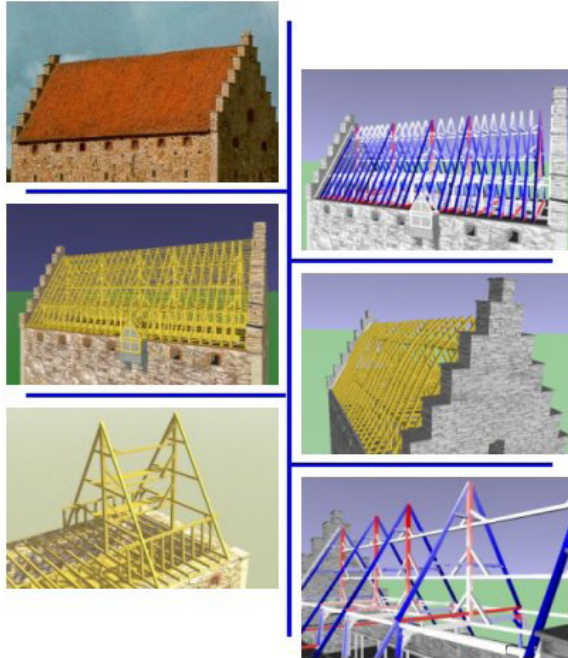




**LUND**  
UNIVERSITY



# TAKKONSTRUKTIONEN PÅ GLIMMINGEHUS En virtuell bildberättelse

CARL THELIN

---

Structural Mechanics

*Master's Dissertation*

---



TAKKONSTRUKTIONEN  
PÅ GLIMMINGEHUS  
En virtuell bildberättelse

Examensarbete utfört av  
CARL THELIN

Handledare:  
KARL-GUNNAR OLSSON och JONAS LINDEMANN,  
Avd. för byggnadsmekanik  
MATS EDSTRÖM,  
Avd. f. bebyggelsevård

*CD-skiva medföljer denna rapport.*

Foto, framsida i bild längst upp till vänster: RAÄ, Carl Fredrik Ohlsson.

Copyright © 2000 by Structural Mechanics, LTH, Sweden.  
Printed by KFS i Lund AB, Lund, Sweden, November 2000.

For information, address:  
Division of Structural Mechanics, LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden.  
Homepage: <http://www.byggmek.lth.se>



## Förord

Detta examensarbete har utförts vid Avdelningen för byggnadsmekanik och Avdelningen för bebyggelsevård på Lunds tekniska högskola.Handledare har varit universitetslektor Karl-Gunnar Olsson och civ. ing. Jonas Lindemann vid Avdelningen för byggnadsmekanik samt universitetslektor Mats Edström vid Avdelningen för bebyggelsevård.

Jag vill tacka mina handledare, personalen på Glimmingehus som låtit mig komma in i borgen för studier på platsen och Svend Jacobsen vid Eduard Troelsgard rådgivende ingeniører i Köpenhamn som varit till god hjälp vid diskussionen angående takkonstruktionens uppbyggnad.

Arbetet har i huvudsak utförts under våren och hösten 1999.

Göteborg, november 2000

Carl Thelin



## **Abstract**

Glimmingehus was founded in 1499, five hundred years ago and it is known as the best preserved private medieval castle in Scandinavia. Since 1991 damages has been discovered in the roof truss. These damages increased gradually with accompanying material damage. In 1996 there was made a structural analysis of the truss [1]. Reparation and restoration of the construction was begun in summer 1998.

The purpose of this master thesis is to show the strength of 3-dimensional computer-models partly to make a process clear, partly to make a physical behaviour, comprehensible.

One model shows how the roof might have been constructed. Geometric models on how the construction looks today and how it could have looked when it was newly built are presented. Models that show the roof trusses statical behaviour at wind load and at damages are shown to make it easier to see how the load is carried and how the construction reacts on different damages.

The programs that have been used to generate the models are AutoCad R14 [13], 3d-studio MAX [14], Matlab [15] and Calfem [16]. The result is viewed by an internet-browser with the plug-in Cosmo Player [18] for viewing of the VRML-files [17].

The result is partly still images and partly VRML-models that can be moved and that the viewer can move inside. The thesis are presented through a website.





## Sammanfattning

Glimmingehus grundlades 1499, för fem hundra år sedan, och det är känt som Nordens bäst bevarade privata medeltidsborg. Sedan 1991 har man vid inspektion upptäckt skador på takkonstruktionen, skador som gradvis har ökat i omfattning. År 1996 gjordes en analys av kraftspelet i konstruktionen [1]. Reparation och restaurering av konstruktionen påbörjades under sommarhalvåret 1998. Under förarbetet inför restaureringen framkom behovet av ett verktyg som lättfattligt beskriver takkonstruktionens beteende såväl vid normala belastningar som när den belastas eller deformeras på grund av skador.

Syftet med examensarbetet är att visa på styrkan i 3-dimensionella datormodeller, dels för att göra en process tydlig, dels för att göra ett fysikaliskt förlopp, ett verkningssätt, förståeligt.

En modell av hur det kan ha gått till vid uppförandet av takkonstruktionen på Glimmingehus presenteras. Geometrisk modeller av hur konstruktionen ser ut idag och hur den kan ha sett ut som nyuppförd presenteras. Modeller som visar takkonstruktionens verkningssätt vid vindbelastning och vid skador underlättar förståelsen av hur lasten bärs och vad som händer vid olika skador.

De program som använts för att generera modellerna är AutoCad R14 [13], 3D-studio MAX [14], Matlab [15] och Calfem [16]. För att se resultatet behövs en internet-läsare och COSMO-PLAYER [18] för att kunna se VRML-filer [17].

Resultatet består dels av stillbilder och dels av VRML-modeller som man kan röra på och röra sig i. Arbetet presenteras via en hemsida.



# 1 Innehållsförteckning

<b><u>FÖRORD</u></b> .....	3
<b><u>ABSTRACT</u></b> .....	5
<b><u>SAMMANFATTNING</u></b> .....	7
<b><u>1 INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u></b> .....	9
<b><u>2 INLEDNING</u></b> .....	11
<u>2.1 Bakgrund</u>	11
<u>2.2 Syfte</u>	11
<u>2.3 Avgränsningar</u>	11
<b><u>3 METODER OCH KÄLLMATERIAL</u></b> .....	13
<u>3.1 Källmaterial</u>	13
<u>3.2 Program och programkod</u>	13
<u>3.3 Geometrisk modellering och strukturmekanisk analys</u>	14
<b><u>4 BORGEN OCH TAKKONSTRUKTIONEN</u></b> .....	15
<u>4.1 Beskrivning av borgen</u>	15
<u>4.2 Beskrivning av takkonstruktionen</u>	15
<b><u>5 VISUALISERING</u></b> .....	17
<u>5.1 Från AutoCAD till VRML</u>	17
<u>5.1.1 Modellen i AutoCAD</u>	17
<u>5.1.2 Modellen i 3D-studio MAX</u>	17
<u>5.1.3 Modellen i VRML</u>	18
<u>5.2 Från Matlab till VRML</u>	18
<u>5.3 Modellerna av kraftspelet</u>	19
<b><u>6 BESKRIVNING AV HEMSIDAN</u></b> .....	21
<u>6.1 Huvudsidan</u>	21
<u>6.2 Presentation</u>	21
<u>6.3 Historia</u>	21
<u>6.4 Det fasta huset</u>	21
<u>6.5 Uppbyggnaden</u>	21
<u>6.6 Rörliga modeller</u>	23
<u>6.6.1 Kraftspel</u>	23
<u>6.7 Ordlista</u>	23
<b><u>7 SLUTSATSER</u></b> .....	25
<b><u>8 REFERENSER</u></b> .....	27



## 2 Inledning

Examensarbetets kärna är den hemsida som bifogas på CD till denna rapport. Hemsidan finns också tillgänglig under [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se). Rapporten ger en kort beskrivning av hemsidan och av de programvaror som använts för att bygga upp den. Dessutom redovisas och diskuteras det källmaterial och de beräkningsmetoder som ligger till grund för de på hemsidan visade modellerna.

### 2.1 Bakgrund

I början av 1990-talet upptäcktes nya skador på takkonstruktionen i Glimmingehus, skador som gradvis ökat i omfattning. Detta medförde att ett flertal studier av takkonstruktionen inleddes, [1, 2, 8, 9, 10, 11 och 12], dels för att söka skadeorsaker, dels för att ge en ökad generell förståelse för kraftspelet i takkonstruktionen. Målsättningen var att ta fram ett beslutsunderlag för restaureringsåtgärder. Baserad på dessa studier utfördes under sommaren och hösten 1998 en större restaurering av takkonstruktionen. Studierna av takkonstruktionen ingick också som ett av flera forskningsprojekt kring borgen inför dess 500-årsjubileum 1999.

Under förarbetet inför restaureringen framkom behovet av ett verktyg som lättfattligt beskriver takkonstruktionens beteende såväl vid normala belastningar som när den belastas eller deformeras på grund av skador. Genom ett sådant verktyg skulle de som planerar restaureringen kunna förstå hur konstruktionen fungerar, se hur en skada förändrar de inre krafterna i takkonstruktionens olika delar och se hur skilda restaureringsåtgärder återställer kraftvägarna eller förändrar dem för gott.

### 2.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att visa på styrkan i 3-dimensionella datormodeller, dels för att göra en process tydlig, dels för att göra ett fysikaliskt förlopp, ett verknings sätt, förståeligt. Detta för att alla inblandade i ett förarbete inför en restaurering ska ha tillgång till samma kunskap, samma beslutsunderlag.

En diskussion har förts om hur det har gått till vid uppförandet av takkonstruktionen på Glimmingehus. Här presenteras en modell på hur det kan ha gått till.

Takkonstruktionens verknings sätt vid vindbelastning och vid skador visas i modeller. Genom modellerna skall det bli lättare att se hur lasten bärs och vad som händer vid olika skador.

### 2.3 Avgränsningar

Inför restaureringen av Glimmingehus takkonstruktion diskuterades olika teorier kring takkonstruktionens uppförande, [10, 11]. En av dessa teorier [10] visualiseras i examensarbetet i form av en bildserie som visar hur takkonstruktionens delar successivt sätts på plats.

Samtidigt utfördes beräkningar för att bestämma inre krafter och deformationer för såväl den oskadade som den skadade takkonstruktionen. Takkonstruktionens verkningsätt av egentyngd, av vindbelastning och av olika typer av skador bestämdes [1, 10]. Resultaten av dessa beräkningar har i examensarbetet bearbetats och redovisas som infärgade bilder av takkonstruktionen. Endast normalkrafternas fördelningar har redovisats eftersom dessa representerar takkonstruktionens globala beteende.

## 3 Metoder och källmaterial

### 3.1 Källmaterial

Ur Gustaf Åbergs och Anders Ödmans broschyrer *Glimmingehus*, [3] och [4], samt Jane Hellstedts *Slott och borgherrar i Skåne*, [5], har den allmänna översikten över borgen och dess historia hämtats.

Uppmättningsritningar gjorda av Johan Iacobi, Martin Seitzberg och Ebbe Hædersdahl [2] har legat till grund för geometrin i datormodellerna. Examensarbetet ”Takkonstruktionen på Glimmingehus – en historisk och strukturmekanisk analys” [1] innehåller också tydliga beskrivningar av takkonstruktionens uppbyggnad och dess geometri. Detta arbete har även bidragit med beskrivningar av konstruktionens statiska verkningssätt, diskussioner kring hur skador har uppkommit och förslag på hur man kan gå tillväga för att reparera dessa skador.

Ytterligare diskussioner kring takkonstruktionens uppbyggnad, dess statiska verkningssätt, och förslag på restaureringsåtgärder finns i rapporterna [8-12].

Några studiebesök har gjorts på plats för att göra kompletterande uppmätningar och observationer.

Brevväxling med Svend Jacobsen vid Eduard Troelsgårds ingenjörbyrå i Köpenhamn har gett svar på en del frågor speciellt om takkonstruktionens uppbyggnad.

### 3.2 Program och programkod

Nedan följer en kort beskrivning av de program och den programkod som har använts:

- AutoCad R14 [13], från Autodesk, är ett ritprogram för både 2-dimensionella och 3-dimensionella ritningar. Programmet har använts för att skapa den geometriska grundmodellen av takkonstruktionen.
- 3D-studio MAX [14], från Kinetix, är ett program för 3-dimensionell modellering, som har använts för att skapa en realistisk bild av borgen. I programmet kan bland annat texturer läggas på ytor, samt ljus och skuggor läggas till. Programmet kan både importera och exportera VRML-filer [18].
- Matlab [15], från MathWorks, är ett matematikprogram som använts för att generera beräkningsmodeller. Med hjälp av funktioner framtagna vid Avdelningen för byggnadsmekanik [18] kan programmet generera VRML-kod.
- CALFEM [16], från Institutionen för mekanik och material vid Lunds tekniska högskola, är en toolbox till Matlab. Programmet har använts för FEM-analyserna av takkonstruktionen.

- VRML [17], står för Virtual Reality Modeling Language och är en programkod för 3D-modellering. Med VRML går det att visa 3-dimensionella modeller på internet.
- Cosmo Player [18] är en plugin för internet-läsare som gör det möjligt att se VRML-filer.

### *3.3 Geometrisk modellering och strukturmekanisk analys*

En stor del av arbetet har bestått i att skapa dels en geometrisk modell i AutoCAD, dels en beräkningsmodell i CALFEM/Matlab.

Den strukturmekaniska analysen är gjord med finita elementmetoden (FEM) [6] som är en numerisk metod att approximativt lösa de differentialekvationer som beskriver det fysikaliska problemet. Karaktäristiskt för finita elementmetoden är att man delar in strukturen, som man vill beräkna, i mindre delar - finita element - och låter den numeriska approximationen gälla över varje element. Detta innebär att man ställer upp en förenklad och idealiserad modell av verkligheten. Syftet med beräkningarna har varit att få en översiktlig bild över hur konstruktionen fungerar, hur laster bärs och hur konstruktionen deformeras.

Beräkningarna har utförts i programmen CALFEM [16] och Matlab [15]. 3-dimensionella balkelement och linjär elasticitetsteori har använts. Trämaterialet modelleras som linjärelastiskt. Hållfasthetsvärdena för trävirket motsvarar ungefär virkeskvalitet T30 [1].

Modellernas geometrier bygger på uppmättningsritningarna. Dessa presenterar fyra huvudtyper av takstolar som har fått stå modell för samtliga takstolar. I den verkliga konstruktionen har nästan alla takstolarna en viss lutning. I modellen står samtliga takstolar vertikalt utan lutning, och knutpunkter förbinds med raka linjer.

Takkonstruktionens upplag på muren modelleras genom att de har fått ett vertikalt stöd för varje murrem som ligger på muren. De takstolar som har bindbjälkar får ett horisontellt stöd i den ena änden. De takstolar som saknar bindbjälke får sitt horisontella stöd genom de delar av stödbenen som sticker nedanför muren och de låses i modellen.

De laster som verkar på takkonstruktionen är konstruktionens egentyngd, yttertaket tyngd och vindlast. Snölast kan bortses från eftersom att takets branta lutning gör att ingen snö ligger kvar. Egentyngden modelleras som jämt fördelad last längs elementen. Yttertaket egentyngd förs på högbenen som jämnt fördelad last. Vindlastens värde fås från boverkets byggregler och läggs också på högbenen som jämnt utbredd last.



## 4 Borgen och takkonstruktionen

### 4.1 Beskrivning av borgen

Borgbyggnaden täcker en yta på ungefär 12 x 30 meter och är 26 meter hög vid taknocken. Murarna har en tjocklek på cirka 2,5 meter i marknivå och 1,5 meter vid murkrönet.

Borgen har tre våningar samt källare och vind. I källaren finns rum som tidigare varit kök, folkstuga för borgens personal och förrådsutrymmen. På första våningen ligger borgstugan, dagligstugan och en kammare. På andra våningen ligger stora salen som varit en praktfull festsal. Här ligger också borgens mest dekorerade rum, den så kallade frustugan, och en kammare. Nästa våning, den tredje, kallas för skytteloftet och består av ett enda stort rum. Här har man kunnat sticka ut bommar, ur kvadratiska hål, på vilka man kan ha byggt en utvändig skyttegång runt borgen. Från skytteloftet når man den övre vinden via en trätrappa och där uppe kan man se den imponerande takkonstruktionen.



Figur 1. Glimmingehus. Foto , till vänster: RAÄ, Bengt A Lundberg, till höger: RAÄ, Rolf Salomonsson

### 4.2 Beskrivning av takkonstruktionen

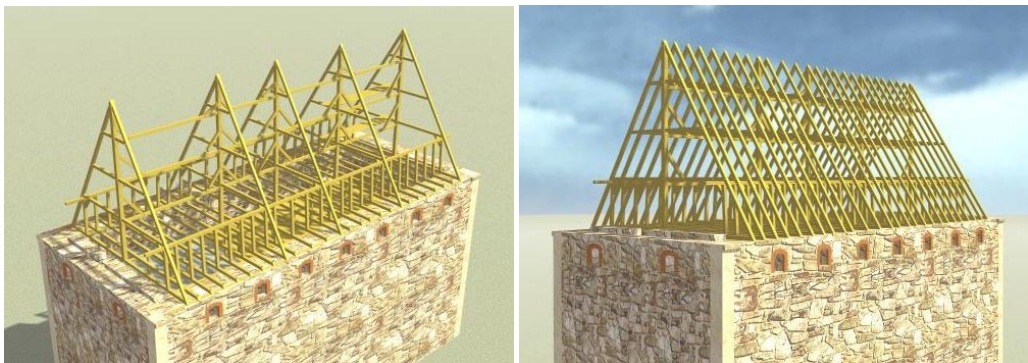
Takkonstruktionen består av en långstolskonstruktion och 28 takstolar. Långstolen är en längsgående konstruktion mitt i taket. Den består av fem kungar som är sammanbundna av längsgående dragare i tre våningar. Systemet av vertikala kungar och horisontella dragare stabiliseras med hjälp av snedsträvor mellan kungar och dragare, se figur 2.

De fem kungarna ingår i varsin takstol och dessa bildar de så kallade huvudtakstolarna. Fyra av de fem kungarna vilar på var sin bockkonstruktion, medan den västligaste kungen saknar ett sådant stöd. Samtliga takstolar har hanband i tre våningar. Sex remstycken ligger på de två

övre hanbandens nivåer och löper över cirka 10 takstolar. Dessa är förankrade i gavelmurarna. Av 28 takstolar har endast 6 stycken bindbjälke, dessa är placerade nära gavlarna med tre i den västra delen och tre i den östra delen av konstruktionen. De takstolar som inte har bindbjälke ges horisontellt stöd genom att stödbenet går en bit nedanför murkrönet och/eller genom friktion mellan mur och tass.

I princip kan fyra takstolstyper urskiljas:

- huvudtakstol med bindbjälke.
- huvudtakstol utan bindbjälke.
- takstol med bindbjälke.
- takstol utan bindbjälke.



Figur 2. Långstol med huvudtakstolar samt hela takkonstruktionen förutom remstycken

På murkrönen ligger två murremmar, den ena längs murens innerkant och den andra cirka 20 cm innanför murens ytterkant. Mitt på skytteloftet, som är våningen närmast under takkonstruktionen, finns ett så kallat underslag som ger ett stöd mitt under konstruktionen.

Taketets höjd är cirka 10 meter från murkrönet till taknocken, och taket är täckt med enkupigt undermurat vingtegel lagt på läkt.

## 5 Visualisering

### 5.1 Från AutoCAD till VRML

För att ta fram den bildsekvens som visar uppbyggnaden av takkonstruktionen samt modellen av takkonstruktionen i dess helhet har tre programvaror länkats samman, AutoCAD, 3D-studio MAX och COSMO-PLAYER. I AutoCAD har en geometrisk modell av takkonstruktionen skapats i filformatet ".dwg". Denna modell har sedan exporterats till 3D-studio MAX via filformatet ".3ds" då det var lättare att hantera och gav ett bättre resultat i 3D-studio MAX. Filer i formatet ".dwg" som importerades direkt in i 3D-studio MAX gav betydligt större filer och krävde mer datorkapacitet. I 3D-studio MAX har modellen bearbetats och omformas dels till bilder av formatet ".jpg" för uppbyggnadssekvensen och dels till VRML-kod med filformatet ".vrl". Detta filformat kan läsas av programvaran COSMO-PLAYER som är en plugin för internet-läsare och som gör det möjligt att som betraktare förflytta sig i och rotera 3-dimensionella bilder.

#### 5.1.1 Modellen i AutoCAD

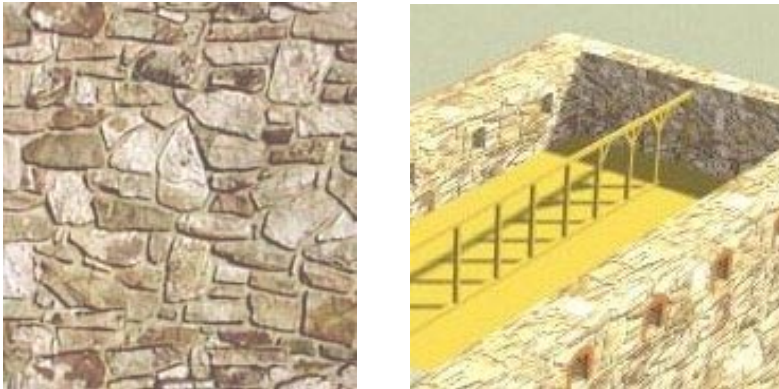
En geometrisk modell av takkonstruktionen kan skapas i AutoCAD men också direkt i 3D-studio MAX. Genom att tillverka en geometrisk modell i AutoCAD fås en exakt modell. Modellering i AutoCAD bygger på angivelse av koordinater vilket gör att geometrin blir exakt med den indata som finns att tillgå. 3D-studio MAX har ett enklare sätt att hantera de 3-dimensionella modellerna men ger inte samma matematiska korrekthet som i AutoCAD. Fördelen med 3D-studio MAX är att det är mycket lättare att överblicka den färdiga modellen.

I AutoCAD har solidmodeller använts till de olika konstruktionsdelarna. Dessa har placerats i skilda lager för att underlätta uppbyggnaden av olika bilder. Den färdiga AutoCAD-modellen får filformatet ".dwg". Detta exporterades till formatet ".3ds", som är ett format som användes av en äldre version av 3D-studio, för importering till 3D-studio MAX då detta gav en mer lätthanterlig fil som krävde mindre datorkapacitet än om filer med formatet ".dwg" importerades direkt i 3D-studio MAX.

#### 5.1.2 Modellen i 3D-studio MAX

I 3D-studio MAX finns möjlighet att ge de olika kropparna realistiska ytor. Dessa består av bilder som "mappas" på delarna. Borgens mur har till exempel gjorts realistisk med hjälp av denna teknik. För trädelarna har inte någon så kallad "image-map" kunnat användas på grund av problem med trämaterialalets olika riktningar. Trädelarna har istället fått en träliknande färg. Marken har fått en markliknande struktur och i bakgrunden har en bild av en himmel lagts in. Ett parallellt ljus från en riktad ljuskälla har lagts på för att simulera solen. Solljuset har tilldelats en gulaktig färg som ger ett mer realistiskt sken än rent vitt ljus. En funktion som automatiskt genererar skuggor relaterade till ljuset har använts. Atmosfär med en lätt dimma som tättnar mot horisonten har också lagts in.

3D-studio MAX modeller lagras i filer med ändelsen ".max". Från 3D-studio MAX modellen kan stillbilder i JPEG [20] format, samt 3d-modeller i VRML (".wrl") genereras. JPEG [20] formatet valdes för att uppnå hög komprimeringsgrad, så bilderna kan användas på en hemsida.



Figur 3. Textur som använts till borgens mur samt exempel på ljus och skuggeffekter i 3D-studio MAX.

### 5.1.3 Modellen i VRML

Från 3D-studio MAX erhöles en redigeringsbar VRML-kod med ändelsen ".wrl". Ytegenskaperna från 3D-studio MAX följde med, men atmosfären, marken, ljuset och bakgrunden lades till för hand, som separat VRML-kod.

## *5.2 Från Matlab till VRML*

Till skillnad från den geometriska modellen, direkt uppbyggd av 3-dimensionella solider, som skapas i AutoCAD, har beräkningsmodellens geometri byggts upp av linjer och nodpunkter. Genom att tilldela varje linje en tvärsnittsform erhålls en solid för varje element i takkonstruktionen. Beräkningsmodellen är skapad i programvaran Matlab med tillägget CALFEM, och fås som en läs- och editeringsbar Matlab-fil med filformatet .m. Vid Avdelningen för byggnadsmekanik har ett tillägg till Matlab i form av olika funktioner utvecklats som omformar geometri beskriven i Matlab/CALFEM-form till VRML-kod [17]. Med hjälp av dessa funktioner har i Matlab filer tillverkats som genererar deformerade geometrier och infärgade element som visar belastningar i VRML-kod. Dessa VRML-filer visar endast den del av konstruktionen som ingått i beräkningsmodellen. Denna har sedan sammanförts med de övriga komponenterna, till exempel muren och murgavlarna, från AutoCAD-modellen. Detta har gjorts genom att VRML-filen från beräkningen importerades i 3D-studio MAX och passades ihop med modellen med murarna med hjälp av 3D-studio MAX användargränssnitt. Denna nya fil exporterades sedan återigen som tidigare till VRML-kod

för att kunna visas med hjälp av Cosmo Player. Endast en av filerna som visar kraftspelet har behandlats på detta sätt. De övriga modellerna kunde sedan kopieras in direkt i VRML-koden då det gav mindre arbete än att gå via 3D-studio MAX för varje fil och det inte heller var nödvändigt att göra det då alla modellerna har samma koordinater i VRML-koden.

### *5.3 Modellerna av kraftspelet*

Kraftspelet i takkonstruktionen har modellerats med fyra olika förutsättningar. Med vindlast, utan vindlast, med förutsättningen att kungarna står med stöd på golvet som de kan ha gjort då takkonstruktionen var nyuppförd och vid två olika skadefall. Dessutom visas hur konstruktionen deformeras vid vindlast. Fallen med respektive utan vindlast visas dels med samtliga takstolar och dels med endast huvudtakstolarna och långstolskonstruktionen då detta gör det lättare att överblicka kraftspelet.

Den första skadan som demonstreras är en rötskada på den nedre delen av det ena högbenet på huvudtakstol nummer 9. Detta innebär att denna takstol saknar horisontellt stöd vid skadan och att högbenet får en rörelse utåt. Skadan simuleras genom att en extra horisontell frihetsgrad placeras in vid kopplingen mellan högbenet och tassen vilket frikopplar högbenet från horisontellt stöd. Den andra skadan innebär att fönsteröppningen under huvudtakstol nummer 15 är skadad och ger ett försämrat vertikalt stöd åt takstolen och detta simuleras genom att takstolens vertikala stöd borttages i modellen.

Att dessa två skadevarianter valdes beror på att de kraftigt påverkar konstruktionens verknings sätt och att det var svårt att bilda sig en uppfattning om skadeförloppet genom studie på plats.



## 6 Beskrivning av hemsidan

### 6.1 Huvudsidan

Huvudsidan är hemsidans portal. Den innehåller länkar till de olika undersidorna. Man återkommer alltid portalen efter att man besökt en undersida.

Undersidorna är:

- Presentation
- Historia
- Det fasta huset
- Uppbyggnaden
- Rörliga modeller
- Ordlista

Under "Rörliga modeller" finns länkar till de olika modellerna.

### 6.2 Presentation

En kort presentation av examensarbetet och hemsidan.Handledare och andra personer som har hjälp till nämns och här finns också uppgifter om när examensarbetet är utfört.

### 6.3 Historia

På denna sida kan man läsa om Glimmingehus historia. Vem byggde borgen, hur gick det till och vilka har ägt och använt den från dess att den byggdes fram till idag?

### 6.4 Det fasta huset

En kort beskrivning av den typ av stenhus som Glimmingehus är och varför det byggdes sådana vid tiden för Glimmingehus uppförande.

### 6.5 Uppbyggnaden

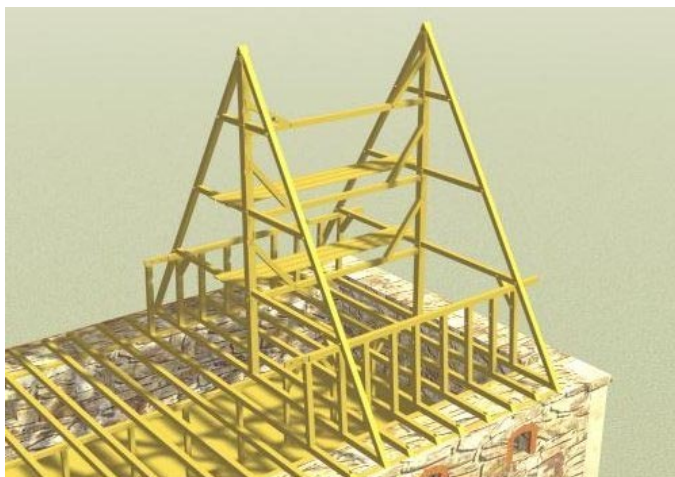
Hur går det till när en takkonstruktion som den på Glimmingehus byggs upp? Det har skett en hel del omförflyttningar av virket och en del av virket har bytts ut i takkonstruktionen. Detta kan man sluta sig till genom att numreringen av takstolarna inte stämmer och att den dendrokronologiska undersökningen har gett resultat som avslöjar att en del virke inte är från 1400-talet. Hur konstruktionen såg ut när den var nyuppförd har diskuterats i olika teorier.

Jag har i huvudsak kommit i kontakt med två olika teorier om takkonstruktionen på Glimmingehus. Den ena menar att bockarna är ursprungliga och att kungarna restes på bockarna [11]. Till exempel har den dendrokronologiska undersökningen visat att bockarnas virke är från 1400-talet. Den andra menar att bockarna har tillkommit efter uppförandet och att kungarna ursprungligen gick ända ner till takbjälklaget [10]. Det finns argument för båda teorierna.

Teorin som redovisas i detta examensarbete och som bildsekvensen på hemsidan bygger på redovisas här i ett antal punkter.

- Vid uppförandet måste man strävat efter att så snabbt som möjligt uppnå horisontell stabilitet. Genom att få konstruktionen självbärande behöver man inte använda så mycket tillfälliga stödkonstruktioner. Om man vid varje steg i uppbyggnadssekvensen analysera stabiliteten kan man dra slutsatser om vilka byggnadsdelar som behöver monteras för att uppnå stabilitet i nästa steg.
- Genom att studera infästningarnas utformning kan man dra slutsatser om hur de olika delarna placerats i förhållande till varandra och i vilken ordning de har monterats. Ett exempel är att kungarna måste ha stått innan de nedersta hanbanden sattes på plats eftersom de är tappade in i kungen.
- Det måste vara praktiskt möjligt för timmermännen att bära, lyfta och montera. Hur har timmermännen kunnat utnyttja redan uppförda konstruktionsdelar vid montering av nya?
- Historiska källor och erfarenhet ger information om hur andra liknande konstruktioner uppförts vid samma tid [1].

Bilderna i bildsekvensen är gjorda i 3D-studio MAX. Varje bild är en 2-dimensionell bild av den 3-dimensionella modellen – som ett foto.



Figur 4. Uppbyggnaden av takkonstruktionen



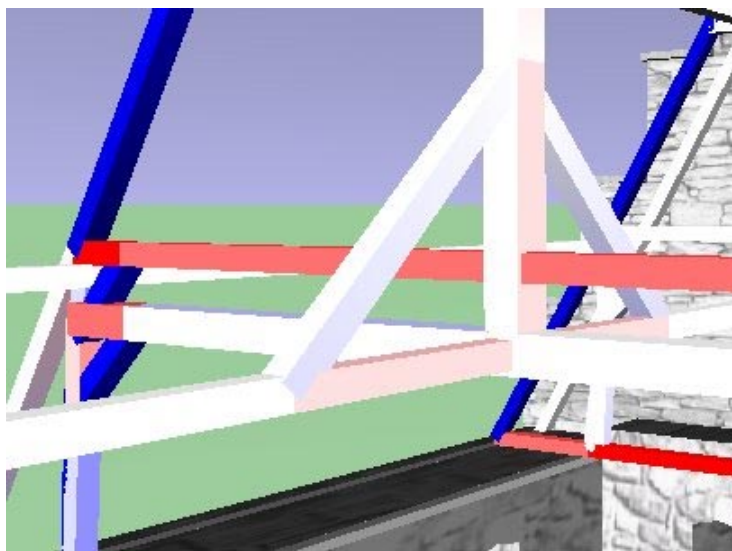
## 6.6 Rörliga modeller

Här finns de 3-dimensionella modellerna. En modell som visar hur det kan ha sett ut när konstruktionen var nyuppförd och en som visar hur den ser ut idag.

Modellerna visas i VRML vilket kräver att man har tillgång till Cosmo Player. Man kan röra sig runt och undersöka modellerna med hjälp av kontrollpanelen i Cosmo Player. Det finns även en länk som beskriver Cosmo Player och ger instruktioner om hur den används. I varje modell finns förinlagda vyer som är till hjälp då modellerna undersöks.

### 6.6.1 Kraftspel

Här visas hur taket fungerar idag, vad som händer vid skador som förekommit och hur konstruktionen skulle fungerat om kungarna stått ända ner på bjälklaget då det var nyuppfört. Genom att färga in delarna i olika färger beroende på kraften i dem visas hur lasten bärs i takkonstruktionen. Här finns också en deformationsfigur som visar hur takkonstruktionen rör sig vid vindlast. Snölast behöver inte tas hänsyn till på grund av takets stora lutning vilket gör att inga större mängder snö kan ligga kvar, vilket gör att snölasten kan bortses från vid beräkningarna.



Figur 5. Resultat av rötskada visat med infärgning av konstruktionen.

## 6.7 Ordlista

Det finns många olika namn på de olika delarna i gamla takkonstruktioner. Denna ordlista visar vilka beteckningar som har använts för de olika delarna i detta arbete.



## 7 Slutsatser

Examensarbetet har resulterat i en hemsida där resultaten presenteras via olika undersidor. Från en huvudsida kan man nå de olika delarna, den historiska bakgrunden, uppbyggnadsmodellen och de rörliga modellerna.

Ett av målen var att försöka ge en beskrivning av hur ett möjligt tillvägagångssätt för uppförandet av en så stor konstruktion som den på Glimmingehus har gått till. Detta presenteras i sekvens av stillbilder där man steg för steg med beskrivande text kan följa arbetet.

Ett annat mål var att visa konstruktionens verkningssätt vid belastning och vad som händer då skador uppstår. För detta finns ett antal VRML-modeller som visar hur krafterna tas upp i konstruktionen. Dessa kan vridas och vändas på och man kan röra sig i dem efter behag för att kunna bilda sig en uppfattning om hur takkonstruktionen fungerar.

Det övergripande syftet med examensarbetet var att prova möjligheterna att genom visualiseringsverktyg göra konstruktionen mer överskådlig och att göra det lättare att förstå hur den fungerar.



## 8 Referenser

- [1] Jesper Ahlquist, Ingrid Lassen, *Takkonstruktionen på Glimmingehus, En historisk och strukturmekanisk analys*, Lunds tekniska högskola, Lund 1996
- [2] Johan Iacobi, Martin Seitzberg och Ebbe Hædersdahl, *Uppmåtningsritningar över Takkonstruktionen på Glimmingehus*, Lunds tekniska högskola, Lund 1995
- [3] Gustaf Åberg, *Glimmingehus*, Riksantikvarieämbetet, Uddevalla 1986
- [4] Anders Ödman, *Glimmingehus*, Riksantikvarieämbetet, Tomelilla 1997
- [5] Jane Hellstedt, *Slott och borgherrar i Skåne*, Kristianstad 1990
- [6] Niels Ottosen och Hans Petersson, *Introduction to the finite element method*, London 1992
- [7] Sven Thelandersson, *Konstruktionsberäkningar med dator*, Lund 1990

### Rapporter:

- [8] Karl-Gunnar Olsson, *Kraftspelet i takkonstruktionen i Glimmingehus*, Lunds tekniska högskola, Lund 1995
- [9] Mats Edström, *Takkonstruktionen på Glimmingehus*, Lunds tekniska högskola, Lund 1997
- [10] *Glimmingehus – förstudier till reparation av det fast husets takkonstruktion*, 1997
- [11] Krister Berggren och Ove Hidemark, *Glimmingehus taklag*, Stockholm 1997
- [12] Tomas Alsmarker, *Förstudier till reparation av det fasta husets takstol på Glimmingehus*, Lund 1997

### Program och programspråk:

- [13] *AutoCad R14*, Autodesk, <http://www3.autodesk.com/adsk/>, 2000
- [14] *3d-studio MAX r2.5*, Kinetix, <http://www.ktx.com>, 2000
- [15] *MATLAB v5.2*, The Mathworks Inc, <http://www.mathworks.com>, 2000

- [16] *CALFEM* v3.2, Department of mechanics and materials, <http://www.byggmek.lth.se>, 2000
- [17] *VRML*, <http://www.web3d.org>, 2000
- [18] *COSMO-PLAYER*, <http://www.cai.com/cosmo/>, 2000
- [19] Jonas Lindeman, *CALFEM/VRML 1.0*, Department of mechanics and materials, <http://www.byggmek.lth.se>, 2000
- [20] *JPEG*, <http://www.jpeg.org/>, 2000