

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 Program för energieffektivisering i kulturhistoriskt värdefulla byggnader - Spara och Bevara - etapp 2	Tidplan 2011-07-01 till 2015-06-30
Total projektkostnad 4 293 000	Energimyndighetens andel av kostnaden i %/kr 100%
Ev. rapporttitel hos stödmottagaren [Klicka här och skriv]	Ev. rapportnr hos stödmottagaren [Klicka här och skriv]
Universitet/högskola/företag Kungl Tekniska Högskolan	Avdelning/institution Bygghälsan, avd för Byggnadsteknik
Adress 10044 Stockholm	Organisationsnummer 202100-3054
Namn och e-post - projektledare Folke Björk folke.bjork@byv.kth.se	
Namn och e-post – Huvudförfattare/ medförfattare/projektdeltagare/doktorander Torun Widström torun.widstrom@byv.kth.se	
Nyckelord: 5-7 st Energieffektivisering, kulturhistoriska byggnader, skaderisk, bevarande	

Sammanfattning

Syftet med projektet är att möjliggöra en god hushållning med naturresurser, framförallt energi, i byggnader av kulturhistoriskt värde, samtidigt som dessa kulturvärden bevaras. Arbetet har fokuserat på datorbaserade modelleringsverktyg och hur de ska hanteras för att ge pålitliga och användbara beslutsunderlag för långsiktigt hållbar fastighetsförvaltning. Detta är svårt eftersom de kulturhistoriska byggnaderna på så många sätt avviker från vad som är normalt i byggnader från senare tid. Skoklosters slott har varit studieobjekt i det mesta av detta projekt. Vindtunneltester gjorts som visar att en komplex geometri samt omgivningens vegetation gör att vindtrycksbelastningarna varierar mycket på olika delar av byggnaden. Det har stor betydelse för luftväxlingen i byggnaden. En metod att lägga in effekten av köldbryggor i moderna program för helbyggnadssimulering har tagits fram. Dessutom har olika verktyg och metoder för simulering tillämpats så att de kan jämföras.

Summary

The aim of the project is to enable a good management of natural resources, especially energy, in buildings of historical value, while their cultural values are preserved. The work has focused on computer-based modeling tools and how they

should be handled to provide reliable and useful decision data for choices between alternatives for sustainable property management. This is difficult because cultural heritage buildings in so many ways deviate from normal buildings of today. Skokloster Castle has been the object of study in the most of this project. Wind tunnel tests has shown that a complex geometry as well as the surrounding vegetation results in big local variations in wind pressure loads around the building, with a pronounced effect on air exchange rate. A method to add the effect of thermal bridges into modern software for whole building modelling has been developed. In addition, different programs and methods for building simulation are applied so that they can be compared.

Inledning

Syftet med projektet är att möjliggöra en god hushållning med naturresurser, framförallt energi, i byggnader av kulturhistoriskt värde, samtidigt som dessa kulturvärden värnas. Idag kompliceras en sådan hållbar förvaltning av att de historiska byggnaderna ofta i struktur, material, geometri och skick och ibland även i funktion avviker från vad som kan anses normalt i resten av byggnadsbeståndet. Skaderiskerna och samverkan mellan temperatur och fukt blir dessutom större i och med att klimatskärmen ofta består av material som tillåter riklig fuktvandring. Detta ställer särskilda krav på simuleringsverktyg och -metoder som de alternativ som nu finns tillgängliga inte kan leva upp till. Behovet är att kunna simulera flera samverkande aspekter samtidigt, kunna visa hur dessa fungerar över längre tid, samt baserat på detta kunna redovisa skaderisker, även i specifika punkter där riskerna är större, som vid köldbryggor.

Brist på tillräcklig kunskap och lämpliga verktyg gör att åtgärder inte ger önskat resultat, orsakar skador eller i att åtgärder inte alls sätts in. Åtgärder som uteblir innebär inte bara en risk för oönskat stor energianvändning och klimatpåverkan utan kan också leda till skador på byggnaden.

Huvudresultat

Arbetet sammanfattas i publikationer som nu (februari 2016) håller på att utarbetas. De kommer också att presenteras i en doktorsavhandling som ska läggas fram senare under året 2016. Vi planerar även seminarier där vi presenterar dessa resultat och ger träning i att använda de metoder som tagits fram.

Huvudresultatet av arbetet är:

1. Vindtunnelexperiment: Generella observationer om betydelsen av geometriska komplikationer i Skokloster för skillnader i tryckdifferens över klimatskalet. Arbetet visar att en komplex geometri, som den Skoklosters slott har, gör att vindtrycksbelastningarna lokalt över byggnaden är mycket olika.
2. Vindtunnelexperiment: Skillnader i tryck på olika fasadytor på Skokloster Slott och dess betydelse för luftväxlingen i slottet och jämförelse med tidigare utförda

luftväxlingsundersökningar. Studien visar att de lokala skillnaderna i vindtrycksbelastning över klimatskärmen har tydlig påverkan på inneklimatet när en byggnad av detta slag har otätheter.

3. Vindtunnelexperiment: Skillnad i resultat av vindtunnelexperiment med och utan omgivande vegetation

4. Equivalent Wall Part Method 1: Beskrivning av metoden. Artikeln presenterar "equivalent wall part method" och hur en köldbrygga kan transformeras till en del av en vägg med sådana egenskaper att den ganska enkelt kan läggas in i ett simuleringsprogram för hela byggnader.

5. Equivalent Wall Part Method 2: Applikation av metoden i Skokloster Slott med jämförelse mellan olika punkter med skillnader i mögelpåväxt

6. Case study simulering av Skokloster Slott

7. WUFI, IDA och Moira: Jämförelse mellan olika verktyg och metoder

8. Summering av simulering av historiska byggnader

Den rent byggnadsmässiga kunskap som kan vinnas i fallstudien i Skokloster Slott kan appliceras på andra byggnader, så att det blir lättare att identifiera vad man bör lägga vikt vid i utformning av såväl potentiella klimatstyrningsstrategier som byggnadssimuleringsmodeller och var fokus bör ligga vid kvalitetssäkring av indata, val av simuleringsverktyg/-metoder och vid resultatanalys.

Måluppfyllelse

Arbetet har bidragit till kännedom om samspel mellan energibesparande åtgärder, komfort och skaderisker i historiska byggnader. Det ger metoder som kan användas och prognoser beträffande konsekvenser vid val av olika av åtgärder. Detta ska leda till optimerat energieffektiviserande med minimerad skaderisk i byggnaderna, ökad kunskap om historiska passiva klimatstyrningsmetoder som potentiellt kan återanvändas, ökad kunskap om vilka generaliseringar som kan och inte kan göras så att generella rekommendationer kan förbättras. Spridning av denna kunskap ska göra att experter på området får tillgång till ett bättre underlag för sin rådgivning och att fastighetsägare och förvaltare får tillgång till ett mer tillförlitligt och överskådligt beslutsunderlag. Arbetet har tagit med tid än vi önskat på grund av att de detaljerade modelleringarna har ansträngt mjukvarorna hårt.

Effekter i samhället

Samhället kommer att ha nytta av projektet på flera sätt. Förbättrade analysmetoder och kunskap om modellering kan ge bättre beslutsunderlag när energianvändningen i kulturbyggnader ska optimeras för bästa bevarandeförhållanden. Denna typ av modelleringar ger djupare insikt i hur en kulturhistorisk byggnad fungerar på en byggnadsfysikalisk nivå. Det öppnar nya möjligheter att utforma klimatstyrningsstrategier så att de arbetar tillsammans

med byggnadens naturliga funktion istället för att, som det i många fall sker, arbetar emot den.

Genomförande

Arbetet har inkluderat vindtunnelstudier av Skokloster Slott i samarbete med Högskolan i Gävle, mätningar på Skokloster i samarbete med Uppsala Universitet, f.d. Högskolan på Gotland, kontakt med Göteborgs Universitet för analys av mögelrisk och simuleringar av ett flertal kyrkor med jämförelser med måtvärden i samband med framtagande av lämpliga simuleringsmetoder och verktyg. Vidare har deltagande i det tvärvetenskapliga EU-projektet Climate for Culture givit värdefulla kontakter som bidragit till möjligheterna att inkludera även effekter av tänkta framtida klimat för att ta med i utvärderingarna av olika klimatstyrningsstrategier.

En helbyggnadsmodell av Skokloster Slott har gjorts i simuleringsprogrammet IDA-ICE och har kalibrerats efter måtvärden samt försetts med integrering av vindpåverkan av byggnadens luftflöden, effekter av köldbryggor och beräkning av mikroklimatet vid de mest skaderisksatta punkterna plus referenspunkter. Inom projektet har även tagits fram en ny metod för modellering av hur köldbryggor påverkar fuktbelastningar på konstruktioner. Vi kallar den ”equivalent wall part method”. Det är ett sätt att tämligen enkelt skapa och lägga in en platt konstruktionsdel i en modell i ett helbyggnadsprogram, t.ex. IDA-ICE, som fungerar likadant som en mer komplicerad köldbrygga.

Dessa de mest utsatta punkterna är identifierade vid en skadeinventering av konservator Ann-Cathrin Rothlind vid Livrustkammaren. Vidare har en delmodell för de mest problematiska rummen upprättats i simuleringsverktyget WUFI för att studera resulterande fuktnivåer noggrannare. WUFI-modellen hämtar indata från IDA-modellen, för att effekterna av den naturliga ventilationen och variationer i omgivande rum ska kunna integreras. Dessa modeller har hittills kunnat leverera kunskap om byggnadens ursprungliga funktion, skaderiskenivåer och prestanda, före klimatstyrningsexperimentet inleddes, för att utgöra referenspunkt för klimatstyrningsstrategiernas utfall.

Som en del av vårt arbete har vi tagit fram en prototyp av ett fuktsimulerings- och skaderisikanalysverktyg som togs fram i de föregående etapperna, MOIRA. Detta har dock ännu inte ett lättillgängligt användargränssnitt.