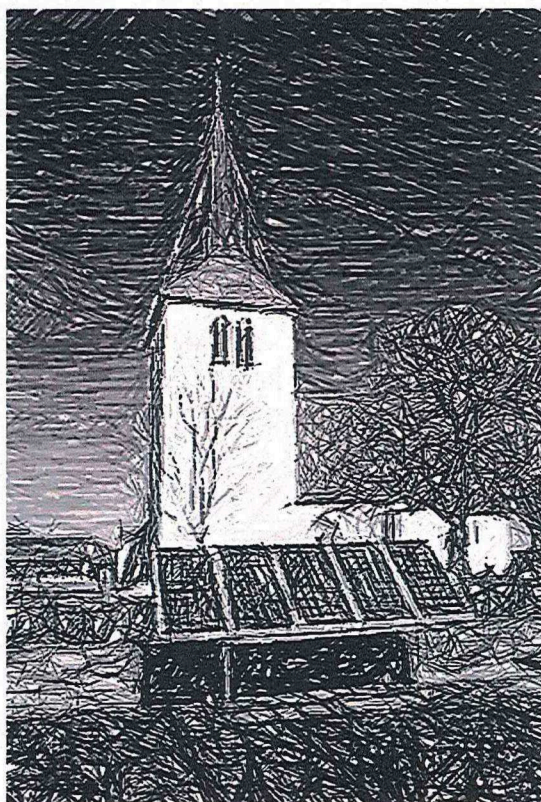
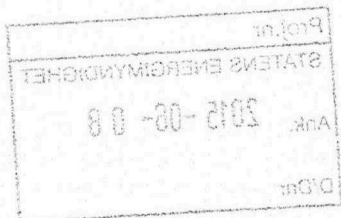


Slutrapport 2015-06-05

Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning

Energimyndighetens diariernr:	2011-002312
Projektnr:	30923-4
Bidrag från Energimyndigheten:	4 840 000
Period	2011-06-01 – 2015-03-31
Stödmottagare:	Uppsala universitet/Högskolan på Gotland
Projektledare	Tor Broström





Inledning

Klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader erbjuder en varsam och kostnadseffektiv möjlighet att förena energisparande med ett långsiktigt bevarande av byggnaderna och deras kulturvärden. Felaktig klimatstyrning leder till skador och/eller onödigt hög energiförbrukning. Med utgångspunkt från de problem och behov som avnämarna har identifierat syftade projektet till producera underlag till svenska riktlinjer för energieffektivisering och klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader samt metoder och tekniska lösningar.

De byggnader som berörs av det föreslagna projektet har den gemensamma förutsättningen att inneklimatet styrs av hänsyn till bevarande av byggnader och inventarier, ibland i en kompromiss med brukarnas krav på komfort. Museer, herrgårdar, slott och kyrkor är byggnader där problematiken ställs på sin spets. En betydligt större målgrupp finns i äldre bostäder och lokaler där uppvärmningen är säsongsstyrd eller zonindeldad, anpassad efter nyttjandet. Här blir frågor om skyddsvärme och avfuktning allt mer akuta i takt med att energipriserna går upp och fuktproblemen tilltar.

Nya forskningsrön och ett pågående paradigmskifte vad gäller krav på inneklimat, öppnar för nya och mer energieffektiva klimatstyrningsstrategier och tekniska lösningar. Den samhällsrelaterade nyttan kan mätas dels i minskad energiförbrukning, dels i minskade kostnader för att hantera klimatrelaterade skador. Det senare har naturligtvis ett stort värde som inte enbart kan beskrivas i ekonomiska termer.

Det föreslagna projektet är en fortsättning och utveckling av det arbete som inleddes under första etappen av forskningsprogrammet Spara och bevara. Det handlar huvudsakligen om att fullfölja de doktorandprojekt som inletts samt, som en utveckling, att växla upp de nationella insatserna i ett stort Europeiskt projekt, Climate for Culture, vilket också behandlar frågor om inneklimat och energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Inneklimat och klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader är ett etablerat internationellt forskningsområde. Det är två grundläggande forskningsfrågor:

- Vilket klimat skall man ha med hänsyn taget till brukande och bevarande?
- Hur uppnår man detta på ett sätt som är långsiktigt hållbart?

Förutvarande projekt visar att det finns kunskapsbrister som begränsar möjligheterna att förverkliga den potential som finns för energisparande och förebyggande konservering. Det handlar om:

- Inneklimatets inverkan på byggnader och föremål; från torkskador till mögel
- Riskanalys och beslut om inneklimat
- Simuleringar för att visa på effekterna av olika handlingsalternativ
- Utveckling av integrerade strategier för styrning omfattande passiv styrning, ventilation och fuktstyrning.

I relation till den internationella forskningen finns ett behov av att föra samman antikvariska och tekniska aspekter till ett helhetsgrepp samt agera i området mellan forskning och tillämpning.

Mål

Det övergripande målet för projektet var att skapa kunskapsmässiga förutsättningar för att i praktiken kunna förena energisparande med ett skonsamt inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader samt att skapa en bestående kunskapsplattform inom området. Mer konkret skulle projektet leverera följande:

- Vetenskapliga publikationer inom både konserveringvetenskap och byggnadstekniska områden
- Standards och riktlinjer; Europeiska med ev. anpassning till svenska förhållanden
- En handbok om klimatkriterier, riskbedömning, klimatstyrning och energieffektivitet

Genomförande

Forskargruppen har bestått av följande personer

- Tor Broström, professor, energitekniker
- Maria Brunskog, lektor, konservator
- Jan Holmberg, Adj. lektor, VVS-tekniker
- Poul Klenz Larsen, Adj lektor, byggnadstekniker
- Gustav Leijonhufvud, doktorand, byggnadsantikvarie
- Magnus Wessberg, doktorand, styr- och reglertekniker

Forskningen har bedrivit inom tre områden:

- Krav på inneklimatet
- Energieffektiv klimatstyrning
- Beslutsfattande om inneklimat

En sammanställning av konkreta aktiviteter ges i bilaga 1.

Poul Klenz Larsen och doktoranden Magnus Wessberg har arbetat med utveckling av energieffektiva metoder och riktlinjer för fuktstyrning; skyddsvärme, avfuktning och ventilation. Magnus Wessberg är halvvägs på sitt doktorandprojekt om utveckling av integrerade och intelligenta styrsystem för fuktstyrning.

Maria Brunskog har undersökt skador i förhållande till uppvärmning och inneklimat. Detat har skett i samverkan med projektet Climate for Culture vilket bl a haft som mål att utveckla generella skadefunktioner (damage functions) för att kunna beskriva skaderisk i förhållande till inneklimat.

Gustaf Leijonhufvud kommer under 2015 att lägga fram en doktorsavhandling med titeln: *Decision making on indoor climate control in historic buildings: knowledge, uncertainty and the science-practice gap.*

Doktorandprojekt

Gustaf Leijonhufvud: Decision making on indoor climate control in historic buildings: knowledge, uncertainty and the science-practice gap

Avhandlingen har sin utgångspunkt i de kompromisslösningar som krävs för inneklimatet i byggnader där det finns särskilda krav på bevarandeklimat för inredningar och inventarier. Energianvändning, bevarande och användning är faktorer som i det stora flertalet av dessa byggnader är förhandlingsbara. Frågan är hur energieffektiva och skonsamma strategier för inneklimatet kan uppnås för det enskilda fallet? Genom ett antal studier i gränslandet mellan tillämpad problemorienterad forskning och klassisk samhällsvetenskap syftar avhandlingen till att förstå hur befintlig kunskap bättre kan komma till nytta i förvaltningen av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Avhandlingen är en sammanläggningsavhandling och bygger på sex stycken artiklar. I avhandlingen undersöks vilka luckor i kunskapen om bevarandeklimat som finns för historiska byggnader i ett nordiskt klimat genom en litteraturstudie (artikel I) och hur befintliga strategier för riskbedömning kan användas för att med minsta möjliga energianvändning uppnå ett acceptabelt inneklimat i tidigare ej aktivt klimatstyrd byggnad (artikel II). Frågan om hur osäkerhet i kunskapsunderlaget för riskbedömningar bör hanteras är central för att kunna ta fram långsiktiga klimatstyrningsstrategier. I artikel III görs en sammanställning och kvalitativ bedömning av källor till osäkerhet när det gäller framtida inneklimatrisker i byggnader. Studien sammanför befintlig litteratur inom klimatforskning, byggnadssimulering och inneklimatrisker och föreslår strategier för hantering av osäkerheter i förvaltningsprocesser. Artikel IV bygger på en etnografisk fallstudie i ett svenskt museum, där skilda professioners hantering av inneklimatet undersöks. Fallstudien visar hur föreställningar om rationella beslutsprocesser är otillräckliga för att förstå hur vad som begränsar och möjliggör beslut och handling. Istället visas hur samspelet mellan materiell kultur och sociala praktiker styr beslutsfattandet samt hur olika aktörers beslutshorisonter styrs av en hegemonisk diskurs som begränsar möjligheten till handling. I artikel V undersöks hur tjänstemän (ingenjörer och antikvarier) som arbetar med rådgivning kring energi- och inneklimatfrågor inom Svenska kyrkan tolkar riskinformation gällande framtida inneklimatrisker i kyrkor. Intervjustudien visar hur riskinformationen i stor utsträckning tolkas på grundval av de intervjuades tidigare erfarenheter av de specifika riskerna. Skillnader i riskernas allvarlighet eller storleken på de bakomliggande osäkerheterna spelar en underordnad roll för hur riskerna tolkas samtidigt som riskinformationen i sin helhet betraktas som trovärdig och förväntas leda till handling. Detta visar på betydelsen av att aktivt arbeta med och stödja de processer som hanterar gränssnittet mellan kunskapsproducenter och användare. Artikel VI undersöker hur internationella och europeiska riktlinjer och standarder för bevarandeklimat kan utvecklas och anpassas till svenska förhållanden. Svenska kyrkan används som fallstudie. Artikelns

slutsats är att procedurstandarder är ett steg i rätt riktning, men att dessa måste anpassas av de individuella organisationerna för att komplettera och passa in i befintliga förvaltningsprocesser. Dessutom krävs att standarder riktar in sig på att stödja styrningen av långsiktiga processer och inte på enskilda beslut för att långsiktigt hållbara lösningar ska kunna nås.

Det blir en sammanläggningsavhandling med följande artiklar:

I. Leijonhufvud, Gustaf and Charlotta Bylund-Melin. 2009. Bevarandeklimat i historiska byggnader-Några kunskapsluckor. *Meddelser om konservering* nr 1 2009, s. 22-30. This paper has been translated to English with the title "Preventive conservation climate in historic buildings – some gaps in the knowledge".

II. Broström, Tor, and Gustaf Leijonhufvud. 2010. "The indoor climate in Skokloster Castle." In *Historical buildings as museums: Systems for climate control and heritage preservation*. Edited by Davide Del Curto, 84–93. Firenze: Nardini Editore.

III. Leijonhufvud, Gustaf, Erik Kjellström, Tor Broström, Jonathan Ashley-Smith, and Dario Camuffo. 2013. "Uncertainties in damage assessments of future indoor climates." In *Climate for collections: Standards and uncertainties*. Edited by Jonathan Ashley-Smith, Andreas Burmester, and Melanie Eibl, 405–18. London: Archetype Publications.

IV. Leijonhufvud, Gustaf, and Annette Henning. 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): 117-23. doi: 10.1016/j.erss.2014.10.005.

V. Leijonhufvud, Gustaf. Making sense of climate risk information: the case of future indoor climates in Swedish churches. Manuscript.

VI. Leijonhufvud, Gustaf and Tor Broström. Standardizing the indoor climate in Swedish churches: opportunities, challenges and ways forward. Manuscript.

Magnus Wessberg: Model based control of the indoor climate in historic buildings

Doktoranden Magnus Wessberg har under projektet bedrivit doktorandstudier i reglerteknik i samarbete med tekniska högskolan i Prag, CTU. I sin forskning har han drivit klimatstyrningsprojekt i ett antal kulturhistoriskt värdefulla byggnader på Gotland samt på Skokloster slott. Målet har varit att undersöka och jämföra hur olika klimatstyrningsmetoder såsom avfuktning, skyddsvärme och adaptiv ventilation fungerar i olika byggnader. Av särskild betydelse är den unika undersökningen på Skokloster slott vars syfte är att jämföra avfuktning, fuktstyrd skyddsvärme samt adaptiv ventilation med avseende energieffektivitet och mögelrisk. Försöket genomförs i tre jämförbara rum där en klimatåtgärd placeras ut i varje rum. Efter ett år roteras metoderna i respektive rum så att alla tre metoderna kommer att testas i alla tre rum. Klimat och energiförbrukning mäts i respektive rum samtidigt som jämförande mätningar utförs i tre närliggande referensrum som står helt utan klimatstyrning. Projektet har pågått i två år och går in på det tredje och sista året i april 2015.

Wessberg kommer i nästa del av sina studier fokusera på hur man bäst reglerar de olika klimatstyrningsmetoderna. De styr- och reglermetoder som vanligen används inom byggnadsautomation idag är termostat- och hygrostatstyrning, utomhuskompenserad reglering, samt återkopplad PID-reglering. Dessa traditionella reglermetoder ger ingen möjlighet till att integrera värme- och fuktreglering och inte heller kan dessa system ta hänsyn till byggnadens hygrotermiska egenskaper.

Det som saknas inom området är ett styrsystem som kan hantera komplexa och samverkande krav med avseende på bevarandeklimatet och som kan ta hänsyn till byggnadens hygrotermiska egenskaper och på så vis använda själva byggnaden som en del av klimatregleringen. Systemet skall kunna kombinera olika typer av klimatstyrning, både passiva (byggnadens fukt- och värmelagring) och aktiva (värme, avfuktning och ventilation), för att säkerställa att inneklimatet styrs med lägsta möjliga energiförbrukning.

Resultat

Projektet har sammanfattningsvis bidragit till:

- 20 vetenskapliga publikationer med peer review.
- Två populärvetenskapliga artiklar
- En handbok
- En europeisk standard
- Ett examensarbete (kandidat)

Handboken bifogas som bilaga.

Vetenskapliga publikationer 2011 - 2014

1. Broström, T, Hagentoft C-E and Wessberg, M., Humidity Control in Historic Buildings through Adaptive Ventilation - A Case Study. Nordic Building Physics, Tampere, June 2011.
2. Larsen, P and Brostrom T., Climate control in historic buildings in Denmark, World Renewable Energy Conference, Linköping, May 2011.
3. Molinari, M and Broström T., Exergy analysis of different solutions for humidity control in heritage buildings. World Renewable Energy Conference, Linköping, May 2011.
4. Broström, T., Problem med inneklimat i kyrkor Byggnadshyttan på Gotland 2009-2010. Byggnadshyttan på Gotland, 2011, ISBN 91-974679-4.
5. Broström, T. Climate control for energy efficiency and preventive conservation in historic buildings. Postprints from the conference Energy Efficiency in Historic Buildings, Visby, February 2011
6. Brunskog M. Energieffektivisering i byggnader av kulturhistoriskt intresse med avseende på kyrkor i Luleå stift. Conference Energy Efficiency in Historic Buildings : Visby, February 9–11, 2011. Visby.
7. Leijonhufvud, G. and Broström, T., 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, February 9–11, 2011. Visby, 70–80.
8. Bjurman, J. and Leijonhufvud, G., 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, February 9–11, 2011. Visby, 236–244.
9. Kilian R., Vyhlídal T., Broström T. (eds.) (2011): Developments in climate control of historic buildings. Proceedings from the international conference "Climatization of historic buildings, state of the art", 2. December 2010, Stuttgart.
10. Broström, Tor, and Gustaf Leijonhufvud. 2010. "The indoor climate in Skokloster Castle." In Historical buildings as museums: Systems for climate control and heritage preservation. Edited by Davide Del Curto, 84–93. Firenze: Nardini Editore.
11. Larsen, Poul and Brostrom T. Climate control strategies for occasionally used churches, Heat, dehumidify, ventilate – or do nothing. In Proceedings of the 2nd European Workshop on Cultural Heritage Preservation, Kjeller, Norway, 24th – 26th September 2012
12. Leijonhufvud, G., Asheley-Smith, J., Brostrom, T. and Camuffo, D. Uncertainties in damage assessments of future indoor climates. Postprints from the Conference Climate for Collections - Standards and Uncertainties., Munchen, 2012.

13. Luciani, A., Wessberg, M., and Broström, T., The influence of air exchange on the stability of the indoor climate in skokloster castle, *E-preservation Science*, 2013, 10, 77-82
14. Broström, T, and Gaskell C. 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, Mars 2013.
15. Larsen PK, Wessberg M, Broström T (2013) Adaptive ventilation for occasionally used churches. 3rd Eur. Work. Cult. Herit. Preserv. EWCHP-2013, Bolzano, Italy. p 8.
16. Vyhldal T, Zítek P, Camuffo D, Simeunovic G, Sladek O, Wessberg M (2013) Relative humidity control in historical buildings Allowing the safe natural indoor climate fluctuations. 3rd Eur. Work. Cult. Herit. Preserv. EWCHP 2013
17. Broström, T, Larsen, P. and Wessberg, M., Solar energy augmented adaptive ventilation in historic buildings,. *Nordic Building Physics*, Lund, June 2014
18. Leijonhufvud, G, och Henning, A. 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): 117-23. doi: 10.1016/j.erss.2014.10.005.
19. Alev, Ü, Kalamees, T., Eskola, L., Arumägi, E., Jokisalo, J., Donarelli, A., Siren, K., & Broström, T. Indoor hygrothermal condition and user satisfaction in naturally ventilated historic houses in temperate humid continental climate around the Baltic Sea, *Architectural Science Review*, 2015.
20. EN 15759-1 Conservation of cultural property - Indoor climate - Part 1: Guidelines for heating churches, chapels and other places of worship. (November 2011) Tor Broström har varit ordförande i den grupp som tog fram den europeiska standarden:

Handbok

Larsen, P. och Broström, T. *Energy Efficient Climate Control in Historic Buildings*. Publicerad som rapport av Uppsala universitet och Nationalmuseum (Danmark)

Populärvetenskapliga publikationer

Brostrom, T. *Skonsam och energieffektiv uppvärmning av kyrkor*. I *Mångvetenskapliga möten för ett breddat kulturmiljöarbete*. S 57 – 62. Riksantikvarieämbetet 2013.

Broström, T. *Problem med inneklimat i kyrkor*, Byggnadshyttan på Gotland, årsbok 2013.

Doktorsavhandlingar

Doktoranderna Ralf Kilian, Fraunhoferinstitutet, och Andrea Luciani har tillbringat 4 resp 9 månader i Visby. Tor Broström har varit biträdande handledare i båda fallen.

Luciani, A. *HISTORICAL CLIMATES AND CONSERVATION ENVIRONMENTS - Historical perspectives on climate control strategies within museums and heritage buildings*. Doktorsavhandling, Politecnico Milano, Mars 2013.

Kilian Ralf, *Klimastabilität historischer Gebäude – Bewertung hygrothermischer Simulationen im Kontext der Präventiven Konservierung*. Doktorsavhandling Universitetet i Stuttgart, Maj 2013.

Examensarbete

Justin Moll, Adam. Inneklimatet på Skoklosters slott - En studie av ett klimatexperiments första år. Examensarbete i kulturvård (kandidatexamen), Uppsala Universitet, 2014.

Samverkande projekt

Climate for Culture

Program: 7:e ramprogrammet

Budget: 6,6 MEuro

Vår budget: 0,27 MEuro

Climate for Culture är det största europeiska forskningsprojektet någonsin inom kulturvårdsområdet. Målet var att kartlägga risker för kulturarvet till följd en global klimatändring, med fokus på inneklimat. Projektet hade 27 partners från 16. Vårt uppdrag inom projektet hade nära anknytning till arbetet inom Spara och bevara. Vi har arbetat med klimatstyrning, skadebedömningar samt beslutsstöd.

Från UU medverkade tre seniora forskare samt de tre doktorander som är knutna till klimatstyrningsprojektet. Inom projektet fanns en forskarskola med bl a gemensamma kurser och seminarier. Tor Broström var en av tre vetenskapliga koordinatörer i projektets styrgrupp. Medverkande från UU var Tor Broström, Maria Brunskog, Gustaf Leijonhufvud, Poul Klens Larsen, Magnus Wessberg samt doktoranderna inom Spara och bevara Charlotta Bylund Melin (GU) och Torun Widström (KTH).

Samverkan med Spara och bevara har varit till ömsesidig nytta. Vi har fått utväxling och spridning för våra egna forskningsresultat samtidigt som projektet har bidragit med en mycket stimulerande forskningsmiljö för såväl doktorander som seniora forskare.

Inom ramen för Climate for Culture har UU bidragit till följande rapporter:

- Vyhldal, T. and Brostrom T., Evaluation of different approaches of microclimate control.
- Brostrom, T. and Heath N. Renewable energy sources in historic buildings
- Vyhldal, T. and Brostrom T., Energy Efficient Climate Control in Historic Buildings
- Vyhldal, T. and Brostrom T., Best practise mitigation recommendations on microclimate control for preventive conservation and maintenance

Rapporterna finns tillgängliga på www.climateforculture.eu



Sustainable management of churches

Program: Interreg Central Baltic Iva

Budget: 0,88 MEuro

Vår budget: 0,23 MEuro

I ett samarbete med Tekniska Högskolan i Tallinn samt Kanut Conservation Centre i Tallinn undersöktes förutsättningarna för en hållbar förvaltning av kyrkobyggnader i Östersjöregioner. Arbetet hade två mål:

- Att ta fram en handbok för hållbar förvaltning av kyrkor
- Att i fältstudier utveckla den byggnadsfysikaliska kunskapsgrunden för att kunna hantera de vanligaste fukt- och värmeproblemen i kyrkor.

Det första målet ger en grundläggande förutsättning för att använda forskningsresultaten från Spara och bevara. Det andra målet medförda stora synergieffekter gentemot det projekt som redovisas här.

Medverkande forskare från UU: Tor Broström, Joakim Hansson, Mikael Hammelev Jørgensen.

Bilaga 1

Aktiviteter

2011-03-22	Medlem i betygsnämnden vid en disputation vid universitetet i Palermo.	Tor Broström
2011-04-13--15	Möte med standardiseringsprojektet Conservation of Cultural Property, Florens	Tor Broström Jan Holmberg
2011-05-19--20	The Baltic Sea Region Network on Indoor Climate in Churches, Hamburg	Tor Broström Joakim Hansson
2011-06-21	Ordförande vid workshop: "Air motions and air exchange in Historical Buildings". ROOMVENT 2011, 12th International Conference on Air Distribution in Rooms, Trondheim	Tor Broström
2011-09	International Symposium and Workshop on Cultural Property Risk Analysis i Lissabon (september 2011).	Gustaf Leijonhufvud
2011-11-09	Föreläsning vid Gotlands museum om värmeproblematiken i gotländska kyrkor	Tor Broström Mattias Legné
2012-04-18--20	Möte med CEN TV 346 Conservation of Cultural Property i Berlin	Tor Broström, Jan Holmberg
2012-04-25--26	The Baltic Sea Region Network on Indoor Climate in Churches, Hamburg	Poul Larsen Tor Broström Joakim Hansson
2012-06-18--20	Konferensen Indoor air quality I London. Paper tillsammans med Andrea Luciani Politecnico Milano	Tor Broström Magnus Wessberg (Medförfattare)
2012-11-7--99	Konferens: Climate for Collections, Munchen	Gustaf Leijonhufvud Poul Klens Larsen Magnus Wessberg
2013-04-11--12	Inbjuden talare Vid konferensen Heritage Science and Sustainable Development. Raatgenlaboratoriet, Berlin.	Tor Broström
2013-08-30	Föredrag om uppvärmning av kyrkor vid den Nordiska kyrkobyggnadskonferensen i Helsingfors	Tor Broström
2013-09-12--13	Seminarium:The Baltic Sea Region Network on Indoor Climate in Churches, Visby	Tor Broström Magnus Wessberg
2013-05-22	Seminarium vid Högskolan Dalarna, institutionen för Energiteknik	Gustaf Leijonhufvud
2013-10-17	Worksshop om inomhusklimat vid Statens fastighetsverk	Tor Broström
2014-02-04	Nordiskt samverkansmöte om klimatförändringar	Tor Broström
2014-06-16--19	Presentation vid Nordic Building Physics, Lund	Magnus Wessberg
2014-07-07--12	Presentation. Final conference Climate for Culture, Munchen	Tor Broström



UPPSALA
UNIVERSITET

2014-10-12	Föredrag om inneklimat i kyrkor vid konferens anordnad av Svenska kyrkans forskningsenhet	Gustaf Leijonhufvud
2014-10-23	Seminarium om inneklimat i kyrkor, Uppsala Universitet Campus Gotland	Tor Broström Gustaf Leijonhufvud Magnus Wessberg
2014-12-01--02	Presentation vid Riksantikvarieämbetets konferens om riskhantering och kulturmiljövård,	Tor Broström
2015-01-27	Presentation av handboken vid danska kyrkans temadag om energieffektivisering.	Tor Broström

Datum
2015-06-05Dnr
2011-002312

Proj.nr
STATENS ENERGIMYNDIGHET
Ank. 2015-06-08
D/Dnr

Projektnr
30923-4

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Energy efficiency and preventive conservation through climate control	
Ev. Energimyndighetens program Spara och bevara	Tidplan 2011-06-01—2015-03-31
Total projektkostnad 4 840 000	Energimyndighetens andel av kostnaden i %/kr 100%
Ev. rapporttitel hos stödmottagaren	Ev. rapportnr hos stödmottagaren
Universitet/högskola/företag Uppsala universitet/Högskolan på Gotland	Avdelning/institution Kulturvård
Adress 62167 VISBY	Organisationsnummer 202100-2932
Namn och e-post - projektledare Tor Broström tor.brostrom@konstvet.uu.se	
Namn och e-post – Huvudförfattare/ medförfattare/projektdeltagare/doktorander Maria Brunskog, Poul Klenz Larsen, Gustaf Leijonhufvud, Magnus Wessberg	
Nyckelord: 5-7 st Energieffektivisering, inomhusklimat, kulturhistoriskt värdefulla byggnader,	

Sammanfattning

Klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader erbjuder en varsam och kostnadseffektiv möjlighet att förena energisparande med ett långsiktigt bevarande av byggnaderna och deras kulturvärden. Felaktig klimatstyrning leder till skador och/eller onödigt hög energiförbrukning.

Forskningen har bedrivits inom tre områden:

- Krav på inneklimatet
- Energieffektiv klimatstyrning
- Beslutsfattande om inneklimat

Projektet har resulterat i:

- Vetenskapliga publikationer inom både konserveringvetenskap och byggnadstekniska områden
- Standards och riktlinjer;
- En handbok om energieffektiv klimatstyrning

En doktorand blir färdig under 2015, en är halvvägs genom sina studier.

Summary

Climate control in historic buildings provides a cost effective opportunity to combine energy savings with a long-term preservation of the buildings and their cultural values. Incorrect climate control may leads to damage and / or unnecessarily high energy consumption.

The research has been conducted in three areas:

- Requirements for the indoor climate
- Energy-efficient climate control
- Decision-making about the indoor climate

The project has resulted in:

- Scientific publications in both conservation science and engineering fields
- Standards and Guidelines;
- A guide on energy efficient climate control

One PhD student will finish in 2015, another one is half way through his studies.

Inledning

Klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader erbjuder en varsam och kostnadseffektiv möjlighet att förena energisparande med ett långsiktigt bevarande av byggnaderna och deras kulturvärden. Felaktig klimatstyrning leder till skador och/eller onödigt hög energiförbrukning. Med utgångspunkt från de problem och behov som avnämarna har identifierat syftade projektet till producera underlag till svenska riktlinjer för energieffektivisering och klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader samt metoder och tekniska lösningar. De byggnader som berörs av det föreslagna projektet har den gemensamma förutsättningen att inneklimatet styrs av hänsyn till bevarande av byggnader och inventarier, ibland i en kompromiss med brukarnas krav på komfort. Museer, herrgårdar, slott och kyrkor är byggnader där problematiken ställs på sin spets. En betydligt större målgrupp finns i äldre bostäder och lokaler där uppvärmningen är säsongsstyrd eller zonindelad, anpassad efter nyttjandet. Här blir frågor om skyddsvärme och avfuktning allt mer akuta i takt med att energipriserna går upp och fuktproblemen tilltar.

Nya forskningsrön och ett pågående paradigmskifte vad gäller krav på inneklimat, öppnar för nya och mer energieffektiva klimatstyrningsstrategier och tekniska lösningar. Den samhällsrelaterade nyttan kan mätas dels i minskad energiförbrukning, dels i minskade kostnader för att hantera klimatrelaterade skador. Det senare har naturligtvis ett stort värde som inte enbart kan beskrivas i ekonomiska termer.

Det genomförda projektet är en fortsättning och utveckling av det arbete som inleddes under första etappen av forskningsprogrammet Spara och bevara. Det handlar huvudsakligen om att fullfölja de doktorandprojekt som inletts samt, som en utveckling, att växla upp de nationella insatserna i ett stort Europeiskt projekt, Climate for Culture, vilket också behandlar frågor om inneklimat och energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader.

Inneklimat och klimatstyrning i kulturhistoriskt värdefulla byggnader är ett etablerat internationellt forskningsområde. Det är två grundläggande forskningsfrågor:

- Vilket klimat skall man ha med hänsyn taget till brukande och bevarande?
- Hur uppnår man detta på ett sätt som är långsiktigt hållbart?

Förutvarande projekt visade att det finns kunskapsbrister som begränsar möjligheterna att förverkliga den potential som finns för energisparande och förebyggande konservering. Det handlar om:

- Inneklimatets inverkan på byggnader och föremål; från torkskador till mögel
- Riskanalys och beslut om inneklimat
- Simuleringar för att visa på effekterna av olika handlingsalternativ
- Utveckling av integrerade strategier för styrning omfattande passiv styrning, ventilation och fuktstyrning.

Projektet löpte under perioden 2011-07-01 – 2015-03-31

Huvudmän har varit Högskolan på Gotland (t o m 2013-06-31) och sedan Uppsala Universitet (from 13-07-01).

Energimyndigheten har finansierat 100% av detta projekt. Utöver detta har vi haft flera projekt med som nära ansluter till detta vilka finansierats från andra håll, huvudsakligen EU.

Huvudresultat

Projektet har bidragit till kunskapsuppbyggnad såväl nationellt som internationellt. De konkreta resultaten i form av publikationer är

- 20 vetenskapliga publikationer med peer review.
- Två populärvetenskapliga artiklar
- En handbok
- En europeisk standard
- Ett examensarbete

Måluppfyllelse

Det övergripande målet för projektet var att skapa kunskapsmässiga förutsättningar för att i praktiken kunna förena energisparande med ett skonsamt inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader samt att skapa en bestående kunskapsplattform inom området. Mer konkret skulle projektet leverera följande:

- Vetenskapliga publikationer inom både konserveringvetenskap och byggnadstekniska områden
- Standards och riktlinjer; Europeiska med ev. anpassning till svenska förhållanden
- En handbok om klimatkriterier, riskbedömning, klimatstyrning och energieffektivitet

De uppsatta målen har nåtts.

Målgruppen är huvudsakligen yrkespersoner som på i olika roller arbetar med inneklimat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader inom såväl privat som offentlig förvaltning och inom myndigheter

Effekter i samhället

Projektet har generellt lett till att bredda fördjupa och förmedla kunskap inom området. Det vetenskapliga publikationerna bildar en bas, förmedling av denna kunskap till en bredare krets har skett via handboken, standards populärvetenskapliga artiklar.

Genomförande

Forskargruppen har bestått av följande personer

- Tor Broström, professor, energitekniker
- Maria Brunskog, lektor, konservator
- Jan Holmberg, Adj. lektor, VVS-tekniker
- Poul Klensz Larsen, Adj lektor, byggnadstekniker
- Gustav Leijonhufvud, doktorand, byggnadsantikvarie
- Magnus Wessberg, doktorand, styr- och reglertekniker

Forskningen har bedrivits inom tre områden:

- Krav på inneklimatet
- Energieffektiv klimatstyrning
- Beslutsfattande om inneklimat

Projektet har genomförts i samarbete dels med doktorander vid GU och KTH, dels med två EU-finansierade projekt:

- Climate for culture (7:e ramprogrammet)
- Sustainable management of churches (Intereg)