 2012. Porto: Green Lines Institute.
- Eriksson, P., Donarelli, A., Arumagi, E., Stahl, F. and Broström, T. (2013). Energy efficiency in historic stone houses – a case study highlighting possibilities and risks *Sustainable Buildings SB13 Implementing Sustainability – Barriers and Chances*, Munich 2013.
- Gökçen Akkurt, G., Dogan Sabin, C., Sarp Tuncoku, S., Durmus Arsan, Z., Eriksson, P. (2014). A Case Study for Energy Efficient Retrofitting of Historical Buildings. *XI. International HVAC+R Technology Symposium*, Istanbul 2014.

Rapporter

- (2015). *Varsam energieffektivisering II – Seminarium om energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefull bebyggelse 2014*, National Heritage Board and Uppsala University.
- (2012). *Varsam energieffektivisering i gotländska stenhus*. Gotland University and Gotlands museum, 2012.

Handböcker

- Broström, T., and Leijonhufvud, G (2011). Hållbarhet och byggnadsvård. In: Svenska byggnadsvårdsföreningen (eds.) *1:a Energiboken – varsam energiförbättring för småhusägare*. Stockholm: Svenska byggnadsvårdsföreningen, p. 34–37.
- Broström, T, Eriksson, P., och Norrström, H (2015). *Bruka, bevara och energieffektivisera*. Stockholm: Offentliga fastigheter.

Fältstudie av två metoder för energieffektivisering av äldre fönster – fönsterfilmer testade med hotbox-teknik

Studentarbeten

- Vergés Gil, A. (2018). *Application of the hot-box technique to test the insulation effect of low-emissivity film on old windows*. Master's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.
- Erezkano Garai, G. (2019). *Heat transfer evaluation of a window with a "hot box" set-up in a 18th century stone building by using COMSOL software*. Master's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.
- Etxeberria, A. (2019). *CFD simulation and analysis of glazing bar effects on heat and airflow inside a two-pane window*. Master's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.
- Joelsson, V. & Wallinder, M. (2017). *Energieffektivisering av särskilt värdefulla byggnader: en LCA om fönsterrenoveringsmetoder*. Bachelor's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.
- Samuelsson, K. & Younan, R. (2017). *Extraglas eller nya fönster? Fönsterrenovering av en representativ miljonprogrambyggnad*. Bachelor's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.
- Käck Naucér, J. & Sandberg, P. 2018. *Problem och förbättringsåtgärder för termisk komfort och energi på en glasbyggnad i Gävle – En fallstudie*. Bachelor's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.
- Sanchez, H. *Testing of an innovative metal nanothread heat flux sensor*. Bachelor's thesis. Högskolan i Gävle, Gävle.

Från forskning till praktik: en utvärdering av två europeiska standarder för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Journalartiklar

- Leijonhufvud, G. and Broström, T. (2018). Standardizing the indoor climate in historic buildings: opportunities, challenges and ways forward. *Journal of Architectural Conservation*, 24(1), p. 3–18.
- Herrera-Avellanosa, D., Haas, F., Leijonhufvud, G., Brostrom, T., Buda, A., Pracchi, V., Webb, A., Hüttler, W., and Troi, A. (2020). Deep renovation of historic buildings. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 38(4), p. 539–553.

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning

Journalartiklar

- Eskola, L., et al. (2015). Airtightness, air exchange and energy performance in historic residential buildings with different structures. *International Journal of Ventilation*, 14(1), p. 11–26.
- Napp, M., et al. (2016). Adaptive ventilation for climate control in a medieval church in cold climate. *International Journal of Ventilation*, 15(1), p. 1–14.
- Alev, Ü., et al. (2016). Indoor hygrothermal condition and user satisfaction in naturally ventilated historic houses in temperate humid continental climate around the Baltic Sea. *Architectural Science Review*, 59(1) p. 53–67.
- Leijonhufvud, G. (2016). Making sense of climate risk information: The case of future indoor climate risks in Swedish churches. *Climate Risk Management*, 13, p. 76–87.
- Haugen, A., et al. (2018). A Methodology for Long-Term Monitoring of Climate Change Impacts on Historic Buildings. *Geosciences*. 8(10), p. 370.
- Leijonhufvud, G., and Broström, T. (2018). Standardizing the indoor climate in historic buildings: opportunities, challenges and ways forward. *Journal of Architectural Conservation*, 24(1), pp. 3–18.
- Wessberg, M., Vyhliđal, T. and Broström, T. (2019) A model-based method to control temperature and humidity in intermittently heated massive historic buildings. *Building and Environment*, 159, p. 106026.

Konferensartiklar

- Wessberg, M., Leijonhufvud, G., and Broström, T. (2016). An evaluation of three different methods for energy efficient indoor climate control in Skokloster Castle. In: *Second international conference on Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings*, Brussels 2016. Brussels: Flanders Heritage Agency, p. 144–150.
- Leijonhufvud, G and Broström, T. (2016). Standardizing the indoor climate in Swedish churches: opportunities, challenges and ways forward. In: *Second international conference on Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings*, Brussels 2016. Brussels: Flanders Heritage Agency, p. 35–42.
- Wessberg, M., Broström, T., and Vyhliđal, T. (2017). A method to determine heating power and heat up time for intermittent heating of churches, p. 915–920.
- Broström, T., Wessberg, M., and Leijonhufvud, G. (2019). Better safe than sorry? – Climate control for mould prevention. In: *4th international conference for Integrated Pest Management (IPM) for Cultural Heritage*, Stockholm 2019. Visby: Swedish National Heritage Board.

Doktorsavhandlingar

- Leijonhufvud, G. (2016). *Decision making on indoor climate control in historic buildings: knowledge, uncertainty and the science-practice gap*. Doctoral thesis. Göteborgs universitet.

Standarder

- CEN (2011). *EN 15759-1:2011 Conservation of cultural property – Indoor climate – Part 1: Guidelines for heating churches, chapels and other places of worship*. Brussels: CEN.

Handbok

- Broström, T., and Klenz Larsen, P. (2015). *Climate control in historic buildings*. Visby: Uppsala universitet.

Rapporter

- Leijonhufvud, G., and Broström, T. (2015). ”Kyrkobyggnader och klimatförändringar”. Svenska kyrkans utredningar 2015:1: Gemensamt ansvar – en utredning om fastigheter, kyrkor och utjämningsystem, p. 64–91. Ineko.

Examensarbeten

- Hörnsten, H. (2015). *Gamla uppvärmningssystem – En undersökning av kulturmiljövårdens förhållningssätt till äldre uppvärmningssystem*. Bachelor’s thesis. Uppsala Universitet.
- Eriksson, R. (2016). *Fuktstyrning av inomhusklimatet på Skoklosters slott. En utvärdering av avfuktning, skyddsvärme och fuktstyrd ventilation*. Bachelor’s thesis. Uppsala universitet.
- Berefelt, E., and Olsson, L. (2017). *Utvärdering av olika metoder för fuktstyrning i kyrkor*. Bachelor’s thesis. Uppsala universitet.
- Håkansson, J., and Thor, H. (2018). *Simulering av klimatstyrning i Härnevi kyrka*. Bachelor’s thesis. Uppsala universitet.

Om-renovering: Möjligheter för energi-effektivisering och återskapande av kulturvärden när flerbostadshus renoveras på nytt

Konferensartiklar

- Femenias, P., Eriksson, P., Thuvander, L., Mörk, K., Wahlgren, P., and Johansson, P. (2018). Value creation by re-renovation – focus on the user perspective. In: *Proceedings of the Third International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings*, Visby 2018. Visby: Uppsala University.
- Femenías, P., Thuvander, L., Johansson, P., Wahlgren, P., and Eriksson, P. (2018). Renovating the housing stock built before 1945: Exploring the relations between energy efficiency, embodied energy and heritage values. In: *Cold Climate HVAC 2018: Sustainable Buildings in Cold Climates, Springer Proceedings in Energy*, Kiruna 2018. Cham: Springer, p. 291–301.
- Johansson, P., and Wahlgren, P. (2017). Renovation of buildings from before 1945: status assessment and energy efficiency measures. In: *Energy Procedia. 11th Nordic Symposium on Building Physics*, Trondheim 2017. Amsterdam: Elsevier.

- Johansson, P., Wahlgren, P. (2017) Recreation of cultural historical values in buildings from before 1945: Inventory with focus on building physics performance. IN: *XIV DBMC*, Ghent 2017. Ghent: Ghent University.
- Johansson, P., Femenias, P., Thuvander, L., and Wahlgren, P. (2016). Pending for Renovations: Understanding the Conditions of the Multi-family Housing Stock from before 1945. In: *Energy Procedia: Proceedings of the Sustainable Built Environment Conference SBE16 – Build Green and Renovate Deep*, Tallinn 2016. Amsterdam: Elsevier, p. 170–179.

Rapporter

- Femenías, P., Jonsdotter, L., Knutsson, A., and Mörk, K. (2019). De boendes syn på kulturvärden i sin boendemiljö: Enkäter och intervjuer i tre äldre flerbostadshus. Chalmers tekniska högskola. Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik. ACE rapport 2019:7.
- Femenías, P., Jerome, A., Johansson, P., Thuvander, L., och Wahlgren, P. (2019). Så renoverades husen: En inventering av flerbostadshus i Göteborg uppförda före 1945. Chalmers tekniska högskola. Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik. ACE rapport 2019:6.

Artiklar i fackpress

- Femenías, P., Thuvander, L., Wahlgren, P., Johansson, P., and Eriksson, P. (2019). Omrenovering – möjligheter för energieffektivisering när äldre flerbostadshus renoveras en andra gång. *Bygg och teknik* 19(2).
- Femenías, P., Mörk, K., Eriksson, P., Thuvander, L., Wahlgren P., and Johansson, P. (2018). Energirenovering av flerfamiljshus uppförda före 1945: De boendes perspektiv. *Bygg och teknik* 18(5), p. 10–15.
- Femenias, P., Johansson, P., Wahlgren, P., Thuvander, L., and Mörk, K. (2017). Renoveringsbehov i äldre hus möjligheter för energieffektivisering och bevarande av kulturmiljö. *Bygg och teknik* 17(2).

Manuskript för vetenskapliga artiklar – ännu inte publicerade (prel. titlar)

- Femenías, P., Eriksson, P., Johansson, P., Thuvander, L., och Wahlgren, P. (i.å.) Rerenovation – an opportunity for energy efficiency and reconstruction of cultural values when older multi-residential buildings are renovated again?
- Femenías, P., Thuvander, L., Johansson, P., och Wahlgren, P. (i.å.) Investigating the need for renovation and energy efficiency in historic multi-residential housing.
- Jerome, A., Femenías, P., Thuvander, L., Johansson, P., och Wahlgren, P. (i.å.) Environmental impact assessment of a multi-family building renovation: Investigating the energy and embodied carbon payback time.

Examensarbeten och studentrapporter

- Askemar H., and Holmkvist L. (2018). *Om-renovering av landshövdingehus i Göteborg: En studie av arkitektens och entreprenörens synsätt vid bevarande och återskapande av kulturvärden*. Bachelor's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.

- Thuresson, G. (2017). *Energy use in a re-renovated building from 1910 – A parametric study using numerical simulations*. Master's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.
- Jerome, A. (2017). *Renovation of the old multi-family building stock: energy and carbon impact of two case studies*. Research report. École Polytechnique.
- Olsson, S. (2017). *Landshövdingehuset – hur värderas kulturmiljö i bygglovsprocessen vid ändring?*. Bachelor's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.
- Ohlsson, F. (2016) *Vilket värde räknas? Ett diskussionsunderlag och en lärandeprocess kring (om)renovering och fönster*. Master's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.
- Böber, E., and Cardoso Martins, M. J. (2016). *Sustainable Renovation in the Inventory Phase: A case study in Gamlestaden, Gothenburg*. Master's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.
- Lång, L., och Sandgren, E. (2016). *Renovation of brick buildings constructed 1870–1930 – Investigation of the thermal envelope in renovated and re-renovated dwellings*. Master's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.

Hållbar energieffektivisering av historiska trä- och stenbyggnader med hampakalk/ Att förebygga saltutfällning genom hampakalkputs i äldre tegelbyggnader

Publikationer

- P. Strandberg-de Bruijn, A. Donarelli, and K. Balksten (2019). Full-scale studies of improving energy performance by renovating historic Swedish timber buildings with hemp-lime, *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 12, doi: 10.3390/app9122484.
- P. B. Strandberg-de Bruijn and K. Balksten (2019). Energy and moisture in historic masonry walls retrofitted with hemp-lime, *Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 660, p. 12070, Dec, doi:10.1088/1757-899x/660/1/012070
- K. Balksten and P. B. Strandberg-de Bruijn (2019). *Hampakalk : tilläggsisolering påreveterade trähus och saltskadat tegelmurverk : slutrapport 2019*. Lund: Avdelningen för byggnadsmaterial, Lunds universitet, Lunds tekniska högskola.
- P. Strandberg-de Bruijn, K. Balksten, and A. Donarelli (2017). Sustainable insulation of historical wooden and stone buildings with lime-hemp, in *Proceedings of the 2nd International Conference on Bio-Based Building Materials, 2017*, pp. 651–655.

Etapp 4

Prosumenters perspektiv i kulturarvsdistrikt

Journalartiklar

- Vikström, L.P., Rizzo, A., Luciani, A., and Ek, K. (2025). Co-Designing the Urban Energy Transition: A Resident-Based Approach. *Cities*, 156, 105506.
- Vikström, L.P. (2023). Democratic Design Methods and Energy Transition in Cultural Heritage Districts. *Nordic Journal of Architectural Research*.

Konferensartiklar

- Vikström, L.P. (2022). Democratic Design Methods and Energy Transition in Cultural Heritage Districts. Conference presentation. UIEP, Tartu, Estonia.
- Vikström, L.P. (2024). Sensible Photovoltaic integration in Cultural Heritage Districts: A literature Review. Conference presentation. PLANNORD, Reykjavik, Iceland.

Rätt kombination av energi- och effektåtgärder i kulturhistoriskt värdefulla byggnader

Konferensartiklar

- Johansson, D. et al. (2021). Prioritize the right energy measures in historic buildings – approach and measure selection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 863, SBE21 Sustainable Built Heritage*, Bolzano 2021. Bristol: IOP Publishing.
- Abdul Hamid et al. (2023). Strategies and combinations of measures for renovations of heritage buildings – a review. *AIP Conference Proceedings: 5th Central European Symposium on Building Physics*, Bratislava 2022. Melville: AIP Publishing.

Verktyg

- Johansson, D. et al. (2022). *Energiåtgärder i äldre hus: Vad blir bäst för oss?*

Energieffektivisering och varsam renovering av fritidshus

Journalartiklar

- Mjörnell, K. (2024). Energy Efficiency in Seasonal Homes: A Study on the Occupancy, Energy Use, and Renovation of Second Homes in Sweden, *Energies*, 17(17).
- Mjörnell, K., and Johansson, D. (2025). Energy efficiency potential of second homes heated by direct electric heating located in four regions in Sweden. *Energies*, 18(3).
- Femenias, P., och Faxberg, G. (2023). Preserving Heritage and Enhancing Efficiency in Swedish Second Homes: Insights from Owners and Advisors in Ten Municipalities. *Journal of Physics*.

Konferensartiklar

- Mjörnell, K., Johansson, D., Eriksson, P., and Såger, S. (2024). A guide for energy renovation of second homes with heritage values: A Swedish perspective. EEHB conference. Krems 2024.
- Mjörnell, K., and Johansson, D. (2024). The use, energy use and renovation of Swedish second homes in winter sport areas. IOP Conference Series Earth and Environmental Science.
- Gutke, J., and Mjörnell, K. (2024). Environmental impact of retrofitting second homes. BuildSim.
- Mjörnell, K., Johansson, D., Femenias, P., Eriksson, P., Donarelli, A., and Johansson, T. (2023). Energy use patterns and renovations of Swedish second homes. Journal of Physics Conference Series: 13th Nordic Symposium on Building Physics, Aalborg 2023. Melville: IOP Publishing.

Examensarbete

- Gutke, J. (2023). *Environmental impact of retrofitting second homes: A case-study of the net global warming potential of different retrofit measures in a Swedish context*. Master's thesis. Chalmers tekniska högskola, Gothenburg.

Rapporter

- Elander, M., José, J., Hellsten Robeborn, T., and Femenias, P. (2023). *Rådgivning för energieffektivisering och bevarande av fritidshus; En intervjustudie i tio kommuner*. ACE Rapport 2023:2, Chalmers tekniska högskola.
- Elander, M., José, J., Faxberg, G., and Femenias, P. (2023). *Fritidshusägares syn på energi och bevarande vid renovering*. ACE Rapport 2023:3, Chalmers tekniska högskola.

Verktyg

- Uppsala universitet (2025). *Fritidshusguiden: En guide för dig som vill energieffektivisera ditt fritidshus*.

Renoveringspraktiker i ödehus: Bättre förutsättningar för varsam energieffektivisering

Populärvetenskaplig

- Bane, E. (2023). Förvandling eller förhandling? Diskussioner om ödehusrenovering på Facebook. *Laboratorium för folk och kultur*, 2/2023.

Metoder för riskbedömning av åtgärder i historiska byggnader – Implementering

Konferensartiklar

- Arfvidsson J., Holtermann B.B., and Mattsson J. (2017). A method for status determination of historical buildings, Nordic Symposium on Building physics, Lund 2014.
- Arfvidsson J., Holtermann B.B., and Mattsson J. (2017). Status determination of a historical building including measures for three different scenarios. In: *Energy Procedia. 11th Nordic Symposium on Building Physics*, Trondheim 2017. Amsterdam: Elsevier. 2.
- Arfvidsson J., Holtermann B.B., and Mattsson J., Status determination of historical buildings, an example., ISBP2015, 1st International Symposium on Building Pathology, Porto, Portugal.
- Arfvidsson J., Holtermann B.B., and Mattsson J. (2018). Status determination and risk assessment of measures in historic buildings. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings, Visby 2018*. Visby: Uppsala University.
- Arfvidsson J., Holtermann B.B., and Mattsson J. (2021). A method for status determination and risk assessment of energy measures in historic buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 863, SBE21 Sustainable Built Heritage*, Bolzano 2021. Melville: IOP Publishing, 33.

Studentarbeten

- Sundlöf K., (2022). *Status and Risk Assessment as Decision Support for Energy Efficiency Measures in Historical Buildings; Testing and Development of the '3B' Method*. Master's thesis. Göteborgs universitet, Gothenburg.

Riva, cirkulera, bygga nytt eller renovera? Energianvändning i hela livscykeln

Konferensartiklar

- Janson, U., Farsäter, K., Fransson, V. and Johanson, D. (2022). Demolish, recycle, build new or renovate – energy use throughout the life cycle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1122, SBEfin2022 Emerging Concepts for Sustainable Built Environment*, Helsinki 2022. Melville: IOP Publishing.

Studentarbeten

- Lukac, A. and Ljajic, T (2021). *Circular economy in the Swedish building sector: Investigating options for old windows*. Master's thesis. Lund University, Lund.

Energieffektiviserings- och klimat- omställningsåtgärder med bevarade kulturvärden för medeltida kyrkors takkonstruktioner av trä

Rapport

- Sandin, Y., Haugen, A., Agasøster, B., and Brevik, I. (2024b). *Bevarandet av medeltida kyrktak: bakgrundsdata från kyrkoförvaltare, hantverkare, konsulter och myndighetspersoner*. RISE.
- Sandin, Y., and Ylmén, P. (2024). *Energibesparingspotential i medeltida kyrkor: En förstudie med dynamisk energiberäkning för ett fiktivt objekt*. RISE.

Verktyg

- Sandin, Y., Haugen, A., Agasøster, B., & Brevik, I. (2024a). Vägledning till förvaltning av medeltida kyrktak: Sammanfattande temablad från Kyrktaksprojektet.
- Vägledning till förvaltning av medeltida kyrktak (2024). [Film]. *RISE Research Institutes of Sweden*. Youtube.

Värdering av åtgärder för energieffektivisering och förbättrat inomhusklimat i 1970-talets kulturmiljöer

Populärvetenskaplig

- Sjöholm, J. (2021). Energieffektivisering och förbättrat inomhusklimat i 1970-talets kulturmiljöer. *Kulturmiljöblogg*. Luleå: Norrbottens museum.

Hållbar energi för alla

Energimyndigheten bevakar, analyserar och främjar omställningen till ett fossilfritt energisystem och en trygg energiförsörjning. Vi har en central roll som beredskapsmyndighet och ett sektorsansvar inom energiområdet.

Vi bidrar med fakta, kunskap och analyser om tillförsel och användning av energi i samhället, och ansvarar för Sveriges officiella energistatistik.

Genom stöd till forskning och utveckling bidrar vi till framtidens energilösningar och ny teknik, och främjar affärsutveckling som gör det möjligt att kommersialisera och sprida innovationer.

Vi deltar i internationella klimatsamarbeten och hanterar stödsystem som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter.

Vi verkar även för ett resurseffektivt samhälle och förmedlar kunskap om effektiv energianvändning till hushåll, företag och myndigheter.

I samarbete med myndigheter, kommuner, regioner och andra aktörer stärker vi samhällets förmåga att hantera energiförsörjningen vid kris och höjd beredskap.