

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ALBIN BROMAN  
[Al2648br-s@student.lu.se](mailto:Al2648br-s@student.lu.se)

BJÖRN SCHWEDER  
[Bj806sc-s@student.lu.se](mailto:Bj806sc-s@student.lu.se)

**PRESNTATION**  
JUNE 2023

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5265

## SUPERVISORS

HENRIK DANIELSSON  
*Associate Professor*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

EVA FRÜHWALD HANSSON  
*Associate Professor*  
*Div. of Structural Engineering, LTH*

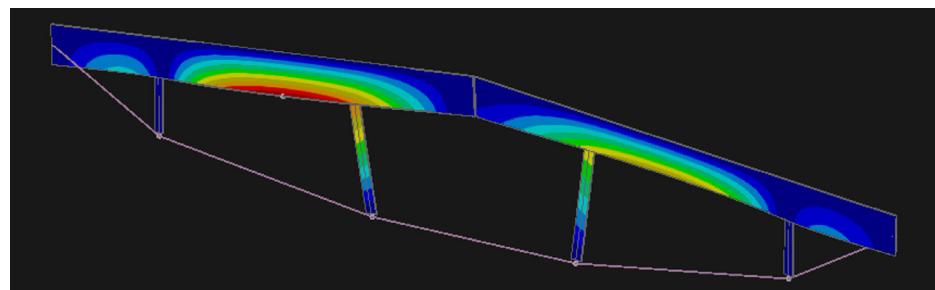
## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH

**IN COOPERATION WITH**  
DIVISION OF STRUCTURAL  
ENGINEERING, LTH

# INSTABILITETSFENOMEN I UNDERSPÄNDA LIMTRÄBALKAR



## BAKGRUND

Trä har under senare år blivit populärt tack vare sina goda egenskaper gällande klimatvänlighet.

Genom att utföra takstolar av limträ i underspända system med underliggande dragband av stål kombineras materialens goda egenskaper. Genom att trycksträvorna tar stöd av linornas dragande kraft minskar momentbelastningen i primär balken som således blir mestadels tryckt. Då stål är starkt vid axiell belastning och limträ har goda egenskaper gällande tryckspänningar parallellt fiberriktningen blir denna struktur materialeffektiv.

Däremot innebär denna optimering att systemet kan bli känsligt för instabilitetsfenomen. Det slanka tvärsnittet i kombination med den tryckande kraften gör primär balken och trycksträvan känsliga för deformationer ut ur sitt plan. Det var just detta typ av fenomen som gjorde att Tarfalalahallen i Kiruna kollapsade 2020. Efter kollapsen har det visat sig att flertalet liknande strukturer inte uppfyller de krav som ställs, varvid rivning eller ombyggnation skett i flera fall.

## SYFTE

Arbetet syftar dels till att undersöka hur noggrant det underspända balksystemet behöver modelleras för att tillräckligt bra kunna hantera de fall som inträffar i verkligheten, dels undersöka hur olika parametrar påverkar balken sett från instabilitetsfenomen. Modeller byggs upp i olika grader av komplexitet, för att sedan parametreras och jämföras med de andra modellerna. Målet med arbetet är att ta fram underlag och allmänna råd för hur ett underspänt balksystem bör utformas.

## METOD

Tre olika typer av modeller byggs upp i FEM-programmet RFEM. Principiellt är det en endimensionell, en tvådimensionell och en tredimensionell modell som studeras. Sedan kan geometriska och mekaniska parametrar i varje modell varieras med hjälp av Python. I varje steg beräknas modellens beteende i instabilitet och den enskilda paramaterns påverkan kan enkelt kvantifieras.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ANNIE BOHMAN

annie.bohman@hotmail.com

## PRESENTATION

JUNE 2023

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5264

## SUPERVISORS

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

JESPER AHLQUIST MSc  
*Sweco AB*

## ASSISTANT SUPERVISOR

LINUS ANDERSSON MSc  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

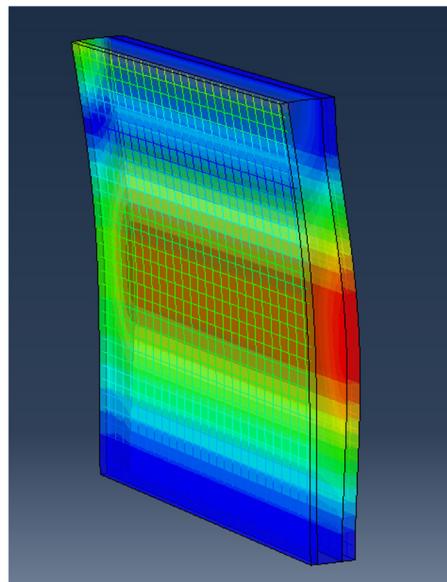
## EXAMINER

PETER PERSSON Associate Professor  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH**

**IN COOPERATION WITH**  
**SWECO SVERIGE AB**

# REDUCTION OF EXPLOSION EFFECTS BY USE OF A SANDWICH WALL



## BACKGROUND

In March of 2022 it was decided that a new hospital is to be built in Växjö. An important aspect when designing hospitals is that it can function also during wars and crises. Therefore, in 2021 the Swedish Civil Contingencies Agency (MSB) updated their guidance report "Den robusta sjukhusbyggnaden". This report gives guidelines on how a hospital should be built to make it act robustly against antagonistic attacks. This is, however, stated without any specific requirements. In another report by MSB, "Bebyggnens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning - Del 3: Kapacitet hos byggnader", it is mentioned that sandwich elements can be used favourably against blast loads, since the layer of insulation leads to an energy consumption when the outer concrete plate is pressed towards the inner - load carrying - plate. This would then lead to the load carrying plate being affected by a smaller load. How large effect this would have is not explained more in depth.

## AIM

The aim is to contribute with more knowledge about how blast loads affect sandwich elements, and to see if sacrificing the outer plate as well as using the layer of insulation can lead to reduced damage to the inner plate. This will be investigated for sandwich elements with different constructions. The questions that will be investigated are:

- Are sandwich elements favourable in blast load circumstances, and what construction is in that case the most favourable?
- What methods of analysis work for this situation?

## METHOD

The methods that will be used are a literature study, and then the elements will be modelled in the Finite element program Abaqus. The results will then be analysed.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ANDRÉ WIRTHIG  
[andre.wirthig@gmail.com](mailto:andre.wirthig@gmail.com)

## PRESENTATION

JUNE 2023

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5263

## SUPERVISORS

**PETER PERSSON** Associate Professor  
Div. of Structural Mechanics, LTH

**PER JØRSTAD** MSc  
Sweco AB

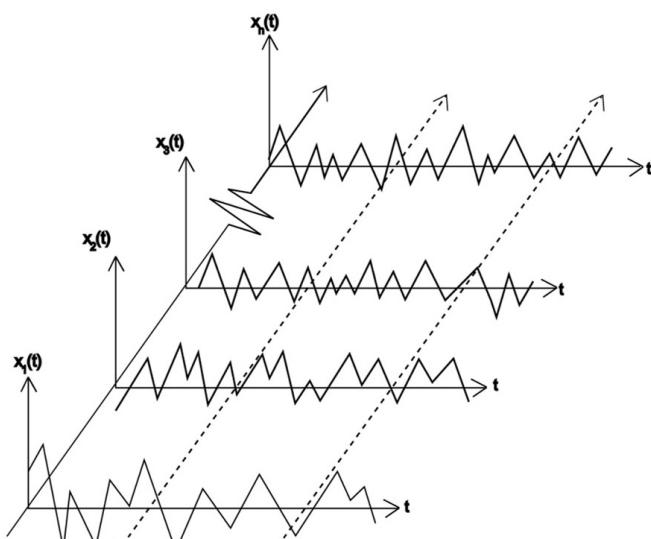
## EXAMINER

Professor **KENT PERSSON**  
Div. of Structural Mechanics, LTH

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH

**IN COOPERATION WITH**  
SWECO AB

# STOCHASTIC MODELLING OF FOOTFALL INDUCED VIBRATIONS



## BACKGROUND

Past research with the aim of increasing the accuracy of finite element models for footfall induced vibrations in floors have shown that the predicted responses are sensitive to the applied load function. This can lead to calculated vibrations levels which do not reflect the behaviour of the actual building. A multitude of models exists for predicting footfall induced vibrations, in which some models are stochastic and takes into consideration the random nature of human walking.

## AIM

The aim and objective for this master thesis is to increase the accuracy of FE-models that predict footfall induced vibrations. This will be done by analysing the use of various load-functions for footfall of a single pedestrian and then apply it in FE-models. The questions that will be investigated are:

- How is the response affected by using different load models and how does it relate to responses predicted with design guides given by the Concrete Society for The Concrete Centre, Steel Construction Institute and to experimental measurements on an existing construction?

- How should the stochastic models be adopted to give balance between conservative result that accounts for uncertainties and accurate prediction of the vibration level in the constructed building?

## METHOD

The methods that will be used is a literature study, finite element models made with the software Abaqus and measurements on floor structures.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



NIKLAS THURESSON

[ni5532th-s@student.lu.se](mailto:ni5532th-s@student.lu.se)

HENRIK RUUTH

[he3857ru-s@student.lu.se](mailto:he3857ru-s@student.lu.se)

## PRESERVATION

JANUARY 2023

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5262

## SUPERVISORS

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

KARSTEN LYBY MSc  
*Sweco AB*

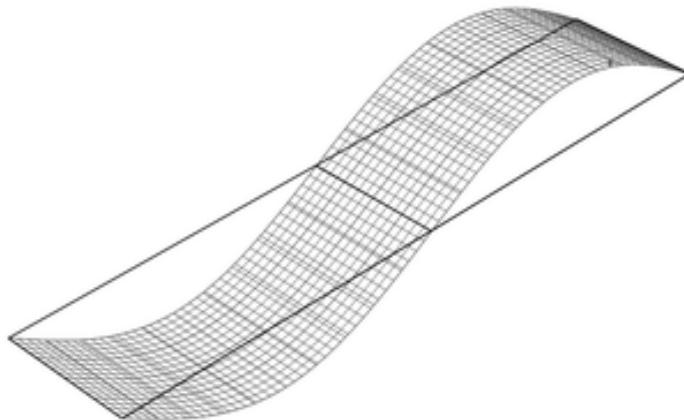
## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH**

**IN COOPERATION WITH**  
**SWECO AB**

# DYNAMIC BEHAVIOUR OF FOOTBRIDGES



## BACKGROUND

Due to their lower static design loads, footbridges are generally slender structures that are more vulnerable to vibration issues. Footbridges are often designed with excessive dimensions relative to the static loads for these reasons to avoid dynamic loads exceeding comfort criteria. The reason for this is that bridges are usually designed in the early stages for the ultimate limit state and that it is more difficult to design the bridge for the vibration requirements in the serviceability limit state. This often leads to more material being used to increase the bridge's stiffness or otherwise ensure that the bridge can handle the vibration requirements without directly designing the bridge for them. The utilization rate of the load-bearing construction elements will then be lower, and lead to an unnecessarily large use of materials and an increased amount of built-in CO<sub>2</sub>.

It is desirable to be able to determine at an early stage in a project whether a certain bridge will need to be designed specifically for the dynamic loads. There are several factors that may be decisive for the vibration criteria in footbridges, e.g. span, width, support conditions, material choice, etc. In this thesis, a number of these factors and

their influences will be examined. Such knowledge is valuable at an early stage to guide the proceeding of a construction project.

## AIM

The aim of this master's thesis is to increase the understanding of how several parameters affect the dynamic properties of footbridges. In the long term, this may reduce the amount of material required to ensure the vibration criteria in the serviceability limit state, and thereby increase the utilization ratio of the structures.

## METHOD

To be able to determine the bridges' characteristics and impacts, the finite element analysis tool Abaqus will be used. A number of bridges will be modelled and from a study of parameters their dynamic behaviors will be examined. To evaluate the vibration criteria, the Eurocodes and the technical guide on Footbridges from Sétra are used.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



CALLE LIND  
[ca3663li-s@student.lu.se](mailto:ca3663li-s@student.lu.se)

## PRESERVATION

JUNE 2022

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5259

## SUPERVISORS

Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

ANDREAS GUSTAFSSON *Lic Eng*  
*WSP Sverige AB*

DANIEL ANDERSON *MSc*  
*Södra*

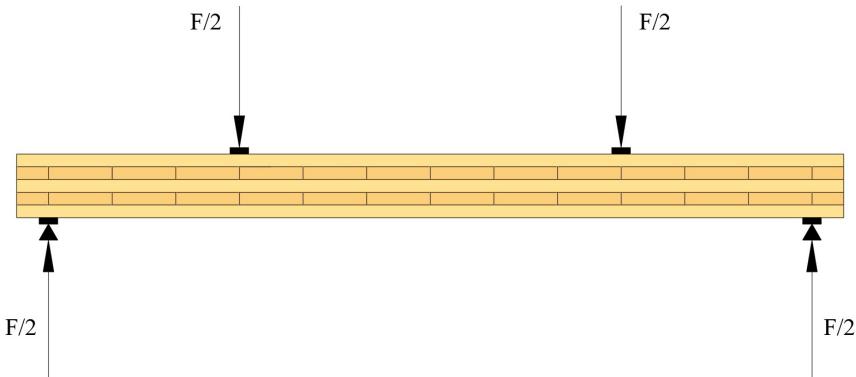
## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH & WSP Malmö**

**IN COOPERATION WITH**  
**WSP SVERIGE AB & SÖDRA**

# EVALUATION OF A TESTING METHOD FOR SHEAR STRENGTH AND STIFFNESS PROPERTIES FOR CROSS LAMINATED TIMBER



## BACKGROUND

Cross Laminated Timber (CLT) is a relatively new building product, which was first developed in Central Europe and was introduced in Sweden in the late 1990s. Since then, CLT has become more and more popular due to its many advantages related to favorable strength and stiffness properties in comparison to its low weight and possibilities for a high degree of prefabrication. Another general advantage that is often highlighted is the low environmental impact compared to other materials such as concrete and steel.

Despite the increasing popularity and the many advantages of CLT the product is still in the early stages of standardization when it comes to determining the mechanical properties.

## AIM

The aim of this project is to evaluate one of the testing methods for shear strength and stiffness in the European product standard for CLT, EN 16351. This will include investigations regarding how different parameters affect the shear strength and stiffness properties to be determined from testing, in particular in relation to rolling shear. These

parameters can for example be:

- Wood species with different stiffness properties.
- Annual growth ring pattern.
- Edge-gluing vs no edge-gluing of lamellas.
- Ratio between the thickness and the width of the lamellas.

## METHOD

The first part of the project will consist of a literature study concerning material, stiffness properties, the effect of rolling shear, stiffness of different wood species and technical documents related to testing according to EN 16351.

The project will then continue with calculations according to beam theory and the Finite Element Method (FEM). FE-models of the considered test set up will be developed. 2D or/and 3D models will be created and used to perform the parameter study.

The project will not include any new laboratory testing, but will instead be based on calculations and previous tests.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JOHANNES JONASSON

jo1623jo-s@student.lu.se

OLLE KARLSSON

byj15oka@student.lu.se

## PRESENTATION

JUNE 2022

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5258

## SUPERVISOR

**PETER PERSSON** Associate Professor  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## ASSISTANT SUPERVISOR

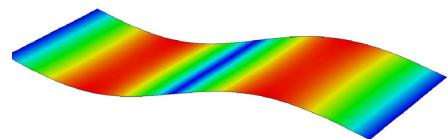
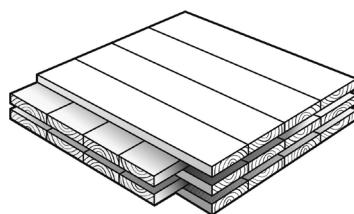
**BENJAMIN BONDSEMAN** MSc  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

**Dr HENRIK DANIELSSON**  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# UTILIZATION OF HARDWOOD IN CROSS-LAMINATED TIMBER



## BACKGROUND

Cross-laminated timber (CLT) made in Sweden is in general made out of pine or spruce. This is natural as pine and spruce are the most common wood species found in the Swedish forests. There are however other wood species available domestically, such as birch, which is the most common hardwood species in Sweden.

Previous research indicates that CLT-panels made of other types of wood than pine or spruce can have a positive effect on the strength of the panel and on its dynamic properties. The hardwood market in Sweden is not utilized to its utmost potential due to an absence of businesses which can refine and utilize hardwood species, e.g. birch. From a sustainability perspective, utilization of local raw materials, for example in CLT production, would be preferable to non-domestic options, such as material export.

## AIM

The aim of the project is to demonstrate improved static/dynamic performance in CLT-panels made of other wood species than pine/spruce. This could contribute to the current research pool for CLT-panels, and potentially generate incentive for CLT-manufacturers in Sweden to diversify their manufacturing processes further using unconventional wood species.

## PROBLEM STATEMENT

- What improvements with regards to static/dynamic response can be expected with CLT-panels made of hardwood compared to conventionally used softwood?

- Is it possible for CLT-panels made of hardwood to acquire similar characteristic properties as CLT-panels made of softwood, but with a smaller thickness?

## METHOD

The project will be divided into four phases, where the various phases more or less overlap each other from a time perspective. In the first phase, a literature review will be performed. Up-to-date research regarding CLT-panels stiffness properties will be compiled in conjunction with general information about CLT as a structural element. In addition, different beam and plate theories will be included in the literature review depending on the chosen calculation models.

The second phase consists of an experimental investigation of CLT-panels. The panels will be investigated regarding their static and/or dynamic response for relevant loading situations. This bridges over to the third phase, numerical modeling. A numerical model will be calibrated based on the experimental results. When an acceptable calibration has been achieved, the impact of different types of materials on the static and/or dynamic response can be examined, e.g. with parametric studies.

Lastly, in the final phase of the project, results from the previous phases can be analyzed, compared and conclusions can be made.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



LINA HOLMQVIST

[lina.holmqvist.050@student.lu.se](mailto:lina.holmqvist.050@student.lu.se)

SANNA KÄLLMAN GLEISNER

[sanna.gleisner.0587@student.lu.se](mailto:sanna.gleisner.0587@student.lu.se)

## PRESERVATION

APRIL 2022

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5257

## SUPERVISOR

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

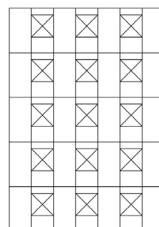
## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH UNIVERSITY OF NAVARRA, PAMPLONA, SPAIN

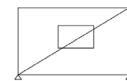
# LATERAL STABILIZATION OF CROSS LAMINATED TIMBER BUILDINGS

## Modelling approaches

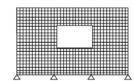
Building variations



Modelling approaches



Frame with equivalent  
stiffness of shearwalls.



Shell model.

Figure 1 – Proposed building variations and modelling approaches

## BACKGROUND

There is a need for more sustainable materials within today's building industry. Life cycle analysis of structures have concluded that using timber as the main material in the load bearing structure, will improve the effects on the environment. The concept of CLT, Cross Laminated Timber, was introduced in the early 90's. CLT is a product that is environmental positive, renewable and has a long service life.

CLT is an engineered product consisting of wood layers, where each layer is formed by timber boards. Every other layer is glued with the boards being oriented at a 90-degree angle relative adjacent layers. A CLT element is typically constructed with 3-11 layers, always an odd number of layers. The CLT element is a great substitute to other materials and products thanks to its high strength and stiffness properties. The material has a high load-bearing capacity compared to its weight and is therefore of good use in high rise buildings. The opportunity to construct CLT in many different shapes and sizes makes it a material with a great range of use.

## RESEARCH QUESTIONS

- What type of modelling approaches can be used in design of CLT buildings for lateral loading, in this case wind loads?
- What is the effect of modelling choice on design of CLT buildings experiencing lateral loads?
- How does the placement and the ratio of openings affect the stiffness of a CLT building?
- How does the organization of different CLT panels (doors and windows) in a building affect its lateral stiffness? Which configuration of CLT sections is the most favorable regards to stiffness?
- What are the effects on the anchorage force and deformation?

## METHOD

Several modelling approaches from literature will be studied, in simple FE-models (one wall section), see figure 1. Generic multi-storey buildings will then be used as cases to investigate the various modelling approaches. The different cases can include, e.g., a simple and symmetric/regular structure and asymmetric/irregular structures. The studying of the different modelling approaches can be done by comparing the results in terms of stiffness (deformation) and force distributions, possibly including e.g., anchorage forces.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ANDREAS ÅMAND  
vov15aam@student.lu.se

## PRESNTATION

JANUARY 2022

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5256

## SUPERVISOR

Dr JONAS LINDEMANN  
Div. of Structural Mechanics, LTH | Lunarc

## ASSISTANT SUPERVISOR

KARIN FORSMAN Lic Eng  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## EXAMINER

Dr OLA FLODÉN  
Div. of Structural Mechanics, LTH

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH**

**IN COOPERATION WITH**  
**LUNARC**

# DEVELOPMENT OF FUNCTIONS FOR VISUALIZATION IN CALFEM FOR PYTHON

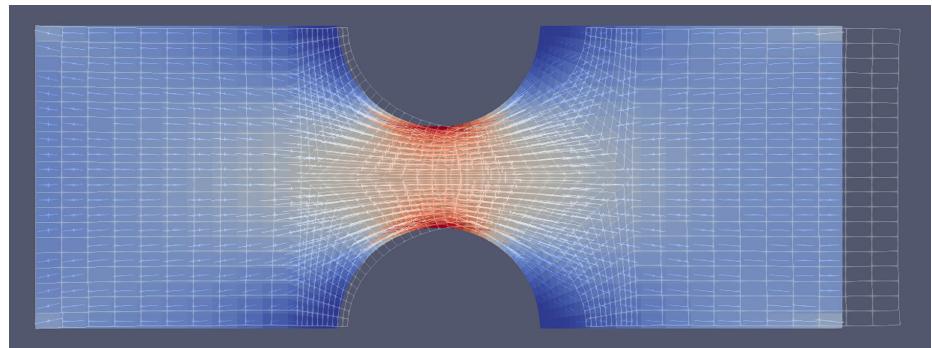


Figure 1 – Example of visualization of a stress problem in Paraview (Jonas Lindemann, 2021)

## BACKGROUND

In FE modeling, good tools for visualizing results are very important. Different models and analyses also require visualization of results in different ways. Having good visualization tools aid the understanding of the results. CALFEM for Python is a FE toolbox used for teaching in structural and solid mechanics. The current tools for visualization of results don't cover all cases and need to be updated, along with addition of functionality for a wider range of problems. This added functionality will aid students in the understanding of the FE method. Additional functionality for visualization in CALFEM for Python along with functions for exporting results to more powerful visualization tools will give users options and streamline the workflow for visualization. When an export of results to more powerful visualization tools is needed, having functions that make this easy is also helpful. Implementing this functionality into CALFEM for Python will make coursework for relevant problems easier by streamlining the visualization, allowing students and teachers to focus on the FE problem at hand.

## AIM

The main aim of the project is to improve visualization tools in CALFEM for Python. Existing tools for visualization will be impro-

ved with regard to functionality and usability. Further functionality for visualizing results will be added with care taken to what kinds of visualization tools would be useful in teaching. Functionality for easy export of results to more powerful visualization tools such as Paraview will be added. If possible, developed tools will also be able to visualize results from CALFEM for MATLAB.

## METHOD

The project will begin with a literature study to research existing libraries for visualization in Python. From this study, libraries that could be useful for implementing visualization functionality in CALFEM for Python will be studied. After researching, existing functions in CALFEM for Python will be examined and improved for usability. Using what is obtained from the literature study, further functionality for visualization along with examples will be implemented into CALFEM for Python. Export tools for Paraview and possibly other visualization tools will be implemented alongside the improved visualization tools. If possible, a study of what specific problems need visualization in coursework will be conducted and tools implemented in accordance with these requests.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



KARL ERIKSSON  
ka7448er-s@student.lu.se

## PRESNTATION

AUGUST 2021

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5255

## SUPERVISOR

Dr JONAS LINDEMANN  
Div. of Structural Mechanics, LTH | Lunarc

## ASSISTANT SUPERVISOR

KARIN FORSMAN Lic Eng  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## EXAMINER

Professor OLA DAHLBLOM  
Div. of Structural Mechanics, LTH

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH**

**IN COOPERATION WITH**  
**LUNARC**

# DEVELOPMENT OF FUNCTIONS FOR INTERACTIVE EDITING OF GEOMETRY AND BOUNDARY CONDITIONS IN CALFEM

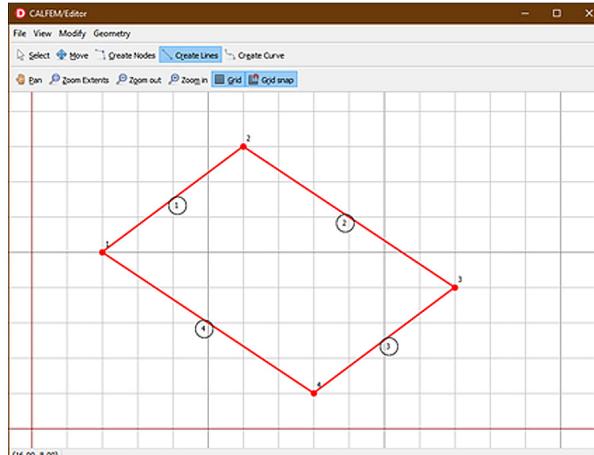


Figure 1 – Example of a similar editor made in Object Pascal  
(Jonas Lindemann, 2021)

## BACKGROUND

CALFEM in Python is a library used in teaching of the Finite Element Method. In the courses students use the library to implement code to solve the exercises and from this produce results and diagrams. As of now, in order to produce a geometry for the problems, all points and connecting lines and surfaces must be manually defined in the code which is both tedious work and limiting to a simple geometry with few points before becoming difficult to handle. Because of this, students may struggle and spend much time working with defining the geometrical points and connections correctly, drawing focus from the other areas of the exercises which may be more crucial for learning of the basics of the Finite Element Method. Hence, for use in the course "Software Development for Technical Applications" and for use in pedagogical examples there is an interest in being able to produce the geometries using a graphical interface and through this more efficiently modify and work interactively with the geometry.

## AIM

The aim of this project is to implement functions in the CALFEM for Python toolbox in order to integrate a graphical user interface for creating and modifying geometries. In addition, enabling the use of these functions both within the Python environment and as a stand-alone program with options to export geometries for use in both CALFEM for Python and MATLAB.

## METHOD

The project will be initiated with a literature study to research similar functions in other libraries and tools in order to find how an interactive editor can be constructed for both usability and functionality. Following this the graphical editor will be implemented and integrated together with the existing CALFEM for Python source code. During the process, if possible, a user study will be performed using students from an appropriate course to obtain feedback and ideas on how to utilize the tool in an educational setting.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JOHANNES JONSSON

jo6452jo-s@student.lu.se

ANTON ANDERSSON

an5738an-s@student.lu.se

## PRESNTATION

JUNE 2021

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5254

## SUPERVISOR

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## ASSISTANT SUPERVISORS

Professor KENT PERSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Dr ERIKA TUDISCO  
Div. of Geotechnical Engineering, LTH

Dr KENNETH VIKING  
Trafikverket

## EXAMINER

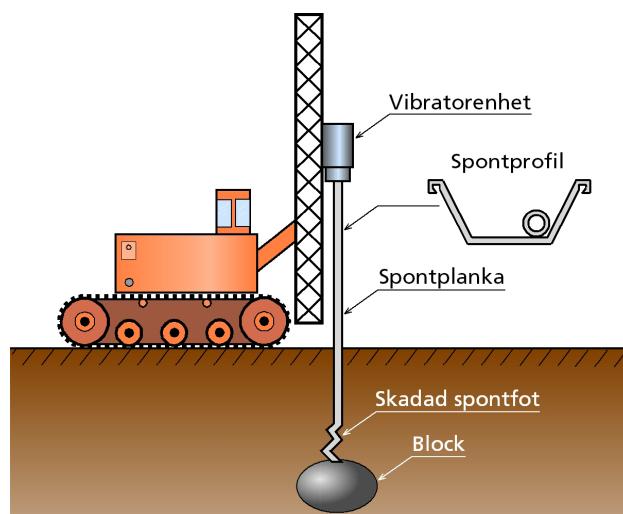
Dr PETER PERSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## IN COOPERATION WITH TRAFIKVERKET

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH



# DEVELOPMENT OF STOP CRITERION FOR VIBRATORY DRIVING OF STEEL SHEET PILES



## BACKGROUND

When excavating soil for a construction project, retaining walls are often used to prevent soil instability. One category of retaining walls are steel sheet piles. These sheet piles are usually vibrated into the ground, due to the efficiency and low cost. This method is especially convenient when the sheet piles are driven through soft soil. In parts of Sweden, however, the most common type of soil is the glacial till, that is generally very compact and contains a large range of grain sizes, where large grains such as cobbles and boulders are not unusual. When the sheet pile is vibrated through the soil and hit an obstacle, i.e., a cobble or boulder, there is a risk that the steel sheet pile will be damaged. However, in today's method of vibratory driving, there is no stop criterion designed to avoid this risk. When a sheet pile is damaged the driving is usually stopped, and the sheet pile needs to be extracted and replaced, which is both expensive and time consuming. A method of accurately detecting those situations that could lead to damage of the sheet piles would thus save time, money and resources.

## PURPOSE

This master's thesis aims to investigate the possibility of developing a stop criterion for vibratory driving of steel sheet piles by studying how dynamic analysis can be used to detect situations that could lead to damage to the sheet piles. The two main questions that will be investigated are: Which impacts can result in damage to the sheet piles, and how can hazardous impacts be detected?

## METHOD

A uniaxial model of the steel sheet pile and vibrator will be created to study if and how the vibratory driving process and the impact phase can be described with a simple model. Furthermore, a numerical finite element model of the sheet pile hitting an obstacle will be created to simulate the driving process and impact phase. Different types of eccentric impacts will be investigated in both models to determine which impacts can result in damage to the sheet piles. Finally, the models will be used to study how the hazardous impacts can be detected.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



PHILIP CARLSSON  
[ph1342ca-s@student.lu.se](mailto:ph1342ca-s@student.lu.se)

## PRESENTATION

JUNE 2021

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5253

## SUPERVISOR

Dr OLA FLODÉN  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## ASSISTANT SUPERVISOR

Dr RIKARD SUNDLING  
*Div. of Construction Management, LTH*

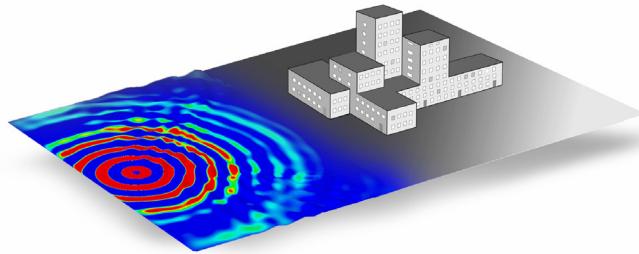
## EXAMINER

Dr PETER PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH DIVISION OF CONSTRUCTION MANAGEMENT, LTH

# BALANCING OF VIBROACOUSTIC PERFORMANCE AND EMBODIED ENERGY IN LIGHTWEIGHT BUILDINGS



## BACKGROUND

Multi-family houses are in a larger extent being built using lightweight material such as timber. The benefits of lightweight constructions often lie in lower costs and lower environmental impact. A large part of the total energy consumption of a building is the embodied energy found in the material itself. This energy consumption is found in the production and construction stages of a building where materials such as concrete and steel are considered to have a high embodied energy.

Studies have shown that residents in buildings using lightweight floors experience annoyances due to impact sound in a greater extent than residents in heavyweight buildings. Low frequency vibration can also be significant in timber constructions. These vibrations are problematic as they can be a source of annoyance among residents. In buildings with sensitive equipment the vibrations are also considered an issue.

By constructing buildings using lightweight materials a low embodied energy can be achieved while giving rise to potential issues with low frequency vibrations and sound. The choice of material must therefore be carefully considered in order to achieve a good balance between the embodied energy of a structure and the user's requirements.

## AIM

The aim of this master's thesis is to improve the knowledge regarding the balance between embodied energy and vibrational performance of a structure. The objective is to establish a methodology in which the embodied energy and vibroacoustic performance can directly be compared for a chosen material. The master's thesis is expected to show how different alternatives can be compared and evaluated with regards to the choice of material in an early stage.

## METHOD

Through finite element analyses a model of a structure and the ground will be created for calculations of the vibrational response due to different types of harmonic loading. The vibrational responses will be analysed for different building materials and variations of parameters such as the thickness of a floor. A literature study will be performed regarding the embodied energy of different materials with the purpose of establishing a basis on the calculations of embodied energy. Different methods of summarising the vibrational response of a building will be evaluated in order to calculate a scalar value which reflects the vibrational performance of a structure and can directly be compared with its embodied energy.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



GUSTAF OLAUSSON  
[guskon.olausson@gmail.com](mailto:guskon.olausson@gmail.com)

## PRESENTATION

JUNE 2021

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5252

## SUPERVISOR

Dr HENRIK DANIELSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## ASSISTANT SUPERVISOR

EVA FRÜHWALD HANSSON  
Associate Professor  
Div. of Structural Engineering, LTH

## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH DIVISION OF STRUCTURAL ENGINEERING, LTH

# SHEAR STIFFNESS OF CROSS LAMINATED TIMBER DIAPHRAGMS AND INFLUENCE OF CONNECTION STIFFNESS

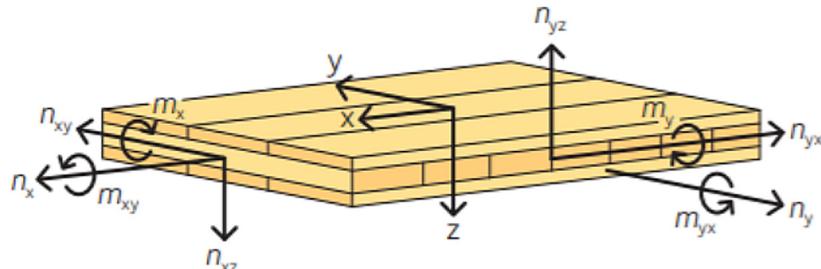


Figure 1 - Definition of main axes and main direction for shell components (Swedish Wood, 2019)

## BACKGROUND

The use of wood-based structural materials has continuously increased during the last decades, partly due to the introduction of Cross Laminated Timber (CLT) at the end of the 20th century. The basic structure of CLT consists of an uneven number of layers where the layers are oriented orthogonally compared to the adjacent layers. This composition gives significant strength and stiffness for in-plane axial loading in two directions and for in-plane shear. Thus, CLT may partly overcome some inherent weaknesses of traditional wood-based structural elements with unidirectional fibre orientation.

One possibility to handle the impact from horizontal forces on structures is through diaphragm action which demands a sufficient load bearing capacity and stiffness in the diaphragms to ensure distribution of forces and global stability. The elements within the diaphragm and the connections between these elements both have an influence on the total stiffness of the diaphragm.

## AIM

The main aim of this master's project is to determine the effect that different connections have on the total shear stiffness and load bearing capacity of CLT-diaphragms. The study will focus on commonly used connections and CLT layups.

Since CLT is relatively new on the market, a better understanding of the mechanical characteristics could lead to a broader adaptation of the use of the material in multi-storey buildings. As a result, a completely renewable material such as wood can hopefully replace the use of other materials to minimize the impact on our climate that is caused by the building industry.

## METHOD

Initially, a literature review is made considering the effects and demands regarding diaphragm action, types of connections that are commonly used for CLT elements and theories considering shear forces and stiffness. Calculations on the effect from connections are initially made by hand followed by modelling in a finite element software (RFEM). Results from both approaches will be analysed, compared, and discussed.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



AYA KARIM

aya.k@hotmail.se

JESPER BRINDHAG

jesper.brindhag@hotmail.com

## PRESERVATION

JUNE 2021

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5251

## SUPERVISORS

Dr OLA FLODÉN

*Div. of Structural Mechanics, LTH*

LILLY MA MSc

*Driving Dynamics & NVH Centre, Volvo Cars*

## EXAMINER

Dr PETER PERSSON

*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## IN COOPERATION WITH

DRIVING DYNAMICS & NVH  
CENTRE, VOLVO CARS

# STRUCTURE-ACOUSTIC INTERACTION BETWEEN VEHICLE FLOOR PANELS AND CARPETS



## BACKGROUND

Of great importance when developing a car model is the noise, vibration and harshness (NVH) attributes as they directly affect the user experience and often are seen as an indicator of overall vehicle quality. An attribute that falls within the NVH definition, and that is especially desired and highly valued amongst customers, is low interior-noise levels when the vehicle is in use.

In order to achieve better NVH performance, especially for premium segment cars, noise transmitted into the cabin of the vehicle disturbing the overall user experience, needs to be reduced. The disturbing noise is transmitted into the cabin either through air, called airborne, or as structural vibrations through panels surrounding the cabin, called structure-borne.

Much of the structure-borne interior-noise is suspected to primarily stem from the floor panels of a vehicle. Such floor panels are made of metal covered by interior carpets to dampen the noise radiation. The vibration interaction in such panel-carpet setups has formerly been investigated, why the dynamic behaviour of the coupled system is recognized for critical frequency ranges. However, the structure-acoustic interaction between the panel-carpet setup and the air in the cabin is rather unclear and not researched enough.

## AIM AND OBJECTIVE

Through more accurate predictions of the structure-borne noise, one may establish more informed design decisions regarding the floor-carpet setups, and therefore enhance the NVH performance in vehicles.

The aim of this Master's thesis is to improve the knowledge regarding the structure-acoustic interaction between vehicle floor panels and interior floor carpets. The objective is to analyze and provide a basic understanding of the disturbing noise radiation process from floor panel-carpet setups, and the governing physical phenomena.

## METHODOLOGY

The project will be conducted with use of the finite element (FE) method, and will prepare for potential subsequent experimental verification of the findings. Numerical FE analyses representing the structural and fluid domains for typical floor panel and interior carpet setups will be performed. To gain an insight into the structure-acoustic behaviour of the system, different ways of modelling the structure-acoustic coupling between panels, carpets and air will be investigated. Main focus will be laid on the frequency range critical for structure-borne noise, that is 20-500 Hz.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



EMIL NILSSON  
[bas15eni@student.lu.se](mailto:bas15eni@student.lu.se)

## PRESENTATION

JUNE 2021

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5250

## SUPERVISOR

Dr HENRIK DANIELSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
Div. of Structural Mechanics, LTH

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH

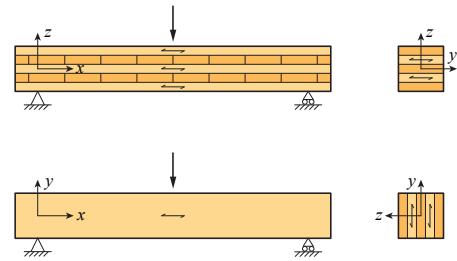
# CHARACTERISATION OF CROSS LAMINATED TIMBER PROPERTIES

## BACKGROUND

A commonly used method for determining the bending stiffness of cross laminated timber (CLT) is to perform a four-point bending test of a plate, where the bending stiffness is evaluated by means of the gamma method and an approximation of the rolling shear modulus. Usually the approximation is taken as 50 MPa. The structure of CLT, where the fibre direction of the laminations are oriented perpendicular to the fibre direction of each adjacent layer, results in the rolling shear modulus impacting the stiffness- and load bearing properties.

The gamma method enables analysis of CLT using conventional Bernoulli-Euler beam theory since shear deformations are taken into account by reducing the stiffness contribution from the longitudinal layers by weighted gamma parameters, and by using an effective moment of inertia. The gamma parameters depend on the thickness of the transverse layer, the modulus of elasticity (MoE) parallel to grain, the rolling shear modulus and the length and boundary conditions of the beam.

The rolling shear modulus is typically many times lower than the longitudinal shear modulus and displays the same uncertainty when it is measured as other material properties for timber. Inaccurate assumptions of the rolling shear modulus can lead to large deviations when determining other stiffness properties from bending tests. Thus, an alternative method has been suggested, where instead two consecutive three-point bending tests are carried out on a CLT beam, where all stiffness properties are determined by rotating the cross section 90° about its longitudinal axis between the two tests.



## PURPOSE AND METHODOLOGY

This project serves to analyse the possibility of using three-point bending tests to determine the MoE parallel to the fibre direction and the rolling- and longitudinal shear modulus for CLT. The suggested method will be evaluated by comparing data from laboratory tests with results from analytical models and 2D and 3D FE-models. The following sub-goals are defined to fulfil this purpose:

- Define suitable loading conditions and specimen geometry for the suggested testing method.
- Show the effect of different material and geometry parameters when determining the stiffness properties with the alternative method. This is done by the means of hand calculations, calculations with FE-programs and analysis of data from testing.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.bymek.lth.se](http://www.bymek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



MARCUS JOHANSSON

vov15mjo@student.lu.se

## PRESENTATION

SEPTEMBER 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5249

## SUPERVISOR

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH**

# DEFORMATIONS IN CLT DEPENDING ON VARIATIONS IN MOISTURE CONTENT

## BACKGROUND

Cross-laminated timber (CLT) was first used in the 1990s, mainly as prefabricated building elements, and is becoming a more used alternative for more sustainable building. CLT can be seen as an upscaled plywood: an uneven number of layers, each built up of multiple boards (laminates), with each layer oriented perpendicular to the adjacent layers. This structure makes the CLT relatively shape stable against variations in moisture, at least for uniform drying. For large moisture variation, especially in combination with an uneven moistening/drying, cracking and delamination can occur, as well as an irregular deformation. In this master's thesis the behavior of CLT under influence of moisture variations is to be examined by numerical modeling. Experimental work is not a part of this project, however, data from other sources might be used for comparison.

## METHOD

The project starts with a literature review, gathering information about the material and its properties as well as results from previous modeling and experiments. Calculations and modeling is performed with a finite element software (Abaqus). Parameter studies are most conveniently performed using scripting. The main model is preceded by simpler cases. This is done as a way to give understanding of the material, the structural behavior, and the software itself. The experiences and issues that arises from this pilot test will help to define how the main model will be constructed and the scale of the modeling work. Finally, an analysis of the results is made and all is assembled in a report.

## AIM

The main purpose of this study is to systematically analyze the behavior of CLT for a number of situations involving moistening and drying. Several arrangements (number of layers and their thickness), influence of edge bonding, gap width between board edges with no adhesive, and various loading cases (uneven drying) should be studied. Generic recommendations and rules of thumb for what arrangements that might work for each purpose will be given if suitable.

Another purpose of this project is to answer questions related to modeling techniques: how can one build realistic models and how should the results from the calculations be evaluated?



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JENS BERGENUDD  
[jens.bergenudd.093@student.lu.se](mailto:jens.bergenudd.093@student.lu.se)

## PRESNTATION

JUNE 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5248

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## ASSISTANT SUPERVISOR

CHRISTOFFER SVEDHOLM *PhD*  
ELU Konsult AB

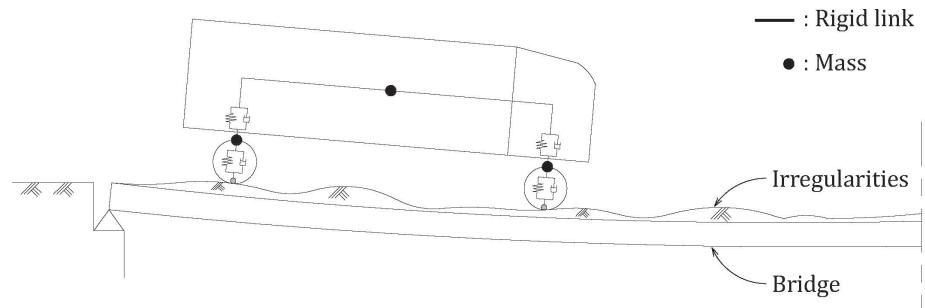
## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH ELU KONSULT AB

# REFINED MODEL FOR CALCULATING THE DYNAMIC AMPLIFICATION FACTOR FOR ROAD BRIDGES



## BACKGROUND

Most of the bridges in Sweden are classified according to TDOk 2013:0267. In this standard, different types of vehicle scenarios with axle loads A and B are used and the maximum values of these are determined in order to classify the bridge. A vehicle moving on a bridge provides an additional dynamic load due to road surface irregularities and the dynamic response of the vehicle-bridge interaction. The bearing capacity calculations therefore includes a dynamic amplification factor (DAF), which currently depends on the speed of the vehicle and the determining length of the bridge.

In a proposal for a pilot study by Plos and Svedholm from Chalmers University of Technology it is considered possible to develop a refined model of DAF. The present formulation is assumed to be too conservative as there are many parameters that are not considered. The proposal mentions that the increased use of air suspension in vehicles introduced to the market provides a reduced DAF. This has been demonstrated in several studies where the use of air suspension provided a smaller DAF in comparison to the traditional leaf suspension.

A lower value on the DAF can subsequently provide existing bridges with a higher clas-

sification. This means that measurements, such as reinforcing or replacing the bridge, to allow for heavier vehicles might not be needed which provides economic and environmental benefits.

## OBJECTIVE

The aim of the thesis is to simulate and evaluate vehicle-bridge interaction due to road surface irregularities and different vehicle models with varying parameters. Parametric studies will be carried out for different bridges. The results from these simulations will be compared with the current formula for the DAF according to Trafikverket.

## METHODOLOGY

A toolbox in MATLAB that solves the vehicle-bridge interaction will be used and verified. The vehicles are modeled as mass-spring-damper systems moving across the bridge. The two subsystems, i.e. bridge and vehicle, are modeled with coupled equations using FEM and the time-varying dynamic response is solved with the Newmark- $\beta$  integration scheme. Road surface irregularities are modeled using Power Spectral Density (PSD) functions with varying surface roughness.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ERIK TUNLID

[muv14etu@student.lu.se](mailto:muv14etu@student.lu.se)

JOEL VÄRELÄ

[sas15jva@student.lu.se](mailto:sas15jva@student.lu.se)

## PRESENTATION

JUNE 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5247

## SUPERVISOR

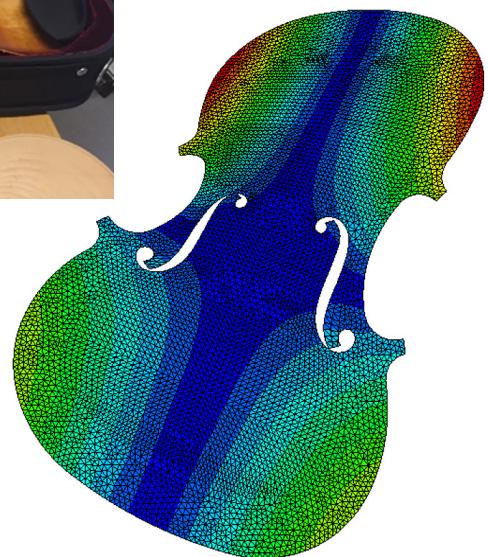
Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# MEASURING AND FE-MODELLING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF A VIOLIN



## BACKGROUND

The Stradivari violins are regarded as the finest in the world. The geometric shape of these violins were unique and some of its features will be studied in the Master's thesis. The sound of a violin is produced by vibrations from the strings that are transmitted to the top plate and bottom plate through the bridge. The plates reverberate within the hollow body, producing the tone characteristic of the violin. The prestress from the violin strings and the anisotropy of the wooden material will over time change the geometry of the violin. The geometric shape of the violin and the material properties have a large influence on the eigenmodes and resonance frequencies, which in turn determines the harmonic content that gives the violin its unique voice.

## OBJECTIVE

The aim is to develop numerical models of a violin that can be used for examining the influence of the shape of a violin on its tonal qualities, primarily in terms of harmonic content. If any property of the Stradivarius violin yields unique acoustic properties it should also be examined. Geometric shape, stiffness and time dependent phenomena such as material creep are, among others, parameters which will influence the dynamic properties of the violin that will be examined.

## METHOD

In this Master's thesis the influence of the geometric shape on the harmonic content will be examined by modelling a violin and performing a finite element (FE) analysis. The analysis will be based on structural dynamic analysis, the FE method, experimental modal analysis and material science in the context of wood structures. Dynamic FE models of parts of a violin will be developed using Abaqus. The geometry will be created from CAD models of shapes measured from real violins. Experimental dynamics analysis will be performed using violin parts provided by Robert Zuger, violin maker and designer. The FE-models will then be calibrated from the measured dynamic properties of the individual parts. In addition, numerical parameter studies will be performed.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ERNEST BJÖRKLUND

[mat14ebj@student.lu.se](mailto:mat14ebj@student.lu.se)

AXEL CHRISTOFFERSSON

[vov15ach@student.lu.se](mailto:vov15ach@student.lu.se)

## PRESNTATION

MAY-JUNE 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5246

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## ASSISTANT SUPERVISORS

LINUS ANDERSSON *MSc*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

MARCIN KOZLOWSKI *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

BJÖRN LUNDIN *MSc*  
*Scanscot Technologies AB*

## EXAMINER

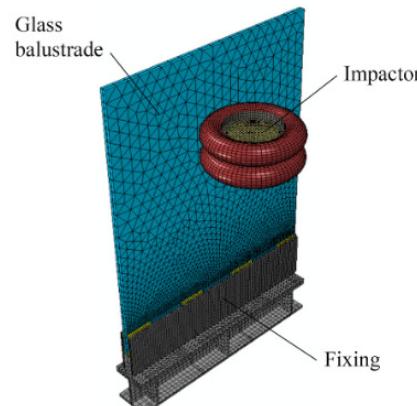
Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH and SCANSOT  
TECHNOLOGIES AB

IN COOPERATION WITH  
SCANSOT TECHNOLOGIES AB



# EXPERIMENTELL UTVÄRDERRING OCH FINITA ELEMENTSIMULERING AV STÖTBELASTNING PÅ GLAS



Bilder från Marcin Kozłowski, 2019.

## BAKGRUND

Enligt svenska byggregler ska glas, monterat med en höjd på 0,6 m eller mindre från golvyta, och en fri höjd större än 2 m på utsida, utformas på sådant vis att fallolyckor genom glaset förhindras. Glas som behöver kontrolleras för fall återfinns oftast i balustrader, räcken och fönster. Provning av detta sker vanligtvis genom att låta en pendel, bestående av en upphängd impaktor (50-kilosvikt omsluten av två gummidäck), falla mot glaset.

Vid design av nya glaskonstruktioner som ska dimensioneras för fallrisk sker kontroll om konstruktionen klarar kraven främst genom provningar med ovannämnda pendel. Det behövs då göras tester på flera glas för att få ett gott statistiskt underlag; om glaset inte håller för stötbelastningen måste glaset konstrueras om. Detta blir dyrt, varför det finns ett stort behov av att utveckla en simuleringssmodell för att kunna dimensionera glas mot stötlaster.

En försöksuppställning med 50kg-impaktorn har använts vid flertalet tester som utförts på avdelningen för Byggnadsmekanik. Glaset infästning har varierats under försöken, och innefattar bland andra fast inspänning, kläminfästning samt bultinfästning. Testerna har utförts på glas med varierande tjocklek för både enkelglas och tvåglaslamинat med olika typer av lamineringsmaterial. Vid de experimentella försöken har mätningar gjorts med accelerometrar monterade på både glasskivor och impaktorn. Det var även töjningsgivare

på glaset samt lägesgivare mot glaset på ett antal positioner.

Det finns alltså ett stort underlag av experiment för olika glaskonstruktioner som kan användas som bas för att utveckla en tillförlitlig finita elementmodell (FE-modell). Upprättandet av en sådan medför goda förutsättningar för att, i framtiden, reducera, eller ersätta, experimentell provning vid produktframtagning i näringsslivet mot mer användbara, och ekonomiska, simuleringar..

## SYFTE OCH METODIK

Syftet med examensarbetet är att upprätta finita elementmodeller av olika glaskonstruktioner vid stötbelastning vilka kan kalibreras mot aktuella försöksdata. Således utformas följande delmål för att uppfylla detta syfte:

- Bearbeta och analysera de experimentella data från försöken med hjälp av MATLAB och/eller Excel.
- Upprätta en FE-modell (i ABAQUS) av en försöksuppställning sådant att analysen uppvisar jämförbart beteende mot experimentella provningar.
- Undersöka behov av att använda kontakttyper, olinjärt beteende, mm i finita elementmodellerna.
- Tag fram ett förslag till reducerad modell av ovanstående.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



CHRISTOPHER HAST

vov15cha@student.lu.se

DANIEL FATEMI

bas14dfa@student.lu.se

## PRESERVATION

MAY 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5245

## SUPERVISOR

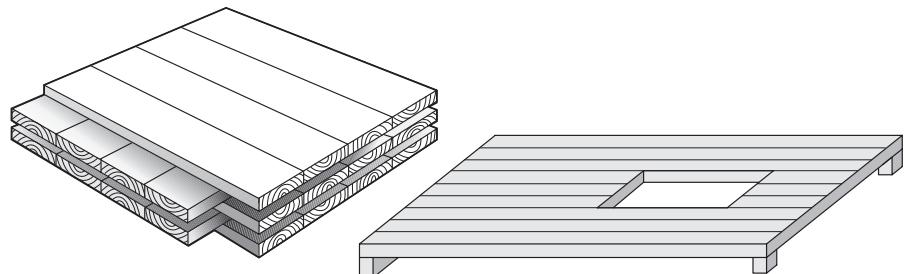
Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# CROSS LAMINATED TIMBER ELEMENTS WITH IRREGULAR GEOMETRIES AT OUT-OF-PLANE LOADING CONDITIONS



## BACKGROUND

The use of cross laminated timber elements in building construction is an expanding practice in both Sweden as well as internationally. The use of such elements is associated with various benefits. It is an environmentally friendly alternative to concrete and steel thanks to its low carbon footprint. In regions where timber is readily available, cross laminated timber elements can also be an economical option. Prefabrication of elements in a factory setting coupled with easy assembling at the construction site constitutes a logically viable construction process. However, since the use of the material is rather new there is a lack of knowledge and experience in designing cross laminated timber elements. This is further exemplified by the fact that no Eurocode regulations for cross laminated timber are available at present, although such regulations are under development. It is against this background it is seen as relevant to contribute to the research concerning cross laminated timber element design.

## THESIS OBJECTIVE

The main objective in this project is to investigate different calculation methods concerning irregular geometries of cross laminated timber elements. The main focus will be set on developing calculation approaches which can be used to evaluate cross laminated timber elements with ir-

regular geometries that are loaded in the out-of-plane direction. The goal with this project is to investigate how stresses and deformations in cross laminated timber plates are affected by the presence of irregular geometries, such as holes. The results will constitute the basis for creating guidelines for the industry that can be used when designing cross laminated timber elements in the specific loading condition.

## METHODOLOGY

The main methodology consists of conducting a parametric analysis using computer modelling and simplified analytical methods. Different kinds of models with varying degrees of detail will be used. The computer modelling will be carried out using the finite element method. To perform the modelling the software Abaqus CAE will be used. The results from the different methods of analysis will give the answer to what parameters are important to consider. The information regarding the effects of these parameters will be used to create the aforementioned guidelines.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JACOB SKOGLUND  
[jacob.skoglund.370@student.lu.se](mailto:jacob.skoglund.370@student.lu.se)

## PRESENTATION

MAY 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5244

## SUPERVISOR

Dr PETER PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## ASSISTANT SUPERVISOR

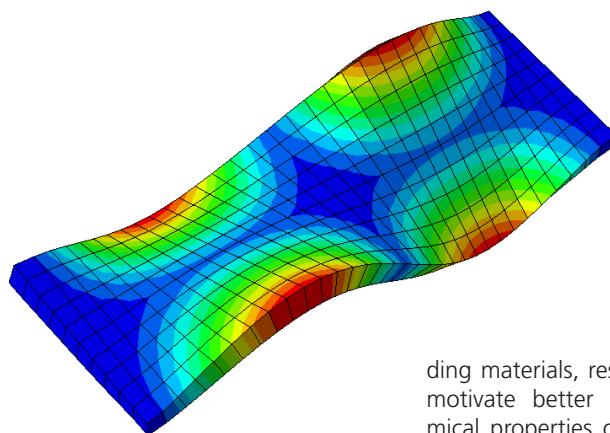
Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH

# DYNAMIC RESPONSE OF CROSS LAMINATED TIMBER FLOORS



## BACKGROUND

Up until the year 1994 the Swedish government maintained strict regulations for wooden structures, limiting all wooden buildings to no more than two storeys. Since then, the regulations have been revised and the restrictions have been lifted. The subsequent increase in production of large timber buildings and accompanying timber product has also necessitated a broader understanding of the dynamic properties of timber solutions.

Cross-laminated-timber, or CLT for short, is a wooden panel composed of a multitude of wooden planks glued together in a number of layers, where every layer is orthogonal to the previous. CLT-panels are multi-functional and are commonly used for constructing floors, walls and roofs. Given the environmentally positive aspects of CLT-panels, scientific investigation into the subject will result in better understanding of a sustainable building material.

## AIM

With this Master's dissertation, I aim to broaden the understanding of dynamical response of CLT-panels subject to various types of dynamic loads. Given the societal interest in more sustainable and environmentally friendly forms of build-

ing materials, research into this field may motivate better understanding of dynamical properties of CLT-construction in urban environments. I will thus enquire into the possibility of analysing the dynamical response of CLT panels subject to various forms of external and internal loads.

## METHOD

CLT-panels has the advantage of being light, and thus much easier to transport and install than other conventional building materials, such as concrete or steel. These lightweight properties also contributes to timber constructions being susceptible to both sound transmissions and dynamic response. Expanding on Johannes Wetterholt's work in his Master's dissertation "*Modelling cross-laminated timber floors in dynamic analysis*", I aim to extend the work to encompass the dynamical response of CLT-panels due to internal and external loads such as walking, trains or other disturbances.

By constructing a reference model of a CLT-panel in a finite element software, such as ABAQUS, and comparing the eigenvalue results with the results of an equivalent model by reputable scientists, I aim to verify the models validity before proceeding to analyse the dynamic response. Once the reference model has been validated, and the dynamical load analysis performed, I will pursue a simpler model that reliably replicates the results of the reference model, without requiring the same amount of computational power.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



NIKOLA TOSOVIC  
*nikola.tosovic.267@student.lu.se*

## PRESNTATION

EARLY 2020

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5243

## SUPERVISOR

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

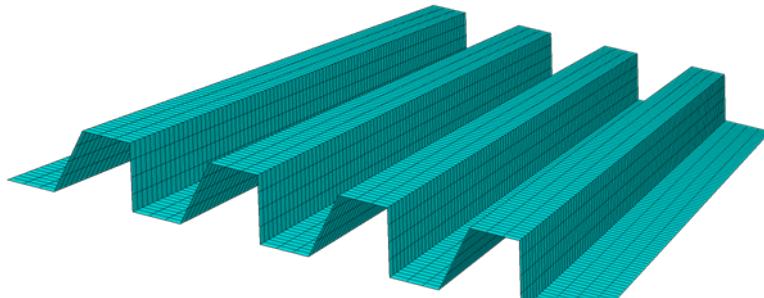
HENRIK DANIELSSON *Dr*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS,  
LTH & RAMBOLL

IN COOPERATION WITH  
RAMBOLL



# EVALUATION OF BUCKLING LENGTH OF ROOF TRUSSES Influence of corrugated sheeting



## BAKGRUND

Trapetskorrugerad (TRP) plåt är en plåt som pressas så att veck uppstår i plåten som påminner om vågor. Denna typ av takplåt har använts sedan mitten av 1800-talet och används idag vanligtvis som takbeläggning på större byggnader som exempelvis hallar, lagerlokaler eller liknande. En av fördelarna med TRP-plåt jämfört med vanlig stålplåt är den ökade böjstyrheten i korrigeringensriktningen.

Vanligtvis används takplåt som takbeläggning för stålramar med fackverk och monteras idag oftast i tvärrikningen mot fackverket. Tanken är att takplåten ska förebygga knäckning av fackverkets överram, när denna utsätts för axiella tryckkrafter, genom TRP-plåtens styvhet i planet. Vid deformation av takplåten på grund av vertikallast (t.ex. snölast) kommer dess styvhet i planet att minska, på grund av andra ordningens effekter. Därmed kommer dess stabiliseringe egenskaper att förändras (bli sämre). Detta innebär att TRP-plåtens styvhet eventuellt inte är tillräcklig för att förhindra knäckning av fackverkets trycktdalar.

## MÅL OCH SYFTE

Ett mål med examensarbetet är att studera hur TRP-plåten påverkar knäcklängden för den övre delen i ett fackverk som är fäst i TRP-plåt.

Ett annat mål är att undersöka olika modelleringssätt: vilka valmöjligheter som finns och hur olika val påverkar beräkningsresultaten.

Syftet med arbetet är att bidra till ökad kunskap om hur denna typ av konstruktion kan/bör modelleras.

## METOD

En modell, som ska simulera en lagerlokal, kommer att byggas upp i ett datorprogram som klarar av att designa byggnadselement. I detta program kommer dimensioneringen av byggnadselementen ske. En enklare analys av samverkan mellan fackverket och TRP-plåten kommer att utföras i detta program, för att sedan jämföras med en analys i ett mer avancerat datorprogram, t. ex Abaqus som medger avancerade olinjära analyser.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ELIAS LAGER  
[mas13ela@student.lu.se](mailto:mas13ela@student.lu.se)

PONTUS KARLSSON  
[vov14pka@student.lu.se](mailto:vov14pka@student.lu.se)

**PRESENTATION**  
AUGUST 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5242

## SUPERVISORS

Professor KENT PERSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

CARL JONSSON MSc  
Skanska Sverige AB

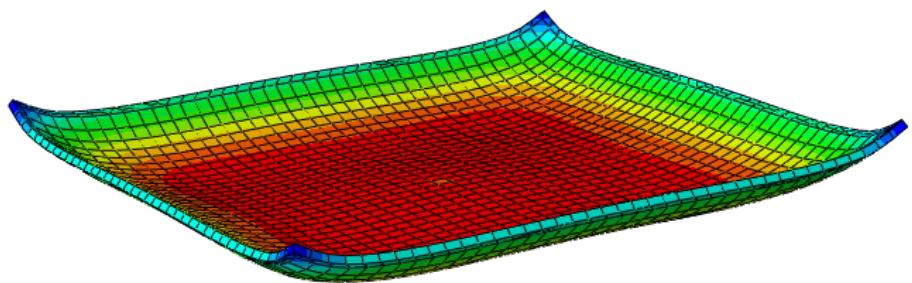
## EXAMINER

Professor OLA DAHLBLOM  
Div. of Structural Mechanics, LTH

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS,  
LTH & SKANSKA SVERIGE AB

**IN COOPERATION WITH**  
SKANSKA SVERIGE AB

# METODER FÖR ANALYS AV SAMVERKANSGRUNDLÄGGNING



## BAKGRUND

Gemensamt för alla byggnader är att de behöver någon form av grundläggning som i många fall leder till en s.k. samverkansgrundläggning. I en sådan grundläggning är det oftast en kombination av platta, pålar och jord som bär lasterna från byggnaden. Detta leder till ett behov av att kunna modellera denna samverkan för att uppnå en god lösning på konstruktionen. För att kunna utföra en komplett finita elementanalys av en grundläggning krävs dock omfattande beräkningar eftersom både byggnadens och jordens egenskaper behöver tas i beaktande. Detta betyder att utvärdering av en grundläggning är både tids- och resurskrävande i dagsläget. Det finns förenklade metoder för att minska tids- och resursåtgången t.ex. kan jorden modelleras som fördelade fjädrar under grundläggningen, med egenskaper från jordens båddmodul. Detta kan dock ge missvisande resultat eftersom jordens styvhet i horisontalled ej beaktas vid en sådan beräkning samt att fjädarna ej är kopplade till varandra.

Markens egenskaper där en byggnad skall uppföras har betydande inverkan på hur grundläggningen bör dimensioneras samt vilka sättningar som kan förväntas. Större byggnader uppförs ofta i etapper vilket också har betydelse för det slutliga valet av grundläggningsmetod och att sättningar

kan beräknas med god precision. Detta för att säkerställa att montering av fasader och stomkompletteringar ska kunna gå att utföra enligt plan och inte hindras på grund av ojämн, eller oväntad, sättning.

## MÅL OCH METODIK

Det övergripande målet med arbetet är att från en undersökning av olika analysmetoder för samverkansgrundläggning föreslå lämpliga förenklade beräkningsmetoder som fortfarande har tillräckligt hög noggrannhet. Detta examensarbete kommer att fokusera på samverkan mellan platta på mark och jord.

För att uppnå målen kommer olika förenklade beräkningsmetoder att jämföras med mer detaljerade finita elementanalyser. Parameterstudier kommer att utföras för de olika modellerna där inverkan av parametrar som t.ex. jordens och byggnadens styvhet, och grundläggningens geometri kommer att beräknas.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



VICTOR NICOLAUSSON

bas12vn1@student.lu.se

OSKAR LINDKVIST

vov14oli@student.lu.se

## PRESNTATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5241

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

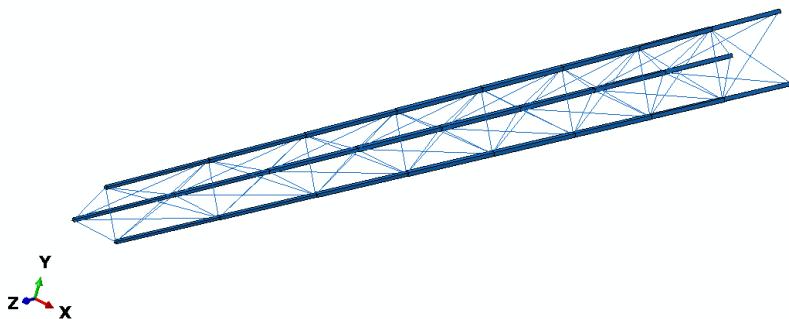
Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS,  
LTH & WINFOOR AB

IN COOPERATION WITH  
WINFOOR AB



# MINIMERING AV VIKT/KOSTNAD MED HÄNSYN TILL INSTABILITETSFENOMEN



## BAKGRUND

Dagens samhälle ställs inför många utmaningar, varav ren och hållbar energiproduktion är en av de absolut största. Vindkraftverk är en av de lösningar som framarbetats för att bidra till vår elproduktion. Traditionella designmetoder är dock av sin natur opraktiska. Dagens rotorblad byggs i ett stycke, och ställer därför svåra krav på såväl tillverkning som transport. Dessa utmaningar gör det svårt att möta kraven på hållbarhet och renlighet med kostnadseffektivitet.

För att motarbeta detta problem utvecklar Winfoor en ny typ av rotorblad (Triblade), vars design ska göra det möjligt att pressa ner kostnaderna samtidigt som det öppnar upp möjligheter för var man kan bygga vindkraftverk. Genom att tillverka rotorbladet som ett fackverk är det möjligt att segmentera strukturen. Detta underlättar både vid tillverkning och under transport, där idén är att ett rotorbladssegment ska få plats i en lastbilscontainer av standardmått. Detta möjliggör att man kan bygga kraftverk på många fler platser än vad man kan idag.

Strukturen kommer med sina egna utmaningar, där ett särskilt stort problem är buckling. För att uppnå en effektiv energi-

produktion och minska på kostnaderna är det önskvärt att ha så tunnväggiga balkar som möjligt i rotorbladen. Tunnväggiga balkar ökar dock risken för buckling vid tillräckligt stora laster.

## MÅL OCH METODIK

Målet med exjobbet är att analysera vilka krafter som verkar på balkarna i strukturen, och sedan optimera dessa med avseende på lokal buckling och kostnad. Studien innehåller då olika typer av materialval och konstruktionselement. Material som utforskas är främst kompositmaterial och stål. Vidare undersöks även olika infästningsmetoder i strukturen för att avgöra vad som är mest optimalt.

Analysen utförs genom att upprätta en parametrerad modell i Abaqus. Modellen upprättas som script för att enkelt kunna variera olika inparametrar, så som material, balkdimensioner och infästningar. Genom att skapa en så verklighetstrogen global modell som möjligt är det sedan tänkbart att upprätta simplare modeller med en enskild balk, utsatt för de snittkrafter som fäts i resultatet vid en global analys. Denna studie är lätt att parametrisera för att analysera många olika balktyper.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



OSCAR HIIR-SALAKKA

[by13ohi@student.lu.se](mailto:by13ohi@student.lu.se)

SEBASTIAN OKRAJNI

[sebastian.okrajni@gmail.com](mailto:sebastian.okrajni@gmail.com)

## PRESERVATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5240

## SUPERVISORS

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

FRIDA HULT MSc  
*WSP Sverige*

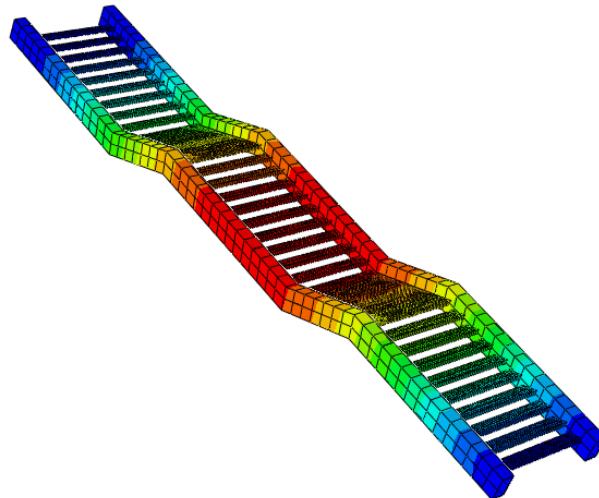
## EXAMINER

Dr PETER PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS,  
LTH & WSP, Malmö

IN COOPERATION WITH  
WSP

# UTVECKLING AV EN PARAMETRISK MODELL FÖR UTVÄRDERING AV STÅLTRAPPORS VIBRATIONSRISK



## BAKGRUND

För att ansluta till gång- och cykelbroar använder man ibland trappor. För att inte lägga onödig last på bron använder man oftast lätta ståltrappor. Dessa trappor blir slanka och risken finns det blir låga egenfrekvenser som tillsammans med den låga vikten kan få höga vibrationsnivåer från gånglaster. WSP Bro & Vattenbyggnad i Malmö vill undersöka möjligheter att genom parameterstudie identifiera vilken typ och storlek av trappor där det kan finnas risk för problematik med höga vibrationsnivåer.

## ÖVERGRIPIANDE MÅL

Målet med examensarbetet är att man tidigt i projekteringen ska kunna identifiera trappor som har en utformning som kan ge problem med höga vibrationsnivåer. En parametrisk finita elementmodell ska utvecklas i Python för ABAQUS avsedd att användas för att analysera vibrationsrisk i en godtycklig ståltrappa. Slutmålet är användaren genom att endast ange nödvändiga parametrar som bredd, längd, osv för ståltrappan kunna få resultat om hur känslig den är för vibrationer.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JAKOB DIAS DOS SANTOS INGESSION  
[jakob.ingesson@gmail.com](mailto:jakob.ingesson@gmail.com)

## PRESENTATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5239

## SUPERVISORS

Dr PETER PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*  
Dr OLA FLODÉN  
*Volvo Cars*

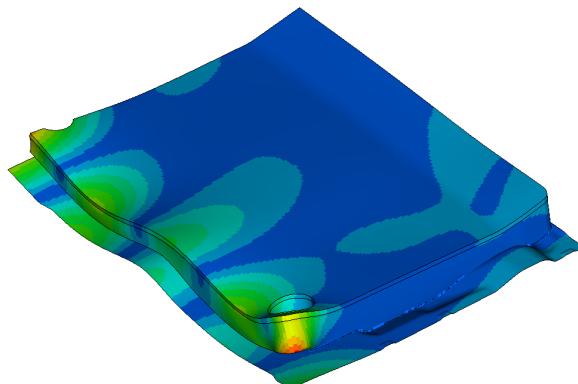
## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT VOLVO CARS GÖTEBORG

## IN COOPERATION WITH VOLVO CARS

# MODEL CORRELATION FOR DYNAMIC ANALYSIS OF VEHICLE FLOOR PANELS



## BACKGROUND

When designing a car today, the noise, vibration and harshness (NVH) aspect is more important than ever before since consumers have become more sensitive to and aware of noise and vibrations, and interior noise levels are often deemed as an indicator of overall vehicle quality.

One main source of interior noise is structure-borne noise, which originates from dynamic loading of the vehicle body. The dynamic loading gives rise to vibrations that are transmitted through the vehicle body resulting in noise radiation from the panels into the interior. One significant source of interior structure-borne noise are the floor panels of the car. To reduce noise levels, the floor panels are covered with carpets that consist of a foam layer and a heavy rubber layer. However, the interaction between the floor panels and carpets are not fully understood. This causes challenges and complications when modelling noise transmission and predicting noise levels in the early design stage.

## AIM AND OBJECTIVE

The aim of the Master's dissertation is to increase the knowledge regarding the dynamic behaviour of floor panels and carpets in vehicle bodies in different frequency ranges.

More specifically, the objective is to gain an understanding of the interaction between, and behaviour of, the carpet and the floor panel, and to provide recommendations for analytical modelling of carpets.

## METHOD

Measurements of the vibrations will be performed on a cut-out of a floor panel and carpet of a Volvo car. Numerical models will be correlated with the measurements. The carpet will be modelled as a non-structural mass as well as with solid elements using a isotropic material model and a poro-elastic material model. Different contact conditions between the carpet and panel will also be applied. The different modelling strategies will be compared with the measured data and evaluated.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JOHANNES WETTERHOLT

vov14jwe@student.lu.se

## PRESERVATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5238

## SUPERVISOR

Dr PETER PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## DEPUTY SUPERVISOR

Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

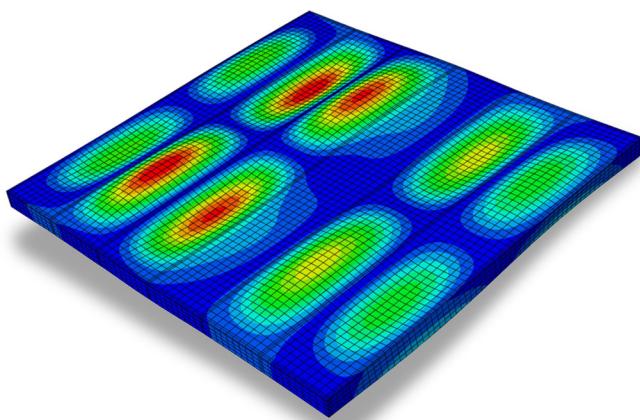
## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT

DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS

# MODELING WOODEN FLOORS IN DYNAMIC ANALYSIS



## BACKGROUND

Floor slabs are designed for vertical and horizontal force. The resulting dimensions are often governed by serviceability limit state requirements, relating to deflection and vibration in the vertical direction. Wooden floors are commonly slender structures with relatively low mass which make them sensitive to dynamic loading. The general recommendations for serviceability limit state design of wooden floor slabs in Eurocode 5 have been questioned in the research community and by engineers. When modeling wooden floors, different methods may be used. A simple method is to consider Bernoulli-Euler or Timoshenko beam theory, where the floor is modeled as a one dimensional beam. Alternatively, a more advanced approach may be used where the floor is analyzed in two dimensions according to plate theory. Full three dimensional models are often not feasible to use in a practical engineering context.

Wooden floors can be manufactured in different ways, for example as cas-

sette floor elements with wooden joists as main load carrying element or using cross laminated timber (CLT) elements. CLT elements are manufactured with several layers of laminations oriented with a 90 degree angle between the different layers which results in elements with significant strength and stiffness in two orthogonal directions.

## OBJECTIVE AND METHOD

The aim for the Master's dissertation is to examine differences in the dynamic response between an advanced three dimensional model and simplified models based on plate or beam theories. Of specific interest is to investigate simplifications that can be applied to the models so that analyses of the modeled floors predict a realistic dynamic behavior. The finite element method will be used and various advanced models of wooden floors will be created and analyzed with regard to the dynamic response. First, a CLT floor will be modeled during the course of the project, other types of wooden floors may be considered.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



OMAR CHOUMAN  
*omar.chouman.788@student.lu.se*

PRESENTATION  
JUNE 2019

REPORT  
Will be published as  
Report TVSM-5237

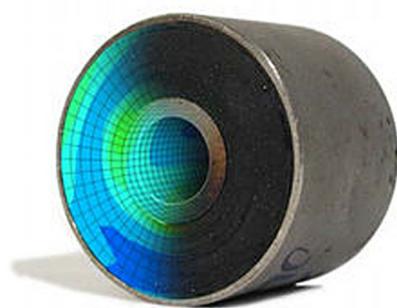
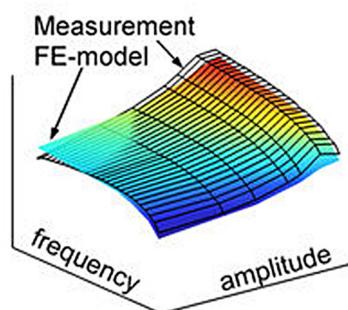
SUPERVISOR  
Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

EXAMINER  
Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS

IN COOPERATION WITH  
VOLVO CARS

## STATIC AND DYNAMIC CHARACTERIZATION OF ELASTOMERS BY A MODIFIED HARDNESS TEST



### BACKGROUND

The traditional method of material testing of elastomer is based on a double shear specimen consisting of both rubber and metal parts glued together, and were the external load is applied on the metal parts. The reason behind this method is because homogeneous state must be achieved in the elastomer when obtaining the material parameters, for instance the shear modulus. In practice it is hard to achieve homogeneous state why a simpler method, which relies on inhomogeneous state, is going to be investigated experimentally, theoretically and by finite element method, namely the modified hardness test.

The experimental part aims at obtaining static and dynamic material parameters for two rubber specimens, one using the modified hardness test and the other using a double shear specimen as a reference. For quasi static loading the Yeoh constants, which are hyper elastic parameters, will be deter-

mined and compared between the two different specimens. For the dynamic harmonic loading the dynamic shear modulus and phase angle are extracted from the two specimens and compared. The goal is to find the dynamic shear modulus and phase angle as a function of amplitude and frequency in a simpler and faster way.

### AIM AND OBJECTIVE

The aim of the master thesis is to simplify the material characterization of rubber material, where the dynamic and static material parameters is to be used in FE-simulations.

To evaluate the simplified method a literature study is initiated in order to gather information regarding the behavior of rubber material and how it is modelled using the finite element method. Thereafter different elastomers will be tested using both the traditional method and the simplified method, and the results will be compared.

---

### DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



FELICIA NILSSON

vov14fn1@student.lu.se

FILIPPA DAHL

vov14fd1@student.lu.se

## PRESERVATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5236

## SUPERVISORS

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

KARL LUNDSTEDT *MSc*  
*Skanska Sverige AB*

JAN OLSSON *MSc*  
*Skanska Sverige AB*

## EXAMINER

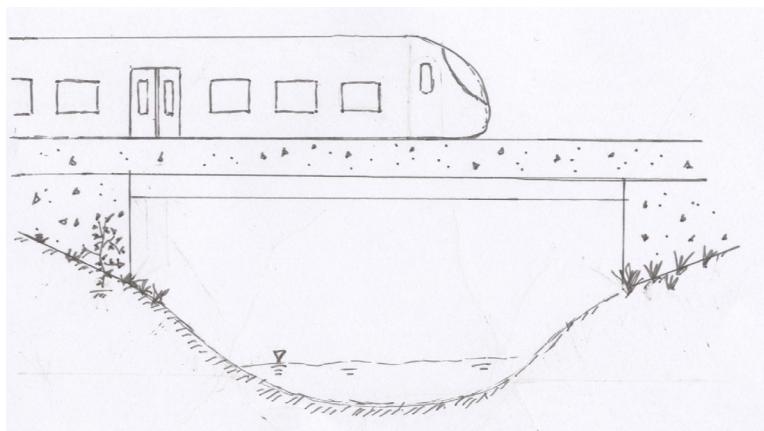
Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS,  
LTH & SKANSKA TEKNIK | BRO

IN COOPERATION WITH  
SKANSKA SVERIGE AB



# PARAMETER STUDY FOR DYNAMIC DESIGN OF HIGH-SPEED RAILWAY BRIDGES



## BACKGROUND

The Swedish Transport Administration is planning to build railway for high-speed trains, connecting the country's three biggest cities: Stockholm, Gothenburg and Malmö. The aim of the expansion is to reduce the strain on the current rail system and to shorten the travel time; thus, obtaining a more attractive means of transport. The intended velocity of the high-speed train is 320 km/h, which is much greater than today's limit of 200 km/h. This increase in velocity will result in larger acceleration forces and higher stresses on the bridges along the intended railway lines.

## AIM

The purpose of this master's thesis is to investigate how the high-speed trains affect different types of bridges regarding dynamics. The main focus will be on bridges along the East Link, between Järna and Linköping, which constitutes the first construction phase of the expansion. Results from this dissertation could be used as a decision basis to, at

an early stage of a project, determine which type of bridge to use in order to avoid complications considering the higher dynamic loads.

## METHOD

Two analysis will be performed. In the first analysis, referred to as Analysis 1, the impact of different parameters on the bridge's sensitivity to dynamic loading will be evaluated. The parameters that will be varied includes span length, number of spans and cross-section height. Several types of bridges will be covered in Analysis 1; however, the study is limited to concrete bridges since it is the most common type of railway bridge in Sweden. The second analysis, Analysis 2, will include the interaction between soil and structure and will be performed on one of the bridges from Analysis 1. Ground models with fixed boundary conditions, which are most broadly used today, will be compared with more realistic, elastic ground models. The dynamic analysis will be executed primarily using the computer software Brigade+.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



CARL HOLMGREN

vov14cho@student.lu.se

CARL-MICHAEL BJÄLKENSÄTER

vov14cbj@student.lu.se

## PRESENTATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5235

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## DEPUTY SUPERVISOR

ANDREAS GUSTAFSSON *Lic Eng*  
*WSP*

## EXAMINER

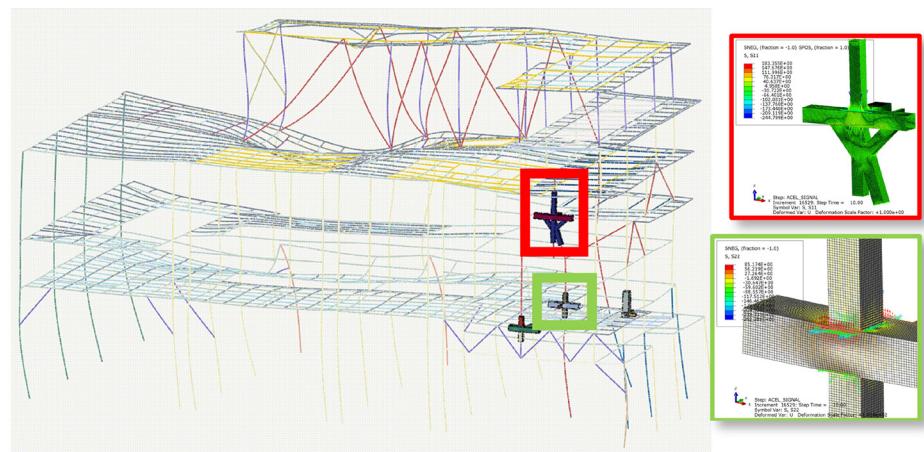
Dr PETER PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH & WSP, Malmö**

**IN COOPERATION WITH**  
**WSP**



# COMPUTATIONAL METHODS FOR ADVANCED STEEL CONNECTIONS



## BACKGROUND

During the design stage of complex steel structures such as truss bridges, off-shore structures and heavy equipped industrial buildings, numerical analysis methods are always utilized to some extent. Today the simulation technologies have reached very far and with a detailed analysis it is possible to capture the response accurately.

In order to perform a detailed analysis, extensive work is needed during the modelling stage as well as large computer capacity. For most projects it is not reasonable to have such time consuming analyzes and more simplified models are used with elastic theory. However, on a regular basis there is need for more detailed analyzes of advanced steel connections that deviates from the conventional cases.

## AIM AND METHOD

This master thesis aims to optimize the modelling process of non-conventional steel connections by finding a balance between accuracy and time efficiency with the use of finite element software. Models of different levels of detail will be evaluated and compared to more accurate models. Included in the process is to find a detailed model of a connection where results can be transferred to from a conventional beam model with enough accuracy.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



GARY LAI

vov13gla@student.lu.se

SAMUEL PLÖNNING

vov12spl@student.lu.se

## PRESENTATION

JUNE 2019

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5234

## SUPERVISOR

Dr HENRIK DANIELSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## DEPUTY SUPERVISOR

KARIN FORSMAN *MSc*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIVISION OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH



# MEKANISKA EGENSKAPER FÖR ACETYLERAD BJÖRK

## BAKGRUND

Träslaget björk förekommer frekvent i norra och östra delen av Europa och är ett av Sveriges vanligaste lövträd. Trots goda mekaniska egenskaper används träslaget idag i väldigt begränsad omfattning för större lastbärande strukturer (byggnader och byggnadsverk). En av anledningarna till detta är träslagets relativt dåliga egenskaper avseende beständighet i fuktiga miljöer. En möjlighet att förbättra dessa egenskaper är via "modifiering" av trämaterialet.

Modifiering av trä avses här en metod för att förbättra materialegenskaperna utan att använda miljöfarliga træbevarande kemikalier, och med huvudsakligen syfte att ökaträets beständighet, reducera fuktinnehåll och angrepp av træförstörande svampar. Modifieringen kan genomföras på flera olika sätt, där acetylering är en av metoderna som ändrarträets kemiska struktur, och som kommer vara i fokus för detta examensarbete. Acetylerträ är mindre hygrokopiskt (tar upp mindre fukt), vilket leder till att fuktrörelser minskar.

Acetyleringen påverkar inte bara den kemiska strukturen av träet utan också de mekaniska egenskaperna. Mekaniska egenskaper för acetylerträ virke har undersökts i flera studier. Däremot finns det få studier som fokuserar på hur brottmekaniska egenskaper påverkas av acetylering. För att undersöka detta krävs bland annat kunskap om materialets styrhet och brottenergi, där brottenergi definieras som den energi som krävs för att skapa en areaenhet spänningsfri sprickyta.

## MÅL OCH SYFTE

Målet med examensarbetet är att undersöka möjligheten att utöka användningsområdet för björk till användning i konstruktionssammanhang och framför allt i utomhusmiljöer. Arbetet kommer att innehålla teoretiska och experimentella undersökningar där de brottmekaniska egenskaperna för acetylerträ är i fokus.



## METOD

I projektet kommer brottenergin att bestämmas genom Nordtest-metoden vilket är en trepunktsböjning av en fritt upplagd balk. Provkroppen har en vertikal brottanvisning i undersidan av den mittersta biten. Syftet med metoden är att bestämma brottenergin i mod 1, vinkelrätt fiberriktningen. Vidare kommer en FE-modell att tas fram i Abaqus med syfte att analysera försöksuppsättningen. Olika modelleringsstekniker och modeller avseende brottområdets beteende, som form på mjuknandekurva och maxspänning, undersöks.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



BJÖRN PEDERSEN

## PRESERVATION

SEPTEMBER 2018

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5233

## SUPERVISORS

**PETER PERSSON** *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*  
**OLA FLODÉN** *PhD*  
*Volvo Cars*

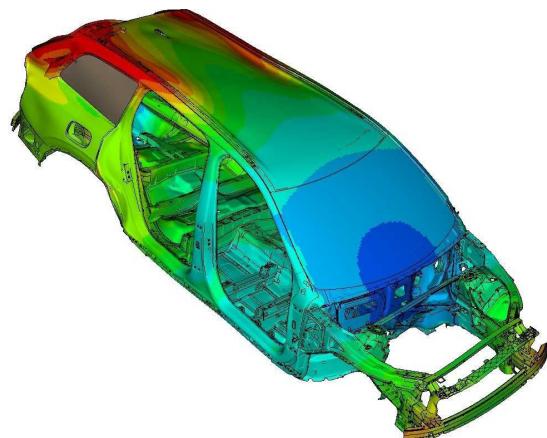
## EXAMINER

**Professor KENT PERSSON**  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT**  
**DIVISION OF STRUCTURAL**  
**MECHANICS, LTH AND**  
**VOLVO CARS, GÖTEBORG**

**IN COOPERATION WITH**  
**VOLVO CARS**

# CONCEPTUAL DYNAMIC ANALYSIS OF A VEHICLE BODY



## BACKGROUND

The noise, vibration and harshness (NVH), and body dynamic performance of automotive vehicles is highly dependent of the components included in the body structure and compartment since they add mass, stiffness and damping to the overall structure. Today, the noise levels in the compartment are predicted using complex and detailed computational models during both early and late stages of the vehicle development process. However, detailed information regarding the vehicle structure is limited during the concept phase, which makes the predictions unreliable. It would be desirable to use simpler and more robust measures to describe the NVH performance in the concept phase. Possible measures include eigenfrequencies of the body without trim items, or the vibrational response in its structural frame. In order to decide on appropriate measures, the correlation between the NVH performance of the finalized vehicle body and the results of the simpler measures needs to be evaluated.

## AIM AND OBJECTIVE

The long-term aim of the Master's dissertation is to create an understanding of how different objective measures correlate to the overall NVH performance of the vehicle. More specifically the dissertation will contribute with an evaluation of objective measures suitable for evaluating the NVH performance in an early concept development phase. Objective measures used on the finalized vehicle body also needs to be examined in order to correlate the findings from the concept development phase with the actual NVH performance. Thus possibly streamlining the working process in the concept phase of automotive development by offering a set of different objective measures.

To evaluate the adequacy of different objective measures, they need to be tested for a breadth of different vehicle bodies. A theoretical basis for the different objective measures will be compiled through a literature study and subsequently evaluated through numerical models. The numerical analysis will be performed using finite element models in a commercial software.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



AZUR BASIC and  
KRESHNIK AMRLLAHU

## PRESNTATION

SPRING 2018

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5232

## SUPERVISORS

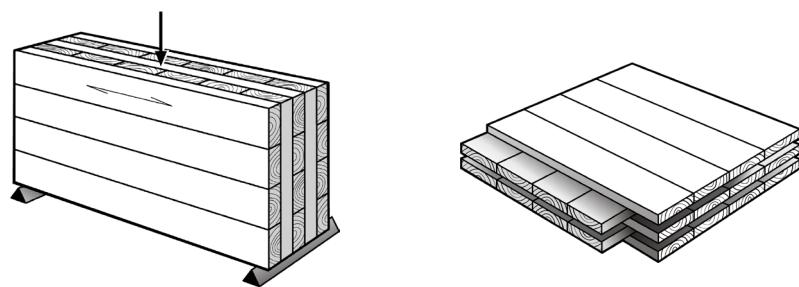
HENRIK DANIELSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
THE DIV. OF STRUCTURAL  
MECHANICS, LTH

# STYVHET AV KORSLIMMAT TRÄ VID BALKBELASTNING I PLANET



## BAKGRUND

Korslimmat trä (KL-trä) har, med sin unika uppbyggnad av korslimmade brädor, vissa betydande fördelar jämfört med vanliga solida balkar av trä, till exempel limträbalkar. Fördelen med KL-trä är att konstruktionen blir styvare och starkare i fler riktningar eftersom balken har laminer i två olika riktningar. Ett tydligt exempel är den avsevärt förbättrade kapaciteten vid belastning vinkelrätt mot balkaxeln. De vertikala brädorna i elementet fungerar då som armering/förstärkning av elementet vilket gör att konstruktionen blir mer robust och mer tålighet mot sprickbildning och hålltagning. Dessa, och andra fördelar med denna typ av balkelement, kommer dock till priset av ökad komplexitet vid beräkning av deformationer samt inre krafter och spänningar vid belastning. Den skiktade uppbyggnaden av KL-trä gör att många olika faktorer måste beaktas, exempelvis tvärsnittmåtten på de ingående brädorna samt om brädorna är kantlimmade eller inte. I nuvarande Eurocode finns inga rekommendationer kring beräkning och dimensionering av KL-trä.

## MÅL OCH METOD

Syftet med detta examensarbete är att undersöka beräkningsmodeller för KL-trä avseende styvhetsgrad vid balkbelastning i planet. Fördjupning inom området kommer att göras med hjälp av litteraturstudier av tidigare teoretiskt och experimentellt arbete. Olika typer av numeriska beräkningsmodeller (3D FE solid-modeller, balkrostmodeller och enklare balkmodeller) kommer att användas för att utvärdera tidigare provningsresultat.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ELIN JÖNSSON

## PRESENTATION

OCTOBER 2018

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5231

## SUPERVISORS

Professor ERIK SERRANO  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

HENRIK DANIELSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

REFIK SALIEVSKI *MSc in Eng.*  
*BoKlok / Skanska*

## EXAMINER

Professor PER JOHAN GUSTAFSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH & BOKLOK / SKANSKA TEKNIK

## IN COOPERATION WITH BOKLOK / SKANSKA

# STABILISERING AV FLERFAMILJSBUS BYGGDA AV VOLYMELEMENT

## BAKGRUND

BoKlok använder sig av fabrikstillverkade volymelement med en bärande trästomme i sina projekt. Den industriella tillverkningsmetoden är inte bara tids- och kostnadseffektiv, utan förbättrar även arbetsmiljön och fuktsäkerheten under byggskedet jämfört med traditionella metoder. Metoderna som används är väl utvecklade för att effektivisera projekteringen, men det återstår fortfarande utmaningar gällande horisontalstabiliseringen av volymelementen.

De metoder som idag används av BoKlok för att kontrollera horisontalstabiliteten hos flervånings-byggnader av volymelement är samma som används för traditionella flervåningsbyggnader. Det innebär att man undersöker tvådimensionella kraftspel för det "värsta fallet" av en konfiguration av volymelement (dvs. den högsta och smalaste byggnaden). Nya konfigurationer av volymelement måste alltså detaljprojekteras, vilket är mycket tidskrävande och ineffektivt. Eftersom volymelementen kan ses som tredimensionella "lädor" ökar deras styvhetsgrad jämfört med traditionella byggnader, men det saknas en metod för att enkelt och virtuellt kunna prova nya konfigurationer av volymelement och samtidigt utnyttja denna ökade styvhetsgrad.

## SYFTE

Syftet med examensarbetet är att öka kunskapen om horisontalstabilisering av högre byggnader med prefabricerade trädäckade volymelement. Målet är att skapa en beräkningsmodell som kan användas för att kontrollera horisontalstabiliteten hos flervåningshus som är byggda av volymelement.

Examensarbetet ska utföras i samarbete med BoKlok och beräkningsmodellen ska kunna användas för att prova nya konfigurationer av deras byggsystem, exempelvis variationer av antalet volymelement på höjden och bredden av en byggnad. Visionen är att man i framtiden ska kunna implementera fler variabler i modellen för att kunna använda den som ett verktyg i produktutvecklingen.

## METOD

Examensarbetesprocessen kommer att inledas med en litteraturstudie om dimensioneringsmetoder för horisontalstabilisering. Dessutom genomförs en undersökning om hur volymelement dimensioneras och används av BoKlok idag. Därefter kommer beräkningsmodeller för volymelementen tas fram med finita elementmetoden. Modelleringen kommer att utföras i FEM-programmet Abaqus, men även i StruSoft för att senare kunna användas av BoKlok. För att kontrollera resultaten och ge indata till beräkningsmodellerna kommer även praktiska provningar utföras på framtagna förbindningar mellan volymelement.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ALFRED JOHANSSON

## PRESENTATION

FEBRUARY 2018

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5230

## SUPERVISOR

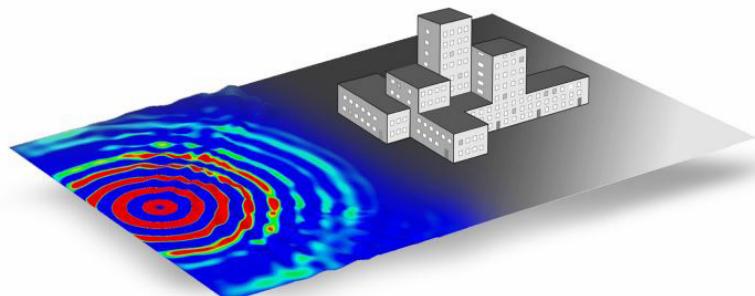
PETER PERSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT THE DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# TOWARDS SITE-CITY EFFECTS ON TRAFFIC-INDUCED BUILDING VIBRATIONS



## BACKGROUND

The demands on buildings regarding vibrations are becoming higher than ever before. Disturbing vibrations in buildings can be traffic-induced and caused by placing new buildings closer to existing roads than before or by building new transportation systems near existing building structures. The vibrations can be disturbing for both humans and sensitive equipment in for example hospitals and laboratories. The degree to which the vibrations affect both humans and equipment depends on the amplitude and frequency as well as the sensitivity of said subject.

To investigate these vibrations and their effects, studies can be conducted using large three dimensional numerical models, often using finite elements. A problem with this is that these simulations require a lot of computational time.

In a master's dissertation at the Division of Structural Mechanics from 2017 [1], a methodology was developed for analyzing traffic-induced building vibrations. A large 3D finite element model can, using this methodology, be reduced by using dynamic condensation. Reassembling the reduced model, the computational time needed can be reduced by 99.7 % compared to the

initial non-reduced model. There is still a big need in the building industry for more knowledge and better tools for predicting vibrations, for use in many stages and phases of building projects.

## OBJECTIVE AND METHOD

The study intends to investigate which factors that are important to consider when analyzing traffic-induced vibrations in the built environment. Specifically, with respect to involvement of surrounding buildings in numerical models and so-called site-city effects, i.e. how neighboring houses affect each other's vibrational response. A literature study will be conducted to establish a knowledge base about the subject and approach the state-of-the-art. Numerical analysis will be performed using finite element models in the commercial software Abaqus. Different ways to model the building structures will be investigated, for example: full 3D finite element models; applying component mode synthesis; simple structure with equivalent mass, stiffness and/or damping; or simple one degree-of-freedom system.

[1] T. Svensson, R. Torndahl. "Methodology for analysis of traffic-induced building vibrations", Master's Dissertation, Report TVSM-5224, Division of Structural Mechanics, Lund University, 2017.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



TOMAS DAHL

## PRESNTATION

JANUARY 2018

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5229

## SUPERVISOR

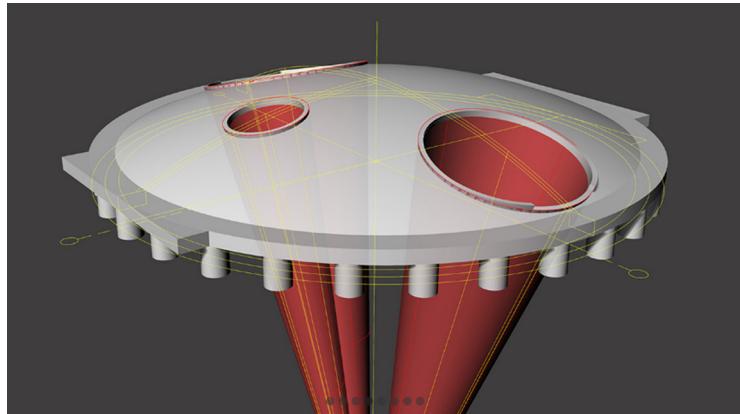
VEDAD ALIC *Licentiate in Eng.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT THE DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# FRÅN ANLÄGGNINGSMODELL TILL BERÄKNINGSMODELL En effektivisering av armeringsprocessen



## BAKGRUND

I den traditionella byggprocessen sker arbetet sekventiellt, där projektet passerar mellan de inblandade parterna i turordning likt en staffettspinnnesprincip. Detta linjära flöde har ett flertal nackdelar; bl. a. fragmentering av projektdata, problem med att bibehålla en gemensam förståelse mellan aktörer och missuppfattningar som kan leda till felaktiga beslut och sena och dyra ändringsarbeten. En lösning på dessa problem som på senare tid fått större fotfäste är att med hjälp av konceptet Virtual Design and Construction (VDC) skapa en virtuell plattform för projektet som alla inblandade aktörer har tillgång till och utgår ifrån. Genom digitaliseringen skapas en välstrukturerad och organiserad grund för ett effektivare och sparsammare sätt att bygga.

Jag praktiserade på CN3 i somras och hade i uppgift att modellera anläggnings- och armeringsmodeller i programmen Rhinoceros och Tekla. I CN3:s svenska projekt samarbetade med konstruktionsföretaget Centerlöf & Holmberg. Då modellfiler från Rhinoceros inte går att använda i beräkningssyfte måste en separat modell skapas av C&H. Visar det sig att resultaten inte är tillfredsställande kan förutsättningarna behöva uppdateras, vilket innebär en ny anläggningsmodell och en ny beräkningsmodell. Denna process itereras tills alla inblandade parter är nöjda.

## MÅL OCH METOD

Då CN3 och andra företag som arbetar med VDC ständigt söker nya sätt att effektivisera byggprocessen behövs det regelbundet undersökas om nya metoder kan utvecklas. Det främsta målet med detta arbete är att undersöka hur samarbetet mellan modellering och beräkning fungerar och hur det kan förbättras.

Det finns flera sätt att effektivisera samarbetet på, varav de två nedanstående punkterna undersöks i detta arbete:

- Att automatiskt kunna översätta anläggningsmodellen till ett format som beräkningsingenjörerna kan tolka. I detta fall undersöks s.k. "collapsed volumes", där tredimensionella volymer kollapsas till förenklade 2-dimensionella ytor i en fiktiv centrumlinje till volymen. Resultatet exporteras och används som underlag av beräkningsingenjören.
- Att bygga ett verktyg som kan undersöka spänningsfördelningar i betongstycken mha. FEM och utforma en principiell armering till dessa som underlag för att motivera eventuella förändringar av modellen i ett tidigt skede, vilket kan spara tid genom att undvika onödiga itereringar.

Med underlag från projekt som utförs av CN3 ska tre modeller av varierande komplexitet undersökas och utvärderas.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JAKOB SJÖSTRAND

## PRESERVATION

JUNE 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5228

## SUPERVISOR

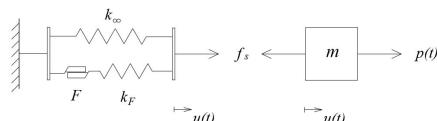
Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

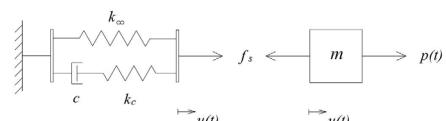
Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT THE DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# SOME DEVIATIONS FROM LINEAR DYNAMICS DUE TO MORE ACCURATE DAMPING MODELS



SFS model



SLS model

Damping is present in all dynamic systems. In one way or another energy is being dissipated in the system. To capture this in a computational model is a difficult task. A common simplification is to assume that the damping is of a linear viscous nature. This assumption provides an equation of motion (linear dynamics) which is easy to handle mathematically. However, the simplicity of linear dynamics can in turn result in a poor representation of the physical reality. Perhaps the material is not viscous, perhaps friction is present either inside the material or at the boundaries?

Different damping models can take different damping phenomena into account, and it could be wise to work with a model or a combination of models that represent the physical properties of the material in the best way possible. The main idea of the thesis is to show how more realistic viscoelastic material models and the inclusion of frictional effects will give rise to various nonlinear dynamic phenomena.

The thesis will present and discuss a number of existing material models and different physical aspects connected to them. For example, rate dependence/independence, amplitude dependence/independence, linearity/non-linearity. Some examples of material models that will be investigated in a dynamic context are the standard linear solid model, the Kelvin-Voigt model, and the Coulomb friction-model. Numerical time-stepping procedures using the central difference method will be applied in order to evaluate the different models. Initially single degree of freedom systems will be analyzed. The material models will then also be applied to multi degree of freedom systems such as a three story shear building.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



HANNES KARLSSON and  
JOHAN LINDGREN

## PRESENTATION

JUNE 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5227

## SUPERVISORS

**JAN STENVALL** *MSc in Eng*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

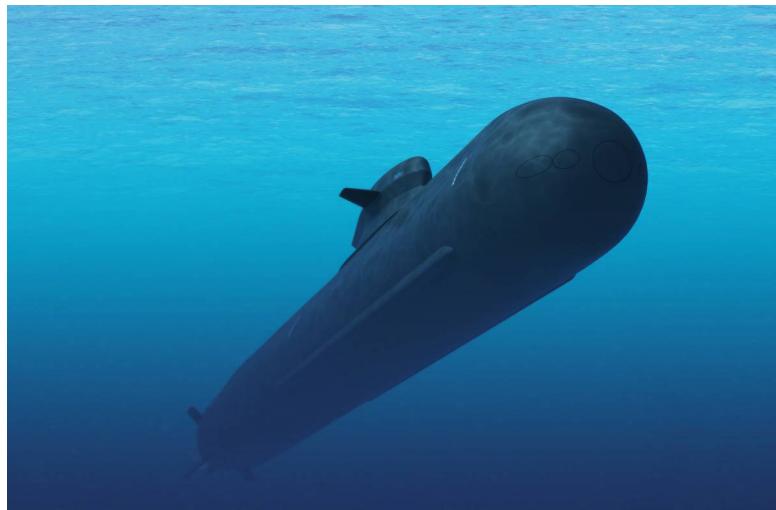
**HENRIK ENGSTRÖM** *MSc in Eng*  
*Saab Kockums AB*

## EXAMINER

**Professor PER-ERIK AUSTRELL**  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT  
AND IN COOPERATION WITH**  
**SAAB KOCKUMS AB**

# FE-ANALYSIS OF FLUID- STRUCTURE INTERACTION



## BACKGROUND

Equipment mounted on the hull on the outside of a submarine may be subjected to shock loading from different types of explosions. An underwater explosion will produce several shockwaves and will thus make the equipment vibrate. To accurately model the oscillations of the equipment, it is important to capture the fluid-structure interaction between the equipment and the surrounding fluid. Such models already exist and are based on the finite element method. However, the existing models have not been sufficiently validated with respect to experimental data. A better understanding of the limitations of current models will help improve the design of the mounted equipment and may be used to develop the next generation of submarines.

## OBJECTIVE AND METHOD

In order to validate current models, a deep understanding of the concept of

fluid-structure interaction first has to be gained. This is done by studies of the theory behind current models. Numerical analysis will then be performed in the software LS-DYNA for a case where a box is oscillating in water. Simultaneous to the simulations, experiments of the same case will also be conducted in order to validate the numerical methods.

The analysis will be focused on the natural frequencies of the vibrations and the concept of added mass. In LS-DYNA, an Eulerian mesh will be used and the fluid will be modelled using the material model MAT\_ACOUSTIC. The solver will be explicit. An important aspect of the project is to validate said material model. The objective is to gain a better understanding of the limitations and possibilities of numerical methods in LS-DYNA for problems with fluid-structure interaction.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ERIK LARSSON and  
LUCAS MAGNUSSON

## PRESERVATION

SPRING 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5226

## SUPERVISORS

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

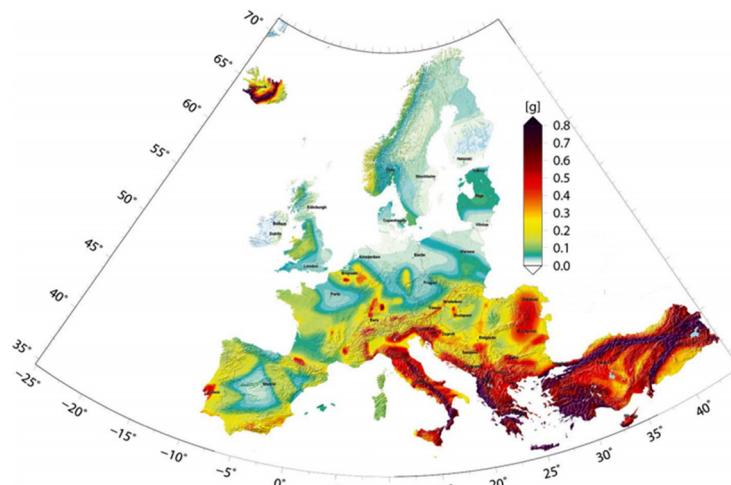
LINUS ANDERSSON MSc  
*Scanscot Technology AB*

## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
AND IN COOPERATION WITH  
SCANSOT TECHNOLOGY AB

# EVALUATION OF SEISMIC ACTION IN SWEDEN USING THE EUROPEAN SEISMIC HAZARD MODEL



## BACKGROUND

Within the scope of the EU-FP7 project "Seismic Hazard Harmonization in Europe" the European Seismic Hazard Model (ESHM13) was developed. From the model seismic intensity measures like PGA ("Peak Ground Acceleration") and UHS ("Uniform Hazard Spectrum") can be obtained for any location within Europe and Turkey. What can be observed is the relatively high seismic hazard along the Swedish west coast compared to the rest of the country.

## OBJECTIVE AND METHOD

The seismic action according to ESHM13 is evaluated with respect to the regulations of Eurocode 8, specifically along the Swedish west coast and Skåne where the seismic hazard is higher than the rest of Sweden. There are no guidance in the Swedish annex to Eurocode 8 and consequently a de-

sign spectrum is shaped to match the seismic hazard predicted from ESHM13 as it is supposed to serve as a reference model for all of Europe.

The seismic action is evaluated with a parametric study of the response in a simple structure and a more detailed case study of a structure that is considered to be critical. The seismic response can be compared to the response from wind load, which normally is the designing load for horizontal stability in Sweden.

The objective is to examine the rationale behind the absence of nationally determined parameters in the Swedish annex to Eurocode 8, when considering the predictions of ESHM13, and perhaps provide suggestions for future revisions.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



KARIN FORSMAN

## PRESNTATION

JUNE 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5225

## SUPERVISORS

Professor OLA DAHLBLOM  
Div. of Structural Mechanics, LTH

JONAS LINDEMANN PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH / LUNARC

ERIKA TUDISCO PhD  
Div. of Geotechnical Engineering, LTH

## EXAMINER

SUSANNE HEYDEN Senior Lecturer  
Div. of Structural Mechanics, LTH

THE WORK IS PERFORMED AT  
DIV. OF STRUCTURAL MECHANICS,  
LTH

# VISUALISERING AV TIDSBEROENDE SÄTTNINGAR I TVÅ DIMENSIONER: Framtagning av ett visualiseringssverktyg, avsett för undervisning inom grundläggningsteknik, samt utveckling och tillägg av rutiner i CALFEM för Python

## BAKGRUND

Då ett jordlager belastas med en byggnad eller en anläggning ökar spänningarna i jorden. Initialt utgörs spänningsökningen av ett förhöjt porvattentryck. Allteftersom vatten transporteras och porvattentrycket utjämnas omfördelas dock spänningarna och effektivspänningen tilltar. Förhållandet mellan spänningarna ges av effektivspänningsekvationen, som anger att en spänningsökning kan uttryckas som summan av porvattentrycket och effektivspänningen. Det är då effektivspänningen, det vill säga belastningen på kornskelettet, tilltar som sättningar uppstår. Jordens permeabilitet och vatteninnehåll avgör hur lång tid den här processen tar. Hur vatten transporteras i jorden beskrivs med hjälp av Darcy's lag. I en jord med låg permeabilitet, så som lera, kan det ta lång tid innan sättningar uppstår.

I undervisningssammanhang är det vanligt att idealisera problemet och enbart studera endimensionell vätskeströmning. Anledningen till den här förenklingen är att många studenter finner det tvådimensionella fallet svårt att greppa. Det är därför av intresse att på ett lättöverskådligt sätt illustrera tidsberoende sättningar i två dimensioner.

## SYFTE

Det här arbetets syfte är att utveckla ett program som på ett pedagogiskt sätt visualiseras tidberoende sättningar i två dimensioner. Visualiseringssverktyget avses användas i undervisningssammanhang inom grundläggningsteknik.

Vidare syftar arbetet till att utveckla befintliga rutiner i CALFEM för Python samt föreslå nya rutiner anpassade för den här typen av beräkningsverktyg.

## Delmål:

- Utveckla ett verktyg för beräkning och visualisering av sättningar. Verktyget skall inkludera ett lättanvänt grafiskt gränssnitt, med syftet att underlätta för studenter att förstå fenomenet.
- Undersöka/utvärdera hur CALFEM för Python fungerar som underliggande plattform för utveckling av denna typ av programvara.
- Föreslå tillägg till CALFEM för Python för att anpassa det för denna typ av utveckling.
- Utveckla visualiseringrutinerna i CALFEM för Python för att hantera denna typ av applikationer.

## METOD

Arbetet inleds med en litteraturstudie där bakomliggande teori inom grundläggningsteknik studeras. Därefter utvecklas ett beräkningsverktyg för en tidsberoende beräkning av jordens spänningsfördelning och porvattentryck. Programmet utvecklas i programmeringsspråket Python med hjälp av rutiner från CALFEM för Python. Utifrån det här resultatet bestäms effektivspänning samt resulterande töjningar. Ett lättanvänt grafiskt gränssnitt utvecklas i gränssnittsbiblioteket Qt. En utveckling av existerande visualiseringrutiner samt förslag på nya tillägg i CALFEM för Python föreslås.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



RICKARD TORNDALH and  
TOBIAS SVENSSON

## PRESNTATION

JUNE 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5224

## SUPERVISOR

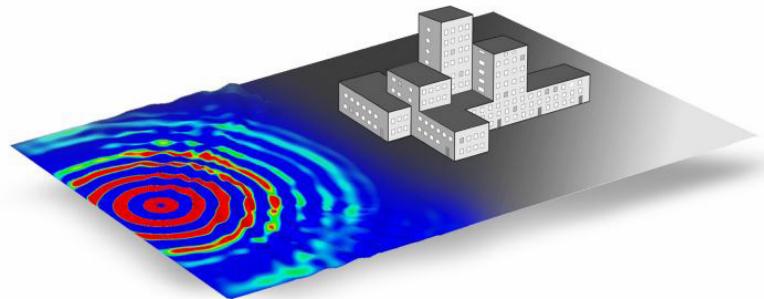
PETER PERSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# EFFECT OF STRUCTURAL DESIGN ON TRAFFIC-INDUCED BUILDING VIBRATIONS



## BACKGROUND

Population growth and urbanisation results in densified cities, where new buildings are being built closer to existing vibration sources such as road-, tram- and rail traffic. In addition, construction of new transportation systems closer to existing building is conducted. Potential disturbing vibrations are one issue to consider in planning urban environment and densification of cities. The Building industry is in need of better knowledge and tools for predicting building vibrations both for early planning stage and detailed design phases.

Vibrations can be disturbing for humans but also for sensitive equipment in hospitals, for example. In determining the risk for disturbing vibrations to occur, the distance between the source and the receiver, the ground properties and, type and size of the building are governing factors.

## OBJECTIVE AND METHOD

This study intends to analyse which factors that govern the dispersion of vibrations. One of these factors could be coinciding frequency between the load and the structures resonant frequency.

What type of structural system and foundation in the building should be

chosen for avoiding disturbing vibrations, will be investigated. The choices may involve: the type of construction material (if it would be a light or heavy structure); the slab spans being allowed; or the size of the footprint of the building as well as the layout and types of foundations (slap, strip footings, piles).

The study aiming at investigating the influence of various parameters of structural design of a building on its obtained vibration levels caused by external loads from traffic. The study also seeks to find indicators, for which structural design solution is suitable for a certain vibration situation.

The Finite Element Method will be used for discretising the building structure, its foundation and the surrounding soil. A layered ground model will be employed.

Many degrees of freedom is expected when soil is implemented in the FE-model. This means that the model needs to be reduced to save computational time. Some dynamic model reduction technique together with Frequency Response Functions, FRF, will be used in that aspect.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



AXEL KJELLMAN

## PRESENTATION

JUNE 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5223

## SUPERVISORS

Professor KENT PERSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

PETER PERSSON PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

JESPER AHLQUIST MSc in Eng  
Sweco AB

## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH SWECO AB

# BYGGNADERS ROBUSTHET FE metodik för undersökning av alternativa lastvägar

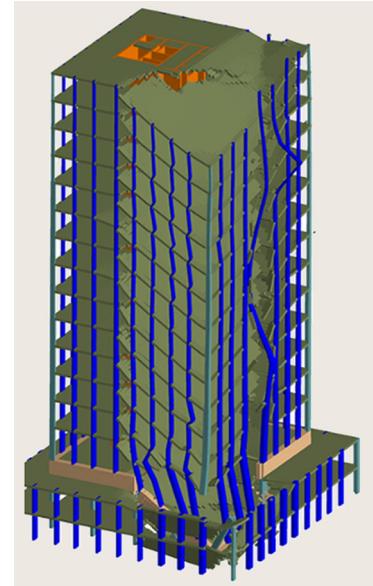
## BAKGRUND OCH MOTIV

Det finns krav på att vissa byggnader ska vara robusta och kunna motstå fortskridande ras. Byggnader delas in i olika konsekvensklasser och beroende på vilken konsekvensklass den tillhör ställs det krav på hur robusthet ska uppnås.

Tre metoder kan användas i Sverige idag. Detta examensarbete kommer att fokussera på en av metoderna, kallad fiktiv borttagning, vilket är en direkt metod. Metoden innebär kortfattat att det ska gå att visa att byggnaden är stabil även efter borttagande av en väsentlig bärverksdel, t ex en pelare. Metoden ger en betydligt bättre helhetsbild av strukturens beteende vid utslagning av ett element än den annars vanligt förekommande indirekta metoden.

Ett tidigare examensarbete från LTH, "Krav på robusthet i prefabricerade betongkonstruktioner", beskriver att metoden fiktiv borttagning är komplicerad, att Eurokod inte anger något tillvägagångssätt för metoden och det inte framgår hur överbryggning ska ske om en lokal skada inträffar.

I USA finns idag en liknande uppdelning av byggnader i konsekvensklasser och fortskridande ras förhindras med metoder likt de som används i Sverige. En skillnad är att i högre konsekvensklasser kan inte den indirekta metoden användas utan det måste gå att visa att byggnaden kan omfördela laster om ett bärande element slås ut. Detaljerade anvisningar om hur detta ska genomföras med FEM-modeller finns, tre olika metoder kan användas, linjär statisk, linjär dynamisk och olinjär dynamisk.



Bildkälla: <http://www.extremeloading.com/>

## ANGREPSSÄTT OCH METODER

En litteraturstudie genomförs för att öka kunskapen om hur fortskridande ras hanteras med fokus på metoden fiktiv borttagning.

En förenklad FEM-modell av samma byggnad som undersöks i examensarbetet "Krav på robusthet i prefabricerade betongkonstruktioner" tas fram och dess förmåga att omfördela laster undersöks. Resultaten kan sedan jämföras med de som presenterades i det tidigare genomföra examensarbetet.

Metoderna som används i USA undersöks genom att statiska linjära, statiska olinjära och dynamiska olinjära analyser genomförs och resultaten mellan dem jämförs. Slutligen görs en bedömning om det är lämpligt att använda FEM-analyser vid fiktiv borttagning och hur de i så fall bör genomföras.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



FREDRIK PETTERSSON and  
FREDRIK HJALMARSSON

## PRESERVATION

JUNE 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5222

## SUPERVISORS

**SUSANNE HEYDEN** Senior Lecturer  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

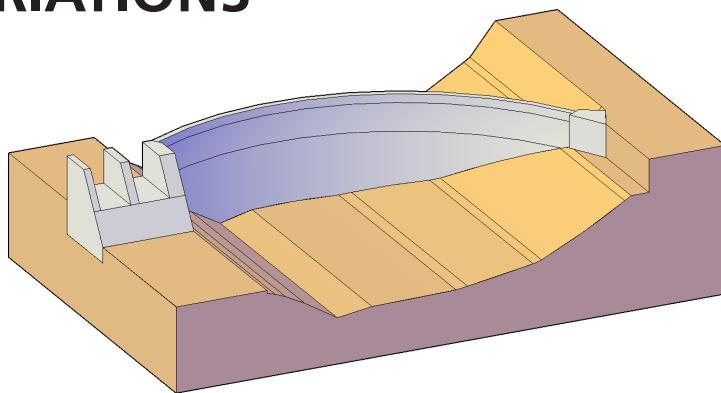
**TOMAS EKSTRÖM** PhD  
*ÅF Division International*

## EXAMINER

**Professor OLA DAHLBLOM**  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT  
AND IN COOPERATION WITH**  
**ÅF DIVISION INTERNATIONAL,  
MALMÖ**

# FE ANALYSIS OF CRACKING OF A CONCRETE ARCH DAM DUE TO SEASONAL TEMPERATURE VARIATIONS



## BACKGROUND

Dams in Northern countries are exposed to large temperature variations between summer and winter. In the north of Sweden many dams are subjected to variations of about 60-70 °C. These variations in temperature often result in cracking of the concrete. This causes challenges in the design of new dams and the maintenance of existing dams. This master thesis is a part of an initiative from the ICOLD-committee "Computational Aspects of Dam Analysis and Design" with the aim to find a suitable FE-methodology to better analyze these kinds of phenomena. The result will be presented on the "14th International Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams" in Stockholm, September 2017.

## OBJECTIVE AND METHOD

The objective is to analyze the risk for, and the extent of, cracking in a concrete arch dam subjected to seasonal temperature variations. The aim is to estimate the extent of cracking and how it affects the displacement of the dam.

A thermal analysis will be performed to determine the temperature distribution within the dam body caused by the ambient air temperature and the temperature of the water. The results will be used to make a mechanical analysis of the stress and strains levels in the concrete caused by the temperature difference. A linear elastic analysis will provide information about which areas of the dam where there is risk of cracking and the displacement of the dam. A non-linear analysis will take into consideration the non-linear material properties of concrete. This will also show crack patterns on the dam body.

By evaluating different assumptions and approaches for both linear analysis and non-linear analysis conclusions can be drawn regarding how these influence the extent of cracking and the response of the dam.

---

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JOHN MAC

## PRESNTATION

SPRING 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5221

## SUPERVISORS

Professor OLA DAHLBLOM  
Div. of Structural Mechanics, LTH

JONAS LINDEMANN PhD  
Div. of Structural Mechanics / LUNARC

Professor LARS WADSÖ  
Div. of Building Materials, LTH

## EXAMINER

SUSANNE HEYDEN Senior Lecturer  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH DIV. OF BUILDING MATERIALS, LTH

# TEMPERATURUTVECKLING I HÄRDANDE BETONGKONSTRUKTIONER

## BAKGRUND OCH MOTIV FÖR EXAMENSARBETET

Vid gjutning av grövre betongkonstruktioner är temperaturberäkningar väsentliga för olika bedöningar av en konstruktion, bland annat för att bedöma om det finns risk för sprickbildning. Med hjälp av datorprogrammet HACON kan värmeutvecklingen i betongkonstruktioner beräknas med finita elementmetoden och på så sätt kan man undersöka hur temperaturen utvecklas i en konstruktion. I HACON är beräkningarna för cementhydratationen baserade på mätningar med halvadiabatisk kalorimetri och standardekvationer från betonghandboken, men genom att istället direkt utnyttja mätdata från isoterm kalorimetri är det eventuellt möjligt att få mer tillförlitliga resultat med HACON. Detta beror på att man använder sig av verlig värmeutveckling istället för en kurvanpassad värmeutveckling utifrån standardekvationer.

I ett tidigare examensarbete vid Byggnadsmaterial LTH av Philip Byberger har man undersökt om det är tillförlitligt att använda sig av isoterm kalorimetri för beräkning av värmeutvecklingen av en betongkonstruktion. I detta examensarbetet är det tänkt att bygga vidare på den idén genom att implementera värmeutvecklingen som mäts med isoterm kalorimetri i HACON.

## ANGREPPSSÄTT OCH METODER

För att förstå betongens härdningsprocess, där värmeutvecklingen sker, kommer en litteraturstudie av hydrationsfaserna att utföras. En litteraturstudie om hur mätmetoderna vid halv-adiabatisk mätning och för isoterm kalorimetri ska även utföras för att förstå hur mätdatan och beräkningarna kan implementeras i HACON. I slutet av projektet ska en större betongkonstruktion gjutas där samma cement ska användas för isoterm kalorimetri och utnyttja datan för beräkning av temperaturutvecklingen i HACON. Därefter jämförs den verkliga temperaturen med den beräknade. Detta görs för att kunna validera om det är tillförlitligt att utnyttja isoterm kalorimetri i HACON för att uppskatta hur en verlig temperaturutveckling kommer att ske.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



ALBIN INGMARSSON

## PRESENTATION

FEBRUARY 2017

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5220

## SUPERVISOR

PETER PERSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

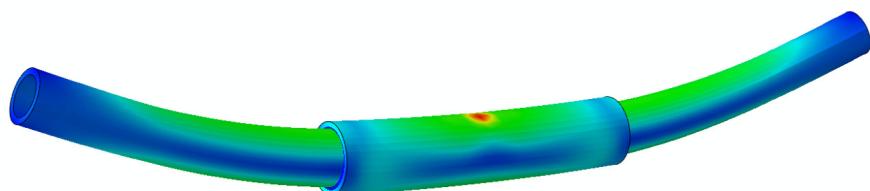
## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT  
STRUCTURAL MECHANICS, LTH**

**IN COOPERATION WITH  
WINFOOR AB**

# NUMERICAL ANALYSIS AND TESTING OF CONNECTION IN WIND TURBINE ROTOR BLADE



## BACKGROUND

To increase the share of energy from renewable sources the global interest in wind turbines has increased. However, to reduce the cost of wind turbines and increase their produced power there is a need for making their blades larger and lighter. The company Winfooor AB develops a new design of wind turbine rotor blades called Triblade together with Lund University. A Triblade is built up by simple small blade parts and struts to form a three dimensional truss structure in fibre composite materials. The new technology alludes to drastically reduce the weight of the blade. The design of the blade allows the blade to be manufactured in a number of smaller components, that can be connected on site. Transportation, which can be crucial for very long blades, is hence simplified. Compared to traditional blades a Triblade can provide an increased blade length while the cost can be lowered.

## PURPOSE AND METHODS

The purpose of the project is to investigate a connection element in the blade and design it to transfer the arising forces in an efficient manner. A first design of the connection element will be made based on a numerical analysis by use of the finite element method. Subsequently, the suggested design will be constructed and subjected to an experimental test in a laboratory. Based on the results from the numerical analysis and the experimental testing, changes in the design of the connection element can be suggested. The goal is to determine a design of the connection element that is lightweight with sufficient strength.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



HENRIK MALM

## PRESENTATION

OCTOBER, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5219

## SUPERVISORS

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

MAHIR ÜLKER-KAUSTELL *PhD*  
*KTH, Tyréns AB*

JOHAN ÖSTLUND *PhD Student*  
*KTH, Tyréns AB*

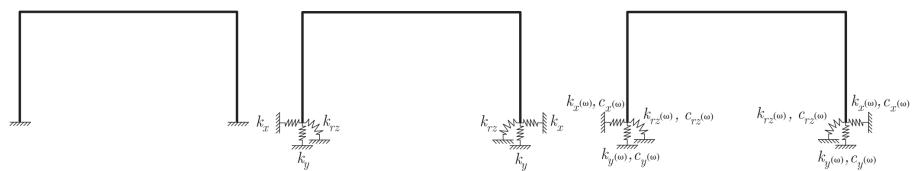
## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH TYRÉNS AB

# SOIL-STRUCTURE INTERACTION OF PORTAL FRAME BRIDGES FOR HIGH-SPEED RAILWAYS



## BACKGROUND

In Sweden, high-speed railways is a subject for public debate. The first stage of the high-speed train network, Ostlänken between Stockholm and Linköping, is under investigation, and is planned to be trafficked in 2028. The high-speed railway is intended to hold traffic with speeds up to 320 km/h. At such speeds, the design requirements of the accelerations of the bridge superstructure become more stringent. Previous studies show that the interaction between the bridge and the backfill soil can reduce these accelerations.

Dynamic analyses of portal frame bridges are at the consultant offices performed with finite element software using shell and beam theory. A way to model the effects of the surrounding soil is to apply static springs and dashpots to the foundation. Apart from being a complex matter to determine the correct parameters of these springs and dashpots, they do not take into account the moving masses of the backfill. A way of taking the dynamic nature of the soil into account is to calculate impedance functions, and then apply them to the bridge model as boundary conditions through so-called connector elements.

## OBJECTIVE AND METHOD

Impedance functions will be studied. Impedance is a complex valued measure of how much a structure resist motion when subjected to a harmonic force. The resistance of motion of a soil-structure interface can be represented by impedance functions consisting of dynamic springs (real part) and dashpot coefficients (imaginary part). The impedances are in this thesis calculated in the frequency domain through steady state analyses on 3D solid bridge-embankment models. Unity loads and moments are applied to a reference node for a certain frequency range. In the same point, the displacements (receptance) are measured and then inverted, giving the impedance. A parameter study will be performed, determining what parameters influence the response of the soil-structure model the most.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



JONATAN PETTERSSON

## PRESENTATION

JUNE, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5217

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

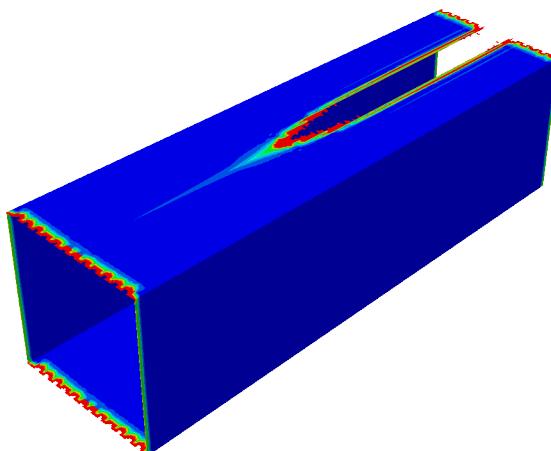
## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH WINFOOR AB

# ANALYSIS AND DESIGN OF AN ADHESIVE JOINT IN WIND TURBINE BLADES



The demand for renewable energy is constantly increasing and in order to compete with other sources of energy the wind energy output has to increase. The power output from wind turbines are highly dependent on the swept radius of rotor blades. Increasing the length of the rotor blades will increase the weight of the blades, resulting in higher demands of the structural performance, but also introducing transportation issues. This has introduced the need for a lightweight blade structure which can be constructed in modules and then assembled at the site of construction. Such modular design requires high attention to the details of connections to make the structural performance desirable during its life time.

A proposed design for such a connection was studied with regard to stress concentrations when subjected to normal tensile stresses. The design was also optimized to utilize the material better by varying certain parameters to

distribute the general stress level more evenly over the entire structure and avoiding local stress concentrations at the connection.

The optimum design was further investigated by considering failure in the adhesive material. Two different types of epoxy adhesives, one brittle and one ductile, were compared in terms of load capacity. A parametric study was also conducted to investigate in detail how different failure properties of the adhesive material will affect this load capacity.

It was shown that the investigated adhesive joint should be designed such that abrupt stiffness changes in the connection are minimized and transitions are made smoothly. It was also determined that a more ductile adhesive with a somewhat lower failure strength will yield a stronger joint than a more brittle adhesive with higher stiffness and strength.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



CARL LÖFQUIST

## PRESENTATION

AUTUMN 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5216

## SUPERVISOR

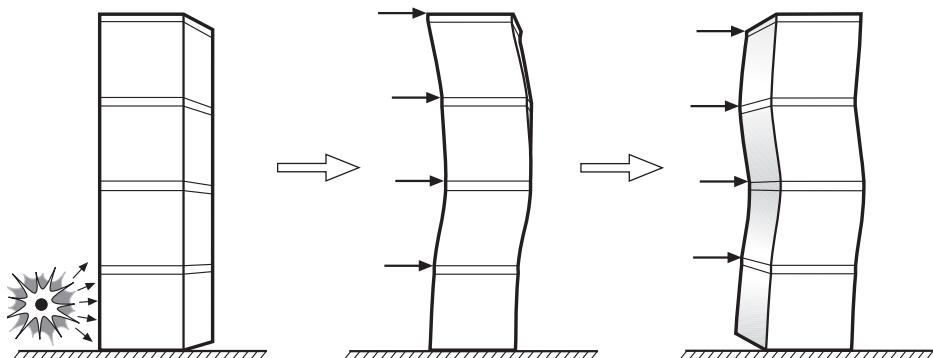
Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# ANALYSIS METHOD FOR STRUCTURES DUE TO EXPLOSION LOAD



## DESCRIPTION

At the Div. of Structural Mechanics, earlier studies on the deformation due to impact and explosion loads have been performed. The use of Ritz vectors, which represents physical deformations at a given load case, was proven successful when analyzing glass panes subjected to impact loads. The present study will examine the use of this method for analyzing building structures affected by explosion loads. If successful, it will provide a fast and accurate method for use in the design of new buildings.

The purpose of this master thesis is to develop dynamic models that combines

sufficient accuracy with computational efficiency. The method will be based on using one or more static deflection modes for the structure that still fulfills the kinematic boundary conditions.

The planned approach and methodology is to first perform a literature study regarding the methods that are used in the Swedish construction industry when designing for explosion loads. The second stage will be to develop Finite element models of a reference building structures with full dynamic analysis which then is reduced using Ritz vectors based on one or more static deflection cases.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



BJÖRN WEDDIG

## PRESENTATION

JUNE, 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5215

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

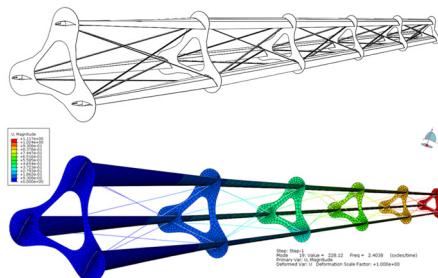
## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH WINFOOR

# STRUCTURAL ANALYSIS OF TRUSS CONSTRUCTION FOR WIND TURBINE BLADES



The usage of wind turbines during the latest years has grown substantially and are becoming an increasingly important source of renewable energy, as many countries are trying to reduce their reliance on fossil fuels. In order to increase the effect of the wind turbines the length of the blades has been increased, which has also led to an increase of the cross-section dimensions. This has led to making the weight of the blade a more dominating load. Therefore, it is of great interest to reduce the weight of wind turbine blades to continue constructing longer blades. To accomplish this Winfooor are developing a wind turbine blade that combines traditional horizontal-axis wind turbine (HAWT), with a truss system containing truss bars and a plate connected to the blades. Winfooor has the ambition to evolve the wind blade industry by modify the shape of a HAWT blade into a Triblade. The results and conclusions form this thesis are one of many things that has to be taken into account when the final design is developed.

As the truss bars are long and slender, the bars that are being compressed are more likely to buckle. The structural re-

sponse of a dynamic load applied to the structure was also studied in this thesis.

Identification and evaluation of the variables, such as Young's module, influence on the load capacity was computed with non-linear numerical analysis. In order to find a design proposal containing both section dimensions and material properties was two parameter studies completed. In structural design, the load capacity was often evaluated using finite element method (FEM). This thesis includes non-linear FE analysis, which considers large deformations.

The blades structural dynamic response was evaluated using both modal, and frequency response analysis. Additionally are the response of an impulse studied using full transient analysis.

The main conclusion from this thesis where that buckling truss bars are problematic when an impulse was added to the structure. The impulse created from the tower passage was big enough to change the buckling mode of the truss bar. This generates a great variation in stresses for these truss bars, which cause it to that fatigue, damage, and this may decrease its life span.

An additionally conclusion was that the eigenfrequency for each truss bar should not overlap with the eigenfrequency for the global bending mode of the Triblade.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



FRIDA HÅKANSSON *Building Physics*  
MARIA STAFSTEDT *Structural Mechanics*

## PRESERVATION

JUNE, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5214

## SUPERVISORS

SUSANNE HEYDEN *Docent*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

LINDA EGIN  
*HSB Malmö*

MARTIN WELBERT  
*Tyréns AB*

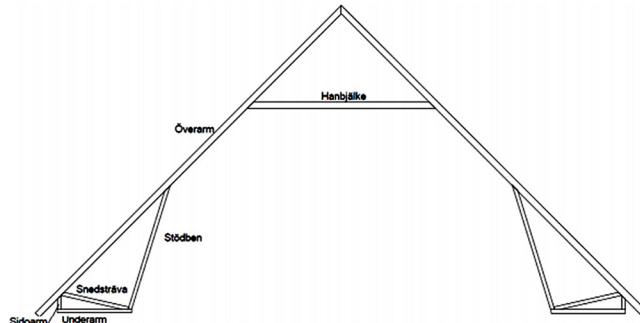
## EXAMINER

Professor OLA DAHLBLOM  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
STRUCTURAL MECHANICS, LTH,  
HSB Malmö AND TYRÉNS AB

IN COOPERATION WITH  
BUILDING PHYSICS, LTH,  
HSB Malmö AND TYRÉNS AB

# VINDSOMBYGGNADER I TEGETHUS FRÅN BÖRJAN AV 1900-TALET - MED FOKUS PÅ ENERGI, FUKT OCH BÄRIGHET



## INTRODUKTION

Projektet utgörs av två examensarbeten, ett i Byggnadsmekanik och ett i Byggnadsfysik.

I Sverige är det just nu stor brist på bostäder och till stor del små bostäder. Förutom att bygga nya bostäder kan den aktuella bostadsbristen minskas genom bättre utnyttjande av befintlig bebyggelse, till exempel vindslägenheter eller påbyggnad. En lagändring gällande tillgänglighet vid vindsombyggnad har i juli 2014 röstats igenom. Den innebär att hiss inte behöver finnas vid ombyggnad av vind till lägenheter mindre än 35 m<sup>2</sup>.

Hus från 1920-talet är ofta utformade med höga taklutningar och svenska takstolar vilket betyder stora utrymmen på vinden. Det finns idag 90 000 lägenheter i flerbostadshus från 1920-talet och 200 000 bostäder totalt från denna tid vilket betyder att det finns ett stort bestånd som liknande typ av vindsombyggnad kan appliceras på.

Att bygga bostäder på vinden påverkar hela byggnaden då nya lastförhållanden uppkommer. Att utnyttja befintliga

takstolar kräver att man känner till hur takstolarna kan bära last. I det ingår hur förbanden fungerar och hur hög hållfasthet de ingående elementen har. För äldre byggnader där beräkningar på de bärande elementen saknas tillämpas andra metoder.

## SYFTE OCH METOD

Syftet med examensarbetet är att utvärdera två olika sätt att genomföra en vindsombyggnad till lägenheter mindre än 35 m<sup>2</sup> i ett äldre flerbostadshus från 1920-talet. Alternativen kommer att jämföras utifrån vindsutrymmen prestanda när det gäller energi, fukt och bärighet. Rapporten avses kunna utgöra ett stöd för fastighetsägare som planerar ombyggnad av vindsutrymmen.

Först kommer en litteraturstudie att genomföras för att undersöka tidigare forskning på området. Besiktningar av referensprojekt utförs för att sedan kunna modellera takkonstruktionen. Den nya takkonstruktionen kommer att modelleras och optimeras för att sedan utifrån en utvärderingsmall jämföras med den äldre konstruktionen.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



WILHELM JAKOBSSON och  
ERIK HALLEBRAND

## PRESENTATION

JUNE, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5213

## SUPERVISORS

PETER PERSSON *Lic Eng*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

JESPER AHLQUIST *MSc*  
*Sweco*

## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT  
STRUCTURAL MECHANICS, LTH  
AND SWECO AB, Malmö**

**IN COOPERATION WITH  
SWECO**

# STRATEGY FOR STRUCTURAL DESIGN OF HIGH-RISE BUILDINGS



Göteborg City Gate (CTBUH, 2016)

## BACKGROUND

For high-rise structures problems can occur from horizontal wind loads in terms of sway that can lead to, for example, discomfort for people in the buildings. To evaluate this in the early stages too detailed models are often used that may lead to inaccurate and unreliable results. In addition, the section forces and stresses in these advanced models can be difficult to interpret. This is due to the fact that the building is statically undetermined and the force distribution may vary a lot depending on how the model is idealised and composed. A method for evaluation in the idealisation step between the physical and the mathematical model is needed.

These kind of problems are mainly found when designing precast concrete buildings. This is due to the complexity of modelling the realistic behaviour of the precast concrete elements. Hollow-core slabs, for example, cannot handle negative moments and it is difficult to determine interaction forces between the elements.

## PURPOSE

The purpose of the thesis is to develop a strategy to be used in the early stages of designing high-rise structures. The strategy will focus on generating a trustworthy idealised finite element model both in terms of geometry and in the choice of finite elements. The model should represent the physical behaviour of the structure and handle both static and dynamic loads. In order to achieve this a literature study and comparison between calculations by hand and finite element simulations will be performed on the high-rise structure 'Göteborg City Gate' to be built in Gothenburg.

## REFERENCES

CTBUH. (2016, February 18). Göteborg City Gate Tower 1. Retrieved from The Skyscraper Center: <http://skyscrapercenter.com/building/goteborg-city-gate-tower-1/19457>



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



NILS PERSSON

## PRESENTATION

JUNE, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5212

## SUPERVISORS

PETER PERSSON *Lic Eng*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

PER JØRSTAD *MSc*  
*Sweco*

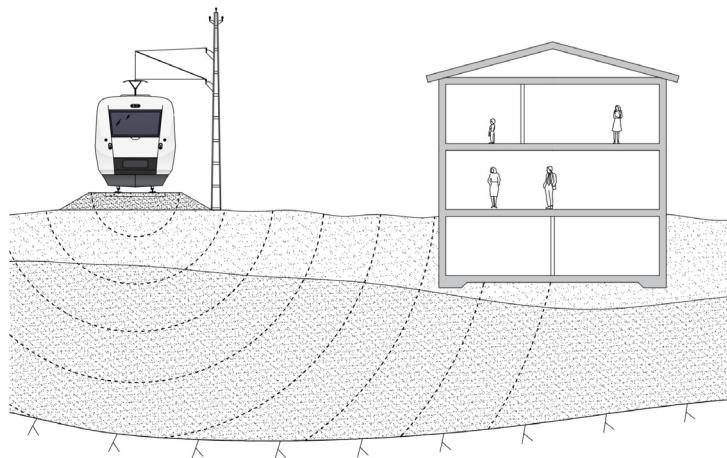
## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
STRUCTURAL MECHANICS, LTH

IN COOPERATION WITH  
SWECO

# STRATEGY FOR PREDICTING RAILWAY-INDUCED VIBRATIONS IN BUILDINGS



## BACKGROUND

Urban densification is a way of accommodating population growth. Land adjacent to railways can potentially be used for constructing residences and other buildings. There are plans of revamping existing railways as well as opening tramway systems. Under these circumstances, nearby buildings will be exposed to vibrations. If not analysed correctly, noise and vibrations may become a nuisance for the residents.

When planning new buildings near railway traffic or making changes to existing railways, the vibration levels need to be evaluated. It is necessary, even at an early stage of planning, to assess the extent of the vibrations and state requirements for the building in order to avoid having to make costly changes at latter stages.

## OBJECTIVE AND METHOD

Ground vibrations induced by railway traffic will be studied. The aim of the thesis is to develop a strategy for analysing vibrations in nearby buildings. The developed method will be general, and could be used in early stages of planning. It can include necessary controls to perform, recommendations of calculation methods to use and other recommendations based on field measurements or literature. Requirements for the buildings in terms of foundation and structural design may also be addressed.

Field measurements of vibrations in the ground and/or in buildings near railways will be carried out. Numerical calculations using the finite element method will be performed. Conclusions from measurements, literature, and numerical simulations will be used to establish the strategy for predicting the railway-induced vibrations.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



FREDRIK STEFFEN

## PRESENTATION

SPRING, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5211

## SUPERVISORS

PETER PERSSON *Lic Eng*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

Professor PER-ERIK AUSTRELL  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# WIND-INDUCED VIBRATION IN TALL BUILDINGS

## INTRODUCTION

The development of lightweight material and advanced construction methods combined with urbanization and the need to accommodate more citizens in a smaller area in recent years have resulted in the emergence of taller buildings. Due to their inherently low mass, damping and slenderness decreasing their stiffness, these buildings are susceptible to wind-induced vibrations which can effect occupants negatively. Already barely perceivable acceleration levels can cause nausea and discomfort while high acceleration levels can cause alarm and fear amongst the occupants.

## PURPOSE

The purpose of the thesis is to evaluate acceptable acceleration levels in tall buildings. Current building codes will be examined to gain insight in the process of estimating acceleration levels. Accelerations of a tall building subjected to wind-load will be evaluated using Ritz-vectors. Different methods to introduce damping in tall structures will be examined and possibly evaluated as well. The thesis will focus on wind-load dynamics in the early stages of the design process, to give an indication of the dynamic properties of a tall building.



The 828-metre (2,717 ft) tall Burj Khalifa in Dubai has been the tallest building in the world since 2008. Source: Wikipedia



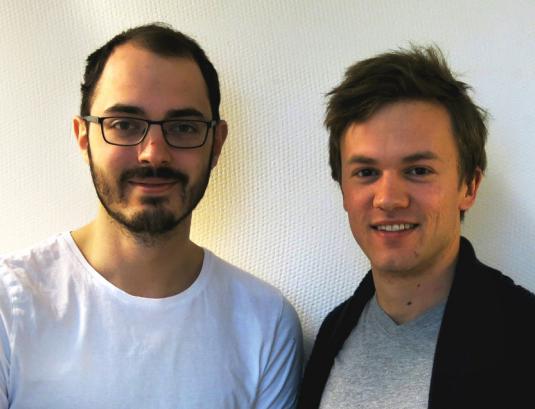
## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



STEFAN SVENSSON och  
VIKTOR CASTLEN RIST

## PRESNTATION

JUNE, 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5210

## SUPERVISORS

HENRIK DANIELSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

CARL JONSSON  
*Skanska Teknik AB*

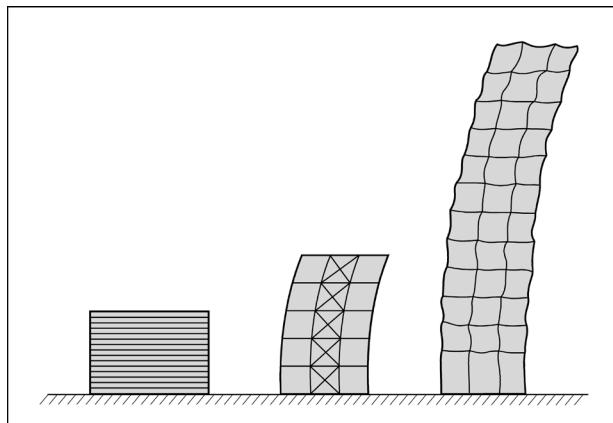
## EXAMINER

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
SKANSKA TEKNIK AB, MÄLMO

IN COOPERATION WITH  
SKANSKA TEKNIK AB

# ARBETSMETODIK VID PRELIMINÄR DIMENSIONERING AV HÖGA HUS



## BAKGRUND

Tidigare har byggandet av höga hus inte varit vanligt i Sverige vilket bland annat berott på ekonomiska incitament, brandsäkerhet och arkitektoniska normer. På senare år har förändringar i samhället skett vilket lett till att byggandet av höga hus blivit allt mer intressant. Vid konstruktionen av höga hus uppkommer dock svårigheter som inte finns vid konstruktionen av lägre hus, detta kan bland annat vara svaj från dynamiska vindlaster, stora utrymmeskrav för hisschaket och jordbävningsdimensionering.

## SYFTE OCH METOD

Examensarbetet ska ge kunskaper som ska vara till hjälp vid den preliminära dimensioneringen av höga hus. Denna kunskap ska bland annat täcka vilka beräkningskontroller som ska göras och vilka allmänna krav som ställs på höga hus. Vidare kommer det även undersökas vad som krävs för att utföra vindtunnelförsök och vad man kan få ut av dem. Målet är att begränsa metoderna till handberäkningar eller lätt FEM-modeller. En litteraturstudie och en fallstudie kommer att utföras.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



MATTIAS LILJA

## PRESENTATION

Spring 2016

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5209

## SUPERVISORS

DANIEL ÅKESSON *MSc*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

JONAS LINDEMANN *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH & LUNARC*

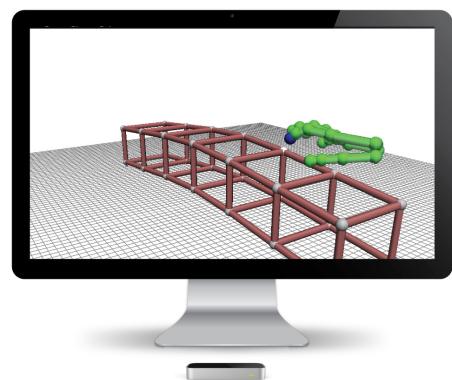
## THE WORK IS PERFORMED AT DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

# AUGMENTED REALITY FOR STRUCTURAL CONCEPTUAL DESIGN

The earliest phase of the design process is referred to as the conceptual design phase; the decisions made in this phase have the highest impact of the decisions made throughout the design process, simultaneously the importance of the conceptual design phase is often overlooked and structural aspects are often only considered in a late design stage [1]. A contributing factor to this is that very few computational tools are available for conceptual design. The challenge with developing such computational tools is the fuzzy nature of the problem, knowledge and constraints are imprecise and incomplete. Conventional advanced structural analysis software requires precise knowledge of the problem and insufficiently agile to follow a designer's iterative workflow, and premature use of such software can negatively affect the quality of the conceptual design [2].

Which design tool is used to generate and represent ideas also affect the quality and quantity of early prototypes, where quantity is measured as the number of prototypes that are generated. In [3] it was shown that physical prototypes generated a higher quantity of prototypes which also were perceived as more novel compared to using CAD or sketches. The prototypes that were perceived as more novel also tended to fare poorly on all other measurable qualities.

The present work aim to create an augmented reality where the designer can create and interact with a digital prototype. Using a digital prototype enables real-time feedback of structural perfor-



mance - and also real-time guidance, where other well performing design alternatives can be presented. A further possibility with augmented reality is that the prototype, in this case the structure, can be visualised in the intended context.

The game engine Unity3D will be used for this project, with the implementation in C#. Unity has full support for the 3D input controller "Leap Motion" and the virtual reality glasses "Oculus Rift". The project seeks to further develop previous work [4] that has been carried out in the department.

[1] M. Schlaich, "Challenges in Education–Conceptual and Structural Design," 2006, 31st ed., vol. 92, pp. 20–26.

[2] M. Fröderberg and R. Crocetti, "Engineers in need of an improved conceptual design toolbox," 2014, 37th ed., vol. 102, pp. 515–521.

[3] A. Häggman, G. Tsai, C. Elsen, T. Honda, and M. C. Yang, "Connections Between the Design Tool, Design Attributes, and User Preferences in Early Stage Design," J. Mech. Des., vol. 137, no. 7, p. 71408, 2015.

[4] D. Åkesson and J. Lindemann, "Using 3D gesture controls for interacting with mechanical models," in World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI).



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT ENGINEERING ACOUSTICS & STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



DAVID HANSSON and  
PATRIK GÖRANSSON

## PRESENTATION

November 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVBA-5047 and TVSM-5208

## SUPERVISORS

**DELPHINE BARD** Associate Professor  
*Div. of Engineering Acoustics, LTH*

**Professor KENT PERSSON**  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**ANN-CHARLOTTE THYSELL** *PhD*  
*Tyréns AB*

**KENTH LINDELL**  
*Tyréns AB*

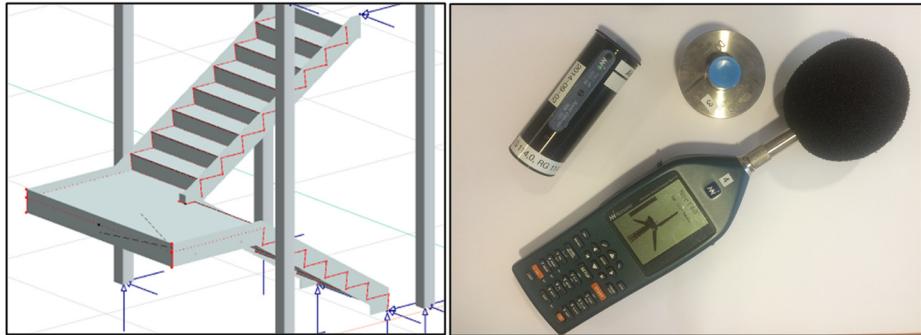
## EXAMINER

**Professor ERIK SERRANO**  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT TYRÈNS AB

## IN COOPERATION WITH TYRÈNS AB

# DYNAMIC ANALYSIS OF VIBRATIONS IN STEEL STAIRCASES INDUCED BY WALKING



## BACKGROUND

Designing a steel staircase often requires more than just checking the load bearing capacity. The dynamic effects must be considered as they can create discomfort for the user and the surrounding environment. How the vibrations spread in the structure depends on the staircases' components and connections. This could create problems in the interface between the structural engineers and the acoustical engineers work. This is something we would like to further investigate in an interdisciplinary master thesis, considering acoustical engineering and structural dynamics.

## THE STRUCTURAL ENGINEER

The structural engineer is to build a FE-model for the studied staircases. The model will be altered so that it matches the response of the real staircases with consideration to acceleration, vibration modes and natural frequencies. When this is achieved the staircase model will be altered in some way to investigate the effects. FE-programs such as ABAQUS and FEM-design will be used.

## OBJECTIVE

The objective of the master thesis is to investigate how steel staircases can be designed to create a situation that is acceptable for the user considering structural and acoustical engineering. The influence of connections and structural components will be considered in the analysis. For this to be achieved a case study will be done using staircases of special interest in the MAX IV-facility in Lund. The aim is to find possible improvements to the existing staircases that enhance the structural and acoustical behaviour of the staircases.

## THE ACOUSTICAL ENGINEER

Create a simulation of the acoustical environment. Perform vibration and airborne noise measurements. Analyse the results and compare to the operative standards. Propose alterations of the structure to fulfil the requirements or enhance the acoustical behaviour of the staircase. Program used for acoustical simulations will be CATT.

## DIVISIONS OF ENGINEERING ACOUSTICS and STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.akustik.lth.se](http://www.akustik.lth.se) / [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING LTH | LUND UNIVERSITY



MILE BEZBRADICA

## PRESENTATION

JUNE 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5207

## SUPERVISOR

Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

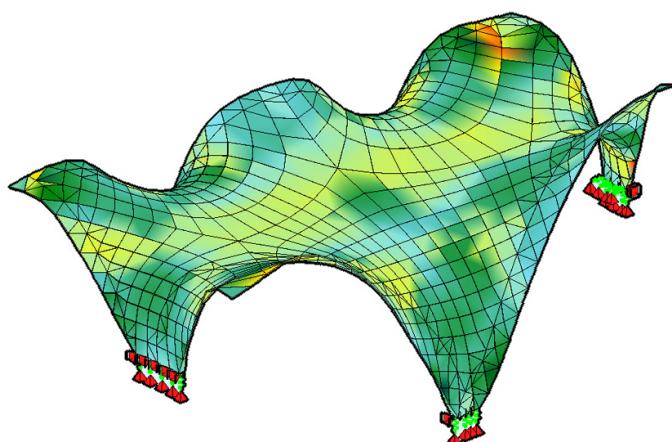
Professor PER JOHAN GUSTAFSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

**THE WORK IS PERFORMED AT  
THE DIVISION OF  
STRUCTURAL MECHANICS,  
FACULTY OF ENGINEERING LTH,  
LUND UNIVERSITY**

**IN COOPERATION WITH  
BLOCK RESEARCH GROUP,  
ETH ZURICH**



# ANALYSIS OF FERROCEMENT AND TEXTILE REINFORCED CONCRETE FOR SHELL STRUCTURES



Shell structures can be used to create smart, lightweight and rigid structures. Research in minimising the weight and thickness of the concrete shell structures is just on the doorstep of real technological evolution.

Reinforcement for thin concrete shell structures has a long history. Ferrocement, which is the most common reinforcement material for shells, has been a popular method of reinforcing for many decades. Nowadays, researchers are trying to find other ways of reinforcing, for instance with textile reinforced concrete (TRC), which is a woven fabric of carbon or glass fibres. There is a lot of interest in TRC, since it has a high tensile strength and is a very flexible material. In contrast to TRC, ferrocement has a high thermal conductivity, it might corrode and needs more cover. In these applications, a good knowledge of material properties is essential, which is needed to model the shell.

Three reinforcement materials for shell structures will be analysed: ferrocement, glass-fibre textile and carbon-fibre textile. The objective of this study is to compare ferrocement and TRC as a reinforcement material for thin concrete shells. By numerical modelling, it is possible to find a strategy to model the properties as an equivalent material based on the material properties of concrete, weave fibres and steel in TRC and ferrocement. This is done by verifying finite computational element (FE-modelling), with measurements on physical models.

This thesis work is a collaboration with Block Research Group at ETH Zurich (Swiss Federal Institute of Technology Zurich) and the Division of Structural Mechanics at the Faculty of Engineering LTH, Lund University.

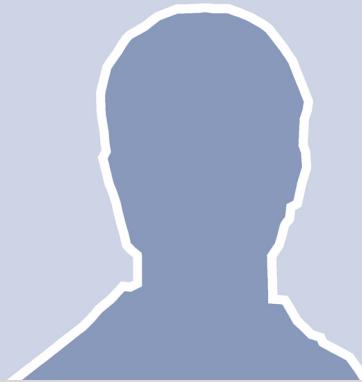
*The image above by kind permission of Block Research Group.*

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Faculty of Engineering LTH, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



DANIEL SVENSSON

## PRESENTATION

JUNE 11, 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5206

## SUPERVISOR

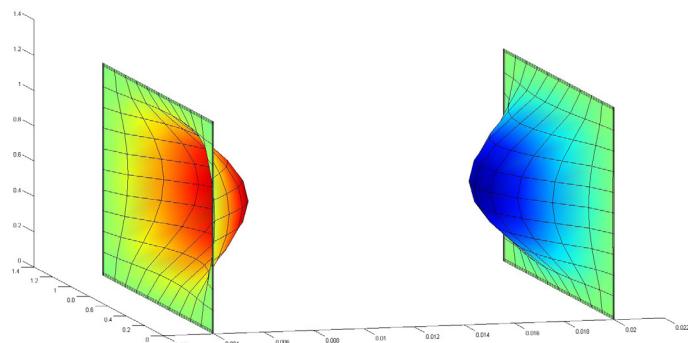
Professor KENT PERSSON  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

JONAS LINDEMANN *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH / LUNARC*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

# COMPUTATIONAL METHOD FOR BULGING IN INSULATING GLASS UNITS



An insulating glass unit (IGU) normally consists of two or three glass panes which are separated by a spacer. The spacer creates a cavity between the glass panes which is filled with a gas to increase the insulating capacity of the IGU. To keep the gas in the cavity and to stop vapor from getting in, the cavity has to be hermetically sealed. This makes the IGU sensitive to pressure change and volume change which may occur if the unit is subjected to temperature changes, changes in ambient pressure or lateral loads such as wind loads. Any of these load cases will inflict a change in the gas pressure that changes the cavity volume. When the gas pressure changes the glass panes will bulge and stresses will occur.

To study this problem a computational method was created with the finite element method. In the method, was a three dimensional model created to calculate the displacement and the stress in the glass that occurs when the unit is subjected to various loads. The computational method handles different

dimensions of the IGU but is restricted to rectangular shapes. The method uses the ideal gas law to find the solution by iterations.

FE-models were also created in Abaqus to evaluate the developed method for different dimensions and load cases. The Abaqus model used hydrostatic fluid elements to represent the gas in the cavity. The difference between the Abaqus model and the computational method was small and a difference of 8% was the largest when comparing displacements.

The computational method was also compared with the results from the master thesis made by Martin Andersson and Simon Nilsson, who made experimental tests and FE-analyses of insulating glass units subjected to temperature change. The developed method had a difference of 2-5 mm in comparison with the experimental results, which was similar to the difference between the experimental results and their FE-analysis.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



ADAM HALVORSEN STÅLMARCK

## PRESENTATION

JUNE 15, 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5205

## SUPERVISORS

PER-ERIK AUSTRELL *Assoc. Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

ARSWENDY ARSWENDY  
*Senior Structural Engineer, AET, Aker Solutions*

JAN CHRISTOFERSEN  
*Department Manager Structural, Aker Solutions*

## EXAMINER

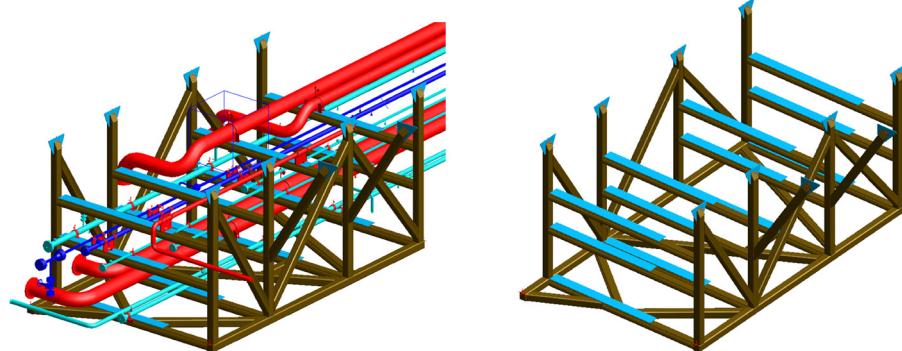
KENT PERSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT AKER SOLUTIONS

## IN COOPERATION WITH AKER SOLUTIONS



# INELASTIC CAPACITY OF STEEL FRAME SUBJECTED TO BLAST LOADING



## BACKGROUND

Steel structures on offshore gas and oil processing topsides/plants shall be designed for an accidental explosion event. The structures are normally checked for explosion by performing a linear static analysis where the drag pressure is applied as a static wind load multiplied by a shape factor and dynamic amplification factor. This linear-elastic approach implies that explosion loading is the governing design condition for a large portion of steel structures on a topside, thus driving the weight and cost.

## OBJECTIVE

The objective of the master thesis is to demonstrate that a typical steel structure has a significant spare capacity when utilizing its inelastic capacity and study how much plastic strain that can be allowed considering the hydrocarbon lines and its supports.

## METHOD

A pipe rack is studied in a full non-linear analysis, with a given blast load in one or more locations, in order to investigate the capacity of the pipe rack. The deflection and stress of the piping containing hydrocarbons is critical and will be given special attention.

The full analysis could be compared with simplified models, possibly using beams and plastic hinges in a step wise linear analysis or non-linear push-over analysis.

## OUTCOME

Verification and documentation of a design utilizing the pipe rack's inelastic capacity is the desired outcome. Potential savings in weight shall be demonstrated by evaluating and comparing the conventional linear elastic design to the inelastic design verified by the full non-linear analysis.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



JULIUS ÅKERBLOM and  
FREDRIK RADLERT

## PRESNTATION

Summer 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5204

## SUPERVISORS

PER-ERIK AUSTRELL *Assoc. Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

OLA BENGSSON  
*Centerlöf & Holmberg AB*

THOMAS KAMRAD  
*Centerlöf & Holmberg AB*

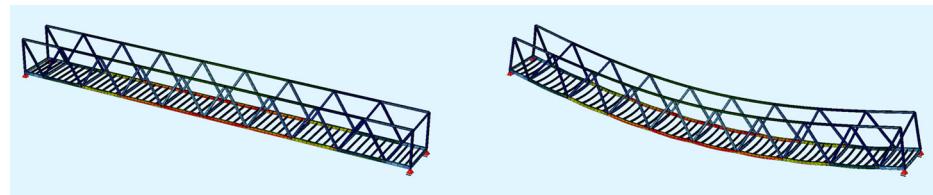
## EXAMINER

Prof. ROBERTO CROCETTI  
*Div. of Structural Engineering, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
CENTERLÖF & HOLMBERG AB,  
MALMÖ

IN COOPERATION WITH  
CENTERLÖF & HOLMBERG AB

# KOMFORT HOS GÅNG- OCH CYKELBROAR



## BAKGRUND

Beaktandet av komfort hos en gång- och cykelbro är av stor betydelse då dess ofta relativt slanka och lätt utformning ofta leder till oönskade vibrationer. Det råder emellertid en otydlighet i dagsläget för hur komfort bör beaktas vid dimensionering av dessa broar, med svavande och delvis helt uteblivna föreskrifter i gällande normer. Detta leder till osäkerhet hos beställarna, som i sin tur allt som oftast saknar erforderlig kunskap i området, vilket resulterar i allt för konservativa krav på konstruktionen med onödigt stora dimensioner och kostnader som följd.

## METOD

Sex givna fackverksbroar i stål ska analyseras. Analysen utförs numeriskt i finita elementspaketet Sofistik. Studien begränsar sig till vertikala böjmoder, där egenfrekvenser och accelerationer analyseras. Vidare utförs en verifikation av egenfrekvenserna analytiskt. För en fullgod dynamisk analys måste dämpningsparametrar för strukturen tas fram, varför mätningar på befintliga broar av samma typ kommer att utföras.

## SYFTE

Studien har som mål att bringa klarhet kring ämnet komfort i gång- och cykelbroar. I detta ingår bland annat att studera olika typer av lastimplementation från fotgängarna och dess inverkan på vibrationer, ta fram kostnadseffektiva lösningar för att säkerställa god komfort samt att jämföra olika rekommendationer från diverse publikationer vad gäller komfort och dess påverkan på slutprodukten.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



PHILIP WALLIN

## PRESNTATION

Juni 2015

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5203

## SUPERVISORS

Prof. ERIK SERRANO  
Div. of Structural Mechanics, LTH

HENRIK DANIELSSON PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH  
and Limträteknik AB

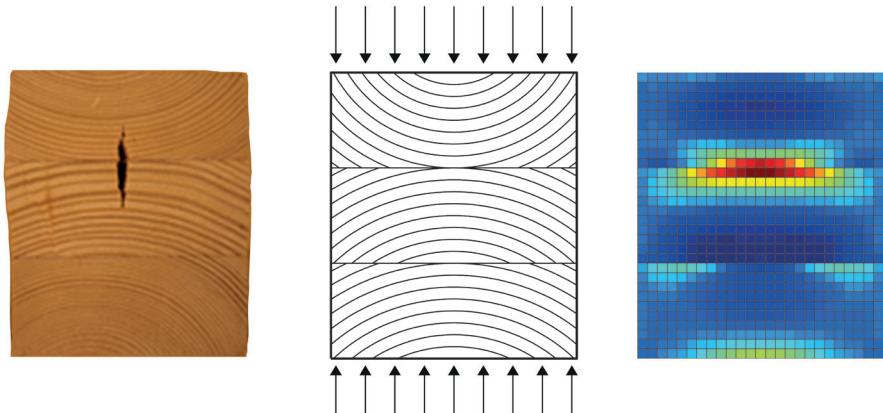
## EXAMINER

Prof. PER JOHAN GUSTAFSSON  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH



# TVÄRDAGBrott I TRÄ ORSAKAT AV TRYCKBELASTNING VINKELRÄTT TRÄETS FIBERRIKTNING



## BAKGRUND

Trä är ett av de vanligaste byggnadsmaterialen och är ett material med flera fördelar. Exempel på fördelar är liten miljöpåverkan och billig materialkostnad. Trä är ett ortotrop material vilket betyder att dess egenskaper är olika i olika riktningar. Dessa riktningar är parallellt med fiberriktningen, i radieell riktning (vinkelrätt mot årsringarna) och i tangentieell riktning (parallellt med årsringarna). På grund av ortotropin blir responsen av belastning olika beroende på i vilken riktning belastningen sker. För ett trätvärssnitt tryckbelastat vinkelrätt fiberriktningen kan sprickbildning uppstå i tvärsnittet beroende på årsringsmönstrets orientering. Kunskapserna om varför denna sprickbildning sker är i nuläget begränsade.

## SYFTE

Studien ska ge kunskaper om hur trä och limträ fungerar som konstruktionsmaterial. Huvudmålet i arbetet är att

skapa en beräkningsmodell för tryckbelastning vinkelrätt fiberriktningen av ett limträtvärssnitt. Modellen ska ge ökad förståelse för hur spännings- och töjningsbilden ser ut med hänsyn tagen till årsringsmönster i tvärsnittet. Med stöd av dessa finita elementmodeller ska sedan nuvarande dimensioneringsuttryck och standardiserade provningsmetoder analyseras och förslag på förbättringar ges.

## METOD

Trätvärssnitt bestående av tre eller fler lameller modelleras med finita element i Matlab. Resultat från beräkningar ska sedan jämföras med provningsresultat varvid modellernas riktighet bedöms. Utifrån modeller och provningar ska sedan analys av nuvarande dimensioneringsuttryck och standardiserade provningsmetoder utföras och förslag till förbättringar ges.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



TOBIAS KRISTENSSON

## PRESNTATION

Autumn 2014

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5202

## SUPERVISORS

PER-ERIK AUSTRELL *Assoc. Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

BJÖRN THUNELL  
*Scanscot Technology*

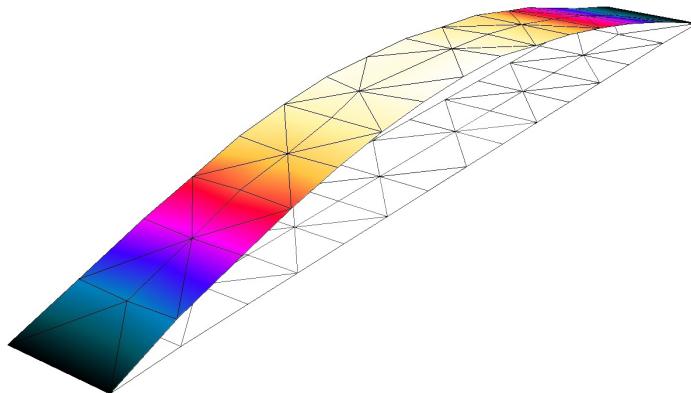
## EXAMINER

KENT PERSSON *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

THE WORK IS PERFORMED AT  
STRUCTURAL MECHANICS, LTH

IN COOPERATION WITH  
SCANSOT TECHNOLOGY

# MODAL TESTING AND STRUCTURAL IDENTIFICATION



## BACKGROUND

Bridges have been built around the world for at least 3000 years and have made it possible for man to travel over obstacles like valleys and rivers, which has contributed to the rapidly growing infrastructure we have today. Efforts made to save materials and reduce production costs have led to lighter and slender structures, which in turn can cause dynamic problems where the bridge is sensitive to vibrations. Vibrations from traffic, wind, wave and seismic loads may cause major problems for a lightweight design as the risk of fatigue of structural elements is very large. Therefore, it is important to always study the dynamic parameters: natural frequencies, mode shapes and damping ratios using both measurement techniques and computer models.

## AIM AND METHOD

The aim of this thesis is to study and compare different types of measurement methods used to identify structures dynamic parameters and compare them with numerical calculations. To facilitate the comparisons between the methods and avoid environmental interference, measurements will be carried out in a lab on a well-defined steel structure.

ABAQUS will be used to create a finite element model of the structure and the measurements will be carried out using hardware/software from Brüel & Kjær.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



KARL BONDESSON

## PRESNTATION

November 2014

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5201

## SUPERVISORS

ANDERS BLOM

AREVA NP Uddcomb AB

PER-ERIK AUSTRELL Assoc. Prof.  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## EXAMINER

KENT PERSSON PhD

*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH

AREVA NP UDDCOMB AB

# UTVECKLING AV METODIK FÖR STRUKTURDYNAMISK ANALYS AV KLENRÖR



Vid hållfasthetsutvärdering av rörsystem skiljer man på primära och sekundära laster. Anledningen till detta är att lasterna ger upphov till olika haverimoder; för primära laster är haverimoden plastisk kollaps medan för sekundära laster är haverimoden utmattning och progressiv deformation. Typiska sekundärlaster är termisk expansion och ankarpunktsförskjutningar medan typiska primärlaster är egenvikt och respons i systemet orsakat av dynamiska laster. För dynamiska laster görs två typer av analyser: tidshistorieanalyser där lasten appliceras som en tidsberoende funktion och responspektrumanalys där lasten appliceras i form av responspektra. När man analyserar rörsystem används ofta finita elementprogram med enaxliga element. Ofta inkluderas avstickande klenrör i samma modell som huvudröret. Detta är praktiskt då man på det sättet får med huvudrörets påverkan på klenrören utan vidare handpåläggning. Detta har dock ett antal brister. För det första är spänningar som uppkommer i klenröret p.g.a. utböjning i huvudröret p.g.a. egenvikt och dynamisk respons att betrakta som sekundära för klenröret. Vid automatiserad utvärdering kan analysverktygen inte särskilja dessa från primära spänningar

utan klenrören blir onödigt konservativt utvärderade. För det andra riskerar man att råka ut för ett fenomen kallat "tvingningssproblemetiken", som uppstår när det finns två närmast identiska moder, dock med en liten masskillnad. Vid modal superponering kan då en realistiskt hög respons fås. För det tredje är risken för konvergensproblem större när man har många klenrör i samma modell.

Att analysera klenledningar i separata modeller skulle lösa dessa problem. Att plocka ut anslutningslasten från statiska analyser och tidshistorieanalyser av huvudröret för att sedan applicera på klenrören låter sig om än med en viss handpåläggning göras. För responspektrumanalys är det betydligt värre. För dessa laster finns varken tidshistorirespons eller responspektra i anslutningspunkterna.

Examensarbetet går ut på att utreda metoder för att utföra separata analyser av klenrör. Målet är att hitta ett enkelt förfarande som minimerar handpåläggningen. Den största utmaningen ligger i att utreda hur responspektrumanalyser ska hanteras och hur laster i anslutningspunkterna till klenrören ska tas fram.

## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.bymek.lth.se](http://www.bymek.lth.se)



# MASTER'S DISSERTATION AT STRUCTURAL MECHANICS

DEPARTMENT OF CONSTRUCTION SCIENCES | FACULTY OF ENGINEERING | LUND UNIVERSITY



SIMON NILSSON and  
MARTIN ANDERSSON

## PRESNTATION

Summer 2014

## REPORT

Will be published as  
Report TVSM-5200

## SUPERVISOR

KENT PERSSON *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

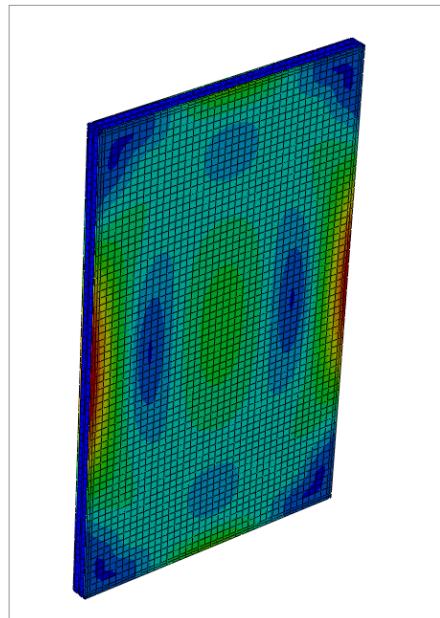
## EXAMINER

PER JOHAN GUSTAFSSON *Professor*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

## THE WORK IS PERFORMED AT STRUCTURAL MECHANICS, LTH

## IN COOPERATION WITH INWIDO AB

# BUKTNING AV ISOLERGLAS



## BAKGRUND

Isolerfönster består vanligtvis av två eller tre glas med slutna kaviteter, vanligtvis fyllda med argongas för bättre isoleringsförmåga. Då en sådan konstruktion utsätts för temperaturförändringar kommer gasen att ändra volym och tryckförändringar uppstår. Detta ger upphov till en trycklast på glaset som ger spänningar och deformationer i glaset. Vid stora glasdimensioner och stora temperaturvariationer uppstår stora bukningar av glaset och vid små glasdimensioner uppstår stora

spänningar vilket medför att glaset kan spricka. Detta kan förvärras genom att ändring av lufttrycket som ger ytterligare last på konstruktionen.

## SYFTE OCH MÅL

I examensarbetet ska undersökas vilka faktorer som påverkar spänningar och deformationer i isolerfönster. Syftet är att studera dessa fenomen för att ta fram underlag för dimensionering av glaset i isolerfönster eftersom det då finns ett behov av att ha tillgång till analysverktyg eller till andra metoder som grafer och tabeller som påvisar samband mellan buktning/spänning mot fönstrets uppbyggnad/temperaturlast.

## METOD

Först kommer studier göras av hur isolerglasen beter sig vid temperaturvariationer. Här ingår också att ta fram modeller för temperaturvariationen genom isolerglaset vid förändring av yttertemperaturen. Finita elementprogrammet Abaqus kommer att användas för numerisk modellering som ska jämföras med experimentella tester i en Hotbox. Målet är att få fram en metod som kan avgöra när det finns risk för sprickning av isolerfönster samt kunna bestämma inbuktningen av glaset.



## DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS

Lund University, Faculty of Engineering (LTH), Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden  
• Tel: + 46 (0)46-222 73 70 • Fax: + 46 (0)46-222 44 20 • [www.byggmek.lth.se](http://www.byggmek.lth.se)

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## VERIFICATION OF VIBRATIONS IN A SLENDER STEEL STRUCTURE - Numerical and Experimental Analysis

Martin Aalto and Mehdi Saeed

### Presentation

Summer 2014

### Report

will be published as  
report TVSM-5199

### Supervisors

Kent Persson, PhD.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Carl Jonsson, M.Sc.  
Skanska AB, Malmö

### Examiner

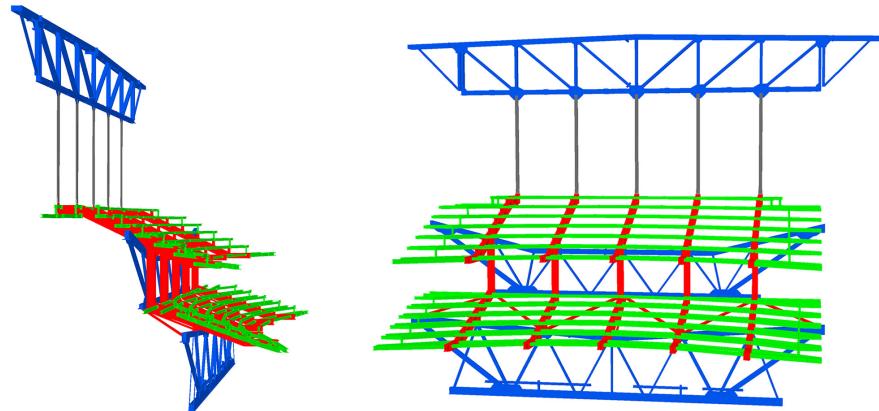
Per-Erik Austrell, Assoc. Prof.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

### The work is performed at

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### In cooperation with

Skanska AB, Malmö and  
Sweco Structures AB,  
Malmö



### Background

Lightweight and slender structures have the advantage of being cost effective, easy to assemble on site as well as being aesthetically pleasing.

However, slender and lightweight structures that are subjected to loading from human activities such as walking and jumping tend to become susceptible to vibrations. If not designed correctly, the vibrations in these constructions may be perceived as disturbing. Vibrations can be reduced by changing the structure i.e. changing the stiffness or mass of the structure or by adding a tuned mass damper.

The goal is to design a structure with relatively high value of the first natural frequency which will reduce the risk of crowd-induced resonance.

### Aim of thesis

The aim of the study is to investigate strategies for making realistic dynamic simulations by means of finite element modeling. Dynamic simulations will be compared with experimental results from dynamic measurements. Results that will be compared are values of the lowest natural frequencies, corresponding eigenmodes and values of vibration amplitudes.

The structure to be investigated is a two-level balcony in the concert hall of Malmö Live. The structure is made of slender steel members and support conditions are limited, with vertical load carrying members prohibited under most of the balcony. The two-level balcony will serve as seating place for spectators. Vibrations that may cause discomfort must therefore be limited. The aim is to find strategies to accurately model and predict the dynamic behavior of similar structures in the future.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## MECHANICAL PROPERTIES OF INTERLAYERS IN LAMINATED GLASS - Experimental and Numerical Evaluation

Camilla Fors

### Presentation

Summer 2014

### Report

will be published as  
report TVSM-5198

### Supervisor

Kent Persson, *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

### Examiner

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

### The work is performed at

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### In cooperation with

Forserum Safety Glass AB



House made of laminated glass (<http://www.santambrogiomilano.it/>)

### Background

The architectural and engineering trend leads towards greater use of glass in buildings. Growing safety awareness often requires laminated glass. Laminated glass is formed as a sandwich of two or more sheets of glass and a plastic interlayer. The interlayer is typically soft polymers like PVB, SGP or EVA. When laminated glass shatters, the plastic interlayer keeps the pieces of glass in place. This reduces the risk of cuts caused by splinters.

Today there are many interlayers on the market with a large variation in their properties. For every project, in different areas of use, it is a challenging task to choose the most optimal interlayer.

### Objective and method

The main objective of the master thesis is to investigate a variety of interlayers and their mechanical properties. Laboratory tests will be made, as well as FE-models with the software Abaqus. From the laboratory tests and the FE-models, the mechanical properties of the interlayers will be evaluated. Conclusions from the evaluation will lead to determination of properties which are suitable for use in simulation. The conclusions will also be presented as guidelines on suitable interlayers for different field of applications.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



*Jonas Malmgren*

## *Presentation*

Summer 2014

## *Report*

will be published as  
report TVSM-5197

## *Supervisors*

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

David Persson  
*Centerlöf & Holmberg, Malmö*

## *Examiner*

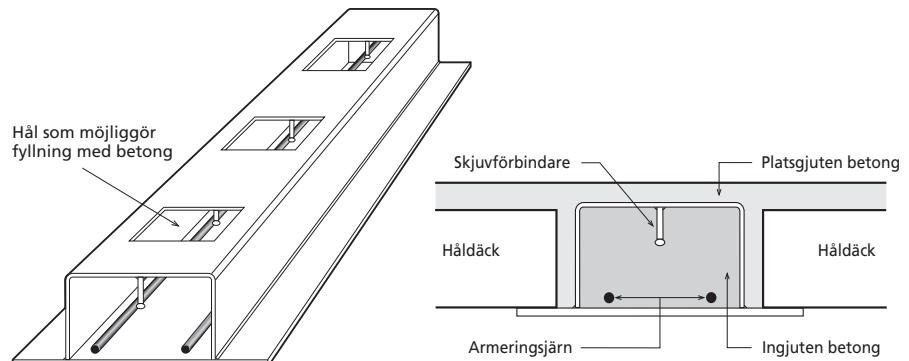
Susanne Heyden, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

*The work is performed at*  
Division of Structural  
Mechanics, LTH

## *In cooperation with*

Centerlöf & Holmberg,  
Malmö

# UTFORMNING AV SAMVERKANSBALKAR



## **Bakgrund**

En samverkansbalk utgörs ofta av en stålbalk med kring- och igjutna betong. Syftet är att konstruktionsystemet ska fungera som en helhet med bättre egenskaper. Samverkan mellan stålelementet och betongelementet erhålls genom horisontella skjukvrafter, vilka överförs via någon form av skjufförbindning.

Det är tidigare vedertaget att samverkansbalkar minskar stålvikten, jämfört med en balk utan samverkan. Samverkan mellan stål och betong gör att styvheten ökar och på så vis minskar nedböjning och påkänningar i stålbalken.

## **Syfte**

Studien ska ge kunskap om samverkansbalkar och belysa skillnader gentemot balkar utan samverkan. Målet med studien är att ta fram en fungerande och produktionsvänlig samverkansbalk. Det innefattar bl.a

att hitta ett fungerande tvärsnitt samt att finna en metod så att tillräcklig skjufförbindning uppnås, så att stålelement och betongelementet ej kan röra sig i förhållande till varandra. Vikt kommer även läggas på att utforma ett balktvärssnitt som är ekonomisk bra.

## **Metod**

Dagens samverkansbalkar ska studeras och överensstämmende hållfasthetsvärden tas fram, baserat på balkteori. Beräkningsmetoden ska sedan användas för att ta fram olika former för en ny samverkansbalk. Konstruktionsystemet ska även modelleras i FEM-programmet ABAQUS där aktuella tvärsnittsformer provas. Dimensionering ska göras enligt grundprinciper från Eurokod och mynna ut i en dimensioneringstabell. Verifiering av beräkningar baserade på balkteori och FEM kommer att ske genom provning av en framtagen samverkansbalk.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## NEDBÖJNING AV HÅLDÄCKSPLATTOR EFTER LÅNG TID

Emely Sawirs

### *Presentation*

Summer 2014

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5196

### *Supervisors*

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

Sven Persson  
*Starka Betongelement*

### *Examiner*

Susanne Heyden, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LTH*

### *The work is performed at*

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### *In cooperation with*

Starka Betongelement



### **Bakgrund**

Förspända håldäcksplattor tillverkas av betong och används som bjälklagselement vid prefab-byggande på grund av de fördelar som förspända produkter har. Fördelarna är bland annat att sprickbildning reduceras och att tvärkraftskapaciteten ökar samt att nedböjningen kan reduceras, vilket leder till att större spänvidder med slankare tvärsnitt kan användas.

Eftersom håldäck används i stor utsträckning är det intressant att undersöka nedböjningen efter lång tid. Det är värdefullt att veta hur nedböjningen påverkas av de olika parametrar som definierar geometri, armering, försänning och spänvidd.

Nedböjning efter lång tid kan beräknas teoretiskt med datorprogram eller handberäkningar. Hur väl resultaten stämmer med verkligheten brukar inte verifieras och därfor är en jämförelse

mellan den verkliga nedböjningen och den beräknade intressant att genomföra.

### **Metod**

I examensarbetet beräknas nedböjning efter lång tid med hjälp av Stusofts beräkningsprogram Pre-stress som bygger på finita elementmetoden. Resultaten från Pre-stress kommer sedan att jämföras med mätningar av nedböjningen från ett antal håldäck som har varit belastade under ett antal år. Examensarbetet kommer även omfatta en litteraturstudie med en undersökning av de samband som Pre-stress, FEM och Eurocode bygger på samt om det finns provningsresultat för nedböjning efter lång tid i någon litteratur.

Examensarbetet görs i samarbete med Starka betongelement och det är prov- och mätsresultat från deras håldäck som kommer att användas.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## VERIFICATION OF BUCKLING ANALYSIS FOR TIMBER ARCHES USING NONLINEAR FINITE ELEMENT METHOD

Gustaf Larsson and Björn Andersson

### Presentation

Spring 2014

### Report

will be published as report TVSM-5195

### Supervisors

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Tord Isaksson, PhD  
Skanska AB, Malmö

### Examiner

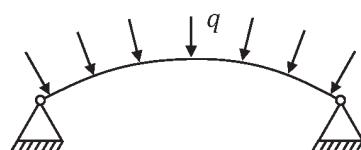
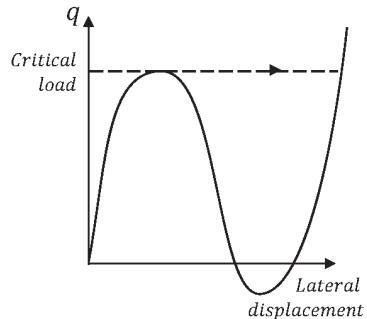
Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

### The work is performed at

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### In cooperation with

Skanska AB, Malmö



### Background

Especially for large span structures, failure can be caused by instability phenomenon. Today's standard procedure in consulting firms is to use linear finite element analysis to calculate critical buckling loads. Linear buckling analysis is based on 2nd order theory which is valid for linear material models and small deformations. The result is therefore a theoretical buckling load.

In a real structure, nonlinear material behavior and imperfections often prevent the system from achieving this theoretical buckling strength, leading a linear analysis to over-predict the load bearing capacity.

### Objective and method

The objective of this thesis is to investigate the effect of material properties and behavior by nonlinear buckling analysis using finite element method. Once relevant parameters are determined the model is compared to linear buckling analysis and Eurocode.

This type of analysis can be conducted for several structural elements but it is within the scope of this thesis to examine timber arches. Timber arches are especially interesting since they are normally prone to buckling due to long spans and slender cross sections.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## DYNAMISK UNDERSÖKNING AV BAGERS BRO I MÄLMO Finit elementanalys och modala mätningar

*Victor Ingemannsson and Christin Clausén*

### *Presentation*

February 2014

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5194

### *Supervisors*

Per-Erik Austrell, Ass. Professor  
Anders Sjöström, M.Sc.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Tore Nilsson  
Brosys AB, Malmö



### *Examiner*

Roberto Crocetti, Professor  
Div. of Structural Engineering, LTH

*The work is performed at  
and in cooperation with*  
Brosys AB, Malmö

### **Bakgrund**

Gång och cykelbroar är generellt lätta konstruktioner vilket gör dem känsliga för dynamisk last. Vibrationer uppstår av belastning från fotgängare vilket oftast inte är något problem för konstruktionen i sig men personer som går på bron kan uppleva det som obehagligt. Det är därför viktigt att undersöka såväl accelerationer som egenfrekvenser. I normen finns gränsvärden, men inte hur de verkliga värdena ska beräknas.

### **Beskrivning**

I detta examensarbete kommer de dynamiska egenskaperna för Bagers bro i Malmö att utredas. Detta kommer att göras med hjälp av modellering i finita element-programmet BRIGADE/Plus samt genom modala mätningar på bron in-situ. Efter en tidigare dynamisk undersökning installerades dämpare på bron. Examensarbetet kommer att fokusera på hur brons dämpning och lasten från fotgängare ska modelleras.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Peter Svantesson

## *Presentation*

Winter 2013

## *Report*

will be published as  
report TVSM-5193

## *Supervisor*

Per-Erik Austrell, Ass. Professor  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Saed Mousavi, PhD  
Swedish Defence Research Agency, FOI

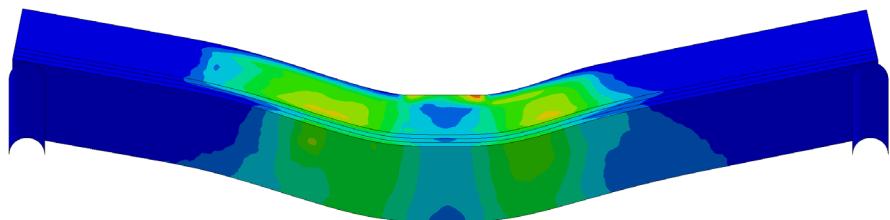
## *Examiner*

Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## *The work is performed at and in cooperation with*

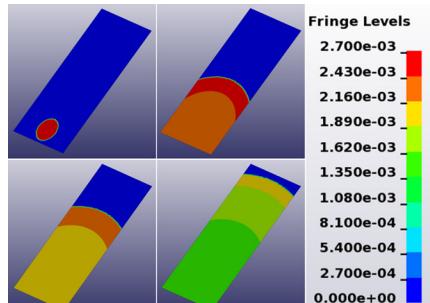
Swedish Defence Research  
Agency, FOI, Grindsjön

# SIMULATIONS OF THE RESPONSE OF CONCRETE STRUCTURES SUBJECTED TO AIR BLASTS



## Description

The interaction between an air blast and a concrete structure can be studied numerically using the hydro code LS-Dyna. There is an interest at FOI to investigate the possibility to numerically study the behavior of large structures, e.g. multi-story buildings subjected to the air blast from an explosive device. This proposal includes a literature survey of the experimental and numerical work done in this area of research and a numerical study of the response of building blocks, like walls and/or columns, subjected to air blasts in order to arrive at a numerically efficient model of a simplified multi-story building. The material model for the concrete will be calibrated using existing experimental results on simple building blocks, e.g. concrete slabs.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## ANALYSIS AND DESIGN OF A GLASS FLOOR STRUCTURE

Pontus Dufvenberg och Fredrik Jönsson

### *Presentation*

Spring 2014

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5192

### *Supervisor*

Per-Erik Austrell, Ass. Professor  
Div. of Structural Mechanics, LTH

### *Examiner*

Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

### *The work is performed at*

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### **Background**

Glass is by procurers and architects regarded as a material with desirable aesthetic properties and therefore more frequently utilized as a building material. Glass is a translucent material which gives a bright, clear and fresh sensation when used as a visual part in structures. It is a durable resistant material with a high compressive and tensile strength. However, glass is a brittle material that is sensitive to stress concentrations at supports and at imperfections such as micro-cracks. When glass is exposed to tensile stresses, these cracks will grow larger and the cross section of the glass element will fracture. This is a major problem when glass is used as a structural element where problems are likely to occur at connections and supports.

### **Aim and method**

The aim of this master thesis is to design and analyse a load-bearing structure containing a glass floor supported by glass beams. Finite element analyses will be carried out using Abaqus. The dimensions of the cross sections and the connections will be determined with aid of the calculations.

The stability of the beams and the whole floor structure can be a major concern that will be studied. Laboratory tests may be made as well, to verify the theoretical finite element calculations.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## SPRICKRISK FÖR DRAGBELASTADE TRÄKONSTRUKTIONSELEMENT MED SEKTIONSÄNDRING

Erik Gottsäter and David Kinsella

### Presentation

Christmas 2013

### Report

will be published as  
report TVSM-5191

### Supervisor

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Henrik Danielsson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

### Examiner

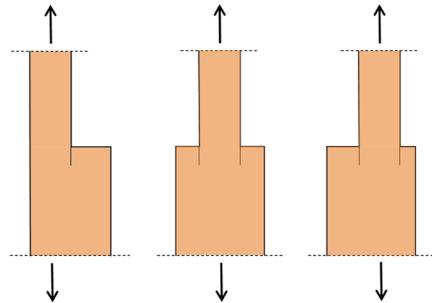
Roberto Crocetti, Prof.  
Div. of Structural Engineering, LTH

### The work is performed at

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### Beskrivning

I dragbelastade konstruktionselement av trä finns ibland sektionsändringar av den typ som visas i figuren till höger. Vid sådan sektionsändring finns risk att det uppkommer en spricka. Denna kan sedan växa och leda till brott. Det saknas emellertid beräkningsmetod som konstruktörer kan använda för att beräkna den last som ger sprickbildning.



En anledning till sådan sektionsändring är att olika stora trælement skall kunna passas ihop och förbindas i en knutpunkt. Sektionsändringen kan bestå av dubbelsidiga eller ensidiga urtag. Beroende på lastens excentricitet kan också moment uppstå.

I examensarbetet undersöks en beräkningsmetod som grundar sig på brottmekanisk analys. Denna bygger på idén att en materialspecifik energi frigörs när en sprickyta tillväxer. Undersökningen omfattar dessutom brotteräkningar med FEM och experimentella provningar.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Mikael Matz

## Presentation

April 2014

## Report

will be published as  
report TVSM-5190

## Supervisors

Per-Erik Austrell, Assoc. Prof.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

Tore Nilsson  
Brosys AB, Malmö

## Examiner

Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## The work is performed at and in cooperation with

Brosys AB, Malmö

# UNDERSÖKNING AV DÄMPNING I PLATTRAMBROAR GENOM MÄTNING OCH MODELLERING

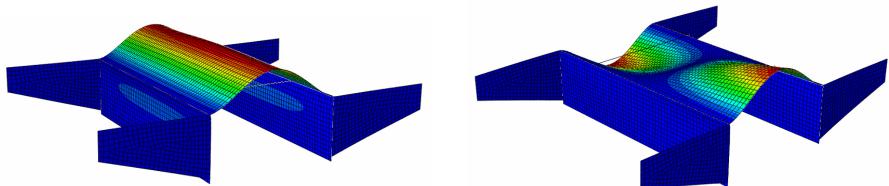


Fig. De två lägsta svängningsmoderna i en platrambro.

## Bakgrund

För gång- och cykelbroar, vägbroar samt järnvägsbroar är de dynamiska effekterna intressanta men inte så väl kända. På senare tid har olika mätmetoder börjat användas för att kontrollera vilka lastfall som verkar på broar och samma mätdata skulle även vara möjliga att användas till fler analyser.

## Syfte

Frågeställningen är; går det att, med mätdata från trådtöjningsgivare, uppskatta dämpning i platrambroar och koppla det till en FEM-modell i Brigade Plus.

## Metod

Mätningar med accelerometrar och töjningsgivare kommer att genomföras på en bro i Malmö. En FEM-modell skapas i Brigade Plus. Modellen används för att studera om det är möjligt att modifiera olika parametrar kopplade till dämpning och få överensstämmelse med resultaten från mätningarna. Resultatet från accelerometrarna är, i det här examensarbetet, det som modellen och töjningsgivarna ska jämföras med.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



*Greger Neijbert*

## *Presentation*

Summer 2013

## *Report*

will be published as  
report TVSM-5189

## *Supervisor*

Erik Serrano, Professor  
Dept. of Building and Energy  
Technology, Linnaeus University,  
Växjö

## *Examiner*

Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LTH

## *The work is performed at and in cooperation with*

Department of Building  
and Energy Technology,  
Linnaeus University, Växjö

# BUCKLING OF A LOAD BEARING TIMBER-GLASS SHEAR WALL Development of a Finite Element Model

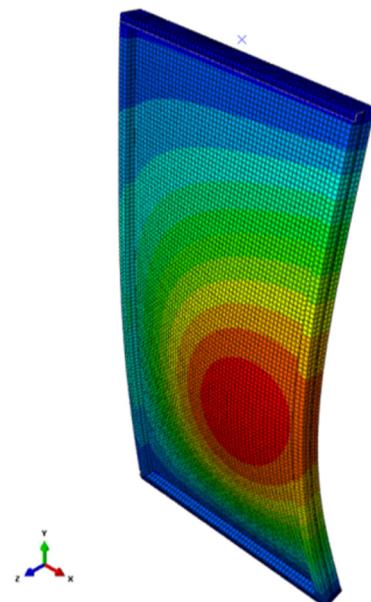
## **Background**

Glass is an appreciated material within architecture. Today, the glass is, however, not in general used as load bearing material, and thus it is necessary to use additional substructures to support and stabilise e.g. glass facades. A good idea in order to save on materials and costs would be to use the glass also as a structural material. Timber has good strength qualities, appealing aesthetically expression and is considered as an environmentally friendly building material. A natural step in the development would be to combine these two materials and allowing them to complete each other's properties.

In a European collaborative research project a timber-glass shear wall element has been developed. This consists of a 10x1200x2400 mm thick glass pane of standard float glass with an LVL-frame adhesively bonded to the glass along its perimeter. In previous research several laboratory tests of these types of shear walls were performed. The tests, performed for various modes of loading, indicated that the shear walls collapsed due to buckling.

## **Aim & Method**

The aim of this master thesis is to further analyse the stability of the timber-glass shear wall element. The results from laboratory tests will be evaluated and the shear wall element will also be analysed with the finite element method using the modelling and analysis computer software Aba-



qus. The finite element model will be calibrated to match the results from experiments in terms of failure loads assuming failure is due to instability in the shear wall element.

Once a reasonably good fit to experimental data is obtained further analyses will be made on the influence of various parameters (e.g. material and geometry) on the structural behaviour. Of special interest is also to investigate the load bearing capacity when combining vertical and horizontal loads.

The results and conclusions of this work can serve as a background for further experimental testing and for the development of design formulae for timber-glass composite shear walls.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## MODELLING ADHESION IN PACKAGING MATERIALS Physical Tests and Virtual Tests in Abaqus

Hanna Bruce och Christian Holmqvist

### Presentation

Spring 2013

### Report

will be published as  
report TVSM-5188

### Supervisor

Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics

### Examiner

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics, LTH

The work is performed at  
Division of Structural  
Mechanics, LTH

In cooperation with  
Tetra Pak, Lund

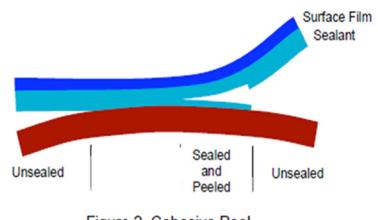
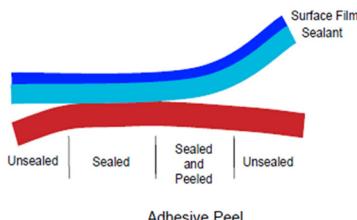
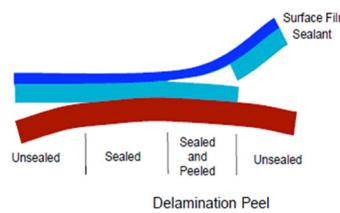


Figure 2. Cohesive Peel



Delamination Peel

### Bakgrund

During its lifetime a package is exposed to different loading conditions. An increased knowledge is therefore needed regarding how the package material reacts to the prevailing loading scenario in a real case situation. Describing a material in a non-linear elastic-plastic framework is the easiest way and often most applicable in many industrial applications. To develop packages for new applications, the mechanical behavior of opening devices is of great interest. On the market several different concepts exists; cutting through material, tear openings and shear openings. Having a good opening performance is crucial for the overall package performance and functionality. A better knowledge of how the damage initiates and propa-

gates in peeling like openings, depicted in Figure 1, is of great interest.

### Objective and method

A literature study, to gain knowledge about the physical phenomenon of adhesion, and an investigation of the different ways to implement adhesion in Abaqus will be done. A number of setups will be tested experimentally and evaluated regarding adhesion properties. Adhesion properties will be implemented in Abaqus, and calibrated, with the objective to describe the experimental results. A relevant application will then be modelled in Abaqus. The knowledge gained from this thesis will be implemented in future FE-calculations of multilayer packaging.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## NÄTGENERERING OCH VISUALISERINGSFÖRBÄTTRING FÖR pyCALFEM

Andreas Edholm

### Presentation

Winter 2012

### Report

will be published as  
report TVSM-5187

### Supervisor

Jonas Lindemann  
LUNARC, Lund

### Examiner

Ola Dahlblom  
Div. of Structural Mechanics, LTH

The work is performed at  
Division of Structural  
Mechanics, LTH

### Bakgrund

PyCALFEM är en python-implementering av MATLAB-toolboxen CALFEM, som används till att utföra beräkningar med Finita Elementmetoden. CALFEM används som studiehjälpmittel av studenter som studerar FEM.

PyCALFEM har många fördelar tack vare att det är implementerat i python. Det går lätt att integrera i andra pythonprogram, vilket tillåter snabb utveckling av FEM-program. Det är dessutom inte beroende av kommersiella produkter som t.ex. MATLAB. Detta gör det möjligt att använda på HPC-resurser utan licensrestriktioner.

PyCALFEM saknar dock en del av den funktionalitet som finns i CALFEM. Syftet med detta examensarbete är att implementera en del av denna funktionalitet samt också lägga till ny funktionalitet.

### Nätgenererare

Nätgenereraren som pyCALFEM använder för att skapa elementnät kan bara producera triangulära element. Det finns mycket fri mjukvara som kan generera elementnät utifrån specificerad geometri. Istället för att implementera ännu en nätgenererare ska en existerande nätgenererare kopplas till PyCALFEM genom en plugin-infrastruktur.

Första delen av projektet kommer vara att leta upp och undersöka möjliga nätgenereraralternativ utifrån deras användbarhet i pyCALFEM. Det andra steget är att skriva wrapperkod i Python som kan anropa nätgenereraren med olika parametervärden.

### Användargränssnitt

Det finns också utrymme för förbättringar i sättet pyCALFEM interagerar med gränssnittsbibliotek. För nuvarande ritas all grafik i pyCALFEMs egna ElementView-fönster.

För att göra det enklare att använda pyCALFEM i program med användargränsnitt ska dess uppritningsfunktioner utökas så att geometri kan ritas i godtyckliga fönster skapade i exempelvis wxPython eller PyQt.

### Utökad visualiseringsfunktionalitet

Vanliga CALFEM har flera funktioner för ritning av geometri. En del av dessa saknas i PyCALFEM, och resten tillåter inte alla parametrar som CALFEM tillåter.

Den sista delen i projektet är att få upp de grafiska funktionerna i pyCALFEM till samma nivå som CALFEM.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## INTERACTION MODELS FOR 2D FINITE ELEMENT MODELLING ON TOUCH DEVICES

Daniel Åkesson

### *Presentation*

Winter 2012

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5186

### *Supervisor*

Jonas Lindemann  
LUNARC, Lund

### *Examiner*

Ola Dahlblom  
Div. of Structural Mechanics, LTH

### *The work is performed at*

Division of Structural  
Mechanics, LTH

### *In cooperation with*

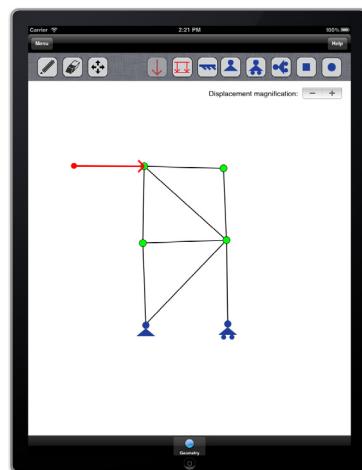
Structural Design Software  
in Europe AB

### **Description**

Different touch devices such as the iPad are becoming increasingly popular, and apps for these devices have become a big industry. The purpose of this master thesis is to evaluate how the finite element method can be used on this type of devices.

An app will be created for the iPad using the existing CALFEM C++. The user will be able to draw a 2D geometry using nodes and lines where the lines represent beam elements. The user will be able to test different constraints and loads giving an impression of how the structure will behave. Giving the option of showing deformation, moment, shear or normal forces. The purpose of the app is to help the user get the impression how forces are distributed in different 2D geometries.

It is also examined how to create a user interface that is intuitive for the user so that no manual is required to understand how the app works. This will be done by observing how users new to the app work with it.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## STRUCTURAL RESPONSE WITH REGARD TO EXPLOSIONS

Robin Kristensson and Mattias Carlsson

### Presentation

Winter 2012

### Report

will be published as report TVSM-5185

### Supervisors

Per-Erik Austrell

Div. of Structural Mechanics, Lund

Morgan Johansson

Reinertsen, Göteborg

### Examiner

Kent Persson

Dept. of Construction Sciences, Lund

### The work is performed at

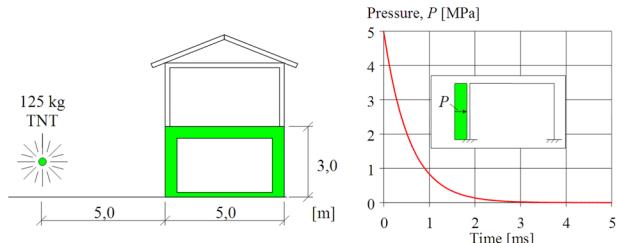
Div. of Structural Mechanics

### In cooperation with

Reinertsen, Göteborg



LUND  
UNIVERSITY



### Background:

Explosions are accidental actions that need to be considered in the design of structures for various applications. Except from apparent cases, such as military installations and civil defense shelters, design with regard to explosions is required for instance in the processing industry and for tunnels. The knowledge of how to design buildings to withstand the effect of explosions and other impact actions is limited. Hence, the aim of this master's thesis is to put together information about available design approaches for impact loading on concrete structures. This project is a continuation of four previous Master thesis carried out 2006, 2009, 2010 and 2012, in which the behavior of concrete beams and slabs were studied.

### Objective and method:

Previous Master theses have dealt with the bending response of impulse loaded structures. The transformation factors have been derived for beams and slabs. The response of fragments hitting a concrete wall have been investigated and the response of a slab been determined.

The objective for this thesis is to check if the moment envelope is too big during the dynamic loading of a structure since it will react different from a statically loaded structure. The damping of the structure will also be dealt with briefly. Will the damping have a great impact of the results? When neglecting the damping one will be on the safe side. Shortened reinforcement will also be researched. Bomb shelters are always built with full reinforcement but what happens when the explosion hits a civil building? Will the moment capacity be enough? Possibly different cross sections and their reaction to a dynamic load will be researched.

With help from the FEM software ADINA a non-linear model will be made. This will be made for beam elements. The FE-model will be compared with a SDOF-model. An objective is to improve the SDOF-model so it can be reliable.

# *Master's Dissertation* at the Div. of Structural Mechanics and Div. of Engineering Geology



*Oskar Baggens*

## *Presentation*

Spring 2012

## *Report*

will be published as  
report TVSM-5184

## *Supervisor*

Nils Rydén, *Ph.D.*  
*Div. of Engineering Geology, Lund*  
Brian Jensen, *M.Sc.*  
*Max-Lab, Lund*

## *Examiner*

Kent Persson, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

## *The work is performed at*

Div. of Structural Mechanics  
and Div. of Engineering  
Geology, LTH

## *In cooperation with*

Div. of Engineering Geology

# **ANALYS AV VÄGBROARS INVERKAN PÅ MARKVIBRATIONER** *Experimentella- och numeriska studier*

## *Bakgrund*

I nordöstra utkanten av Lund pågår byggandet av forskningsanläggningen MAX IV, nästa generations synkrotronljusanläggning som ska ersätta nuvarande MAX I, II och III. MAX IV är ett mycket komplext byggnadsprojekt med höga krav på prestanda vad gäller vibrationer. Vibrationer från externa källor kommer framförallt från väg E22 som passerar MAX IV. Mätningar har gjorts och genomförs kontinuerligt för att studera hur vibrationsförhållandena ser ut i marken. Den större delen av tiden är vibrationsnivåerna under de gränsvärden som specificerats för anläggningen. Emellertid visar mätningarna att höga vibrationsnivåer förekommer under korta tidsperioder vilka kan komma att vara en olägenhet för anläggningen. Mätdata antyder att källa från de här höga vibrationerna finns i anslutning till en vägbro över en mindre väg.

## *Syfte och frågeställning*

Examensarbetet syfte är att studera hur de momentant höga vibrationsnivåer som har registrerats i marken uppstår. Främst kommer vägbrons inverkan på vibrationerna i marken vid MAX IV att studeras. Vägbrons dynamiska egenskaper i relation till omgivande jord vid trafiklast samt huruvida vägbron kan kopplas till de momentant höga vibrationsnivåerna kommer att utredas. Om ett tydligt samband finns är målet att ge förslag på hur vibrationerna om möjligt kan reduceras. Om andra



vibrationskällor upptäcks som kan vara orsak till de höga vibrationsnivåerna kan de komma att studeras vidare inom ramen för examensarbetet.

## *Metod*

Vägbron kommer att studeras med experimentella och numeriska metoder. Accelerometrar kommer att monteras på bron och i mark för att bestämma bronars frekvensrespons och modformer och påverkan på marken. En beräkningsmodell i finita element-programmet Abaqus kommer att utvecklas utifrån existerande ritningar på vägbron. Lämpliga val av materialdata från jordprovtagningar, ritningar och litteratur implementeras i modellen. För val av realistiska lastfall görs en litteraturstudie. Inledningsvis studeras en förenklad 2D-geometri för att skapa en grundläggande förståelse för vägbronars dynamiska verkningssätt. Därefter skapas en mer förfinad modell i 3D där påverkan av olika kvalitativa och kvantitativa egenskaper studeras. Resultaten från beräkningarna kommer att jämföras med tidigare mätdata samt nya mätningar.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Per Jørstad

## Presentation

Autumn 2011

## Report

will be published as report TVSM-5183

## Supervisor

Peter Persson, *M.Sc.*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

## Examiner

Kent Persson, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics

# VIBRATION REDUCTION BY SHAPING THE TERRAIN TOPOGRAPHY

## Background

The MAX IV project is the fourth synchrotron facility at MAX-lab in Lund, which already consists of MAX I, MAX II and MAX III. MAX-lab is run jointly by the Swedish Research Council and Lund University.

This new state-of-the-art synchrotron radiation facility is induced by the development of research at the nanometer level in many different areas. MAX IV will consist of an electron gun emitting electron pulses through a linear accelerator in to two storage rings, of which the largest one has a circumference of approximately 500 m. In the ring, the electrons are accelerated by magnets located on foundations on the floor. The high-frequency light (synchrotron light) emitted by the electron beam is used to perform measurements at a number of research stations throughout the ring.

Given the level of precision, there is an upper limit of vibrations in the facility of 26 nm RMS during 1 second for vibrations above 5 Hz. An active calibration system will take care of vibrations at lower frequencies. MAX IV will be located in the north-eastern area of Lund where the existing ground consists of a layer of top soil from past farming activity covering a 12-17 m deep layer of various types of clay till. Underneath is the stiffer bedrock. The most concerning external source of vibrations is the nearby passing highway, E22.



calculations imply that shaping the surrounding ground surface into a landscape of hills and valleys will reduce the incoming surface waves. Furthermore this is an aesthetically desirable solution, as the facility should serve the role as a landmark and a symbol of Lund as a technological capital.

Specifically, this dissertation aims at optimizing the shape of the surrounding landscape given the natural, mechanical and aesthetical constraints. Using Altair Engineering's HyperWorks software package, a finite element model of the ground will be established by use of the pre-processor, HyperMesh. Reference values of the response at evaluation points at different distances from a harmonic unit load will be obtained performing conventional steady-state analyses using HyperWorks' solver RADIOSS on a complete modeled landscape without hills. Different shape parameters will be assigned to the same model and optimizations of these shapes with respect to the response at the evaluation points will be carried out in the featured HyperStudy tool. Initially, a 2D profile will be investigated, followed by further optimizations in three dimensions.



LUND  
UNIVERSITY

# *Master's Dissertation* at the Div. of Structural Mechanics



**Johan Mattsson**

## **Presentation**

August 2011

## **Report**

will be published as report TVSM-5182

## **Supervisors**

Per-Erik Austrell

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Magnus Ohlson

*FS Dynamics AB*

Daniel Burman

*FS Dynamics AB*

## **In cooperation with**

FS Dynamics AB

## **Examiner**

Kent Persson, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

## **The work is performed at**

Div. of Structural Mechanics  
at the Faculty of Engineering,  
LU and FS Dynamics AB

# **EARTHQUAKE ANALYSIS OF PIPE SUPPORTS IN NUCLEAR POWER PLANT**

## **Background**

The conventional finite element program Pipestress is used to analyze pipe systems from a structural point of view. Components like pipes, valves and branches can be modeled, but not the pipe supports. Only a stiffness is added at the node on the pipe system where the pipe support is attached. For the dynamic analysis is the response spectrum then added directly on to the pipe, when it cannot be added on the pipe support. The missing response from the pipe supports is suspected to change the result in a non-conservative way.

## **Purpose**

The purpose is to study if the conventional methods used to analyze piping systems for building vibration is generally applicable.

## **Method**

The first objective is to make a literature study, which includes building vibration theory and how it is applied in the finite element method. The regulation of earthquake design is researched to make the subsequent modelling in a sufficient way.

Different kinds of pipe supports are mapped to find a suitable pipe system. A simplified model in the finite element

program Abaqus is created of the building where the pipe system is located. An acceleration time history is added to the foundation of the model and response spectra are created in the pipe support attachment points.

In the next step a model of the pipe system is created in the conventional used finite element program Pipestress.

A dynamic analysis is made with the response spectra received from the Abaqus building model.

A full model is created in Abaqus by combining the initial Abaqus building model and the pipe system from Pipestress and by adding the pipe supports according to drawings. An analysis is made with the acceleration time history as input and the result is compared with the Pipestress output.

A last comparison is made between an Abaqus analysis of the pipe system with supports and the Pipestress analysis of the pipe system without supports. In this way are response spectra used as input in both analyses and Pipestress is tested if it is conservative.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## NUMERISK ANALYS AV TRYCK VINKELRÄTT FIBER I TRÄBALK MED INLIMMAD TRÄSTAV

*Jimmy Persson*

### Presentation

Autumn 2011

### Report

will be published as  
report TVSM-5181

### Supervisors

Per Johan Gustafsson

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Roberto Crocetti

*Div. of Structural Engineering, Lund*

Staffan Svensson

*Sweco Structures*

### In cooperation with

Div of Structural Engineering,  
Lund and Sweco Structures

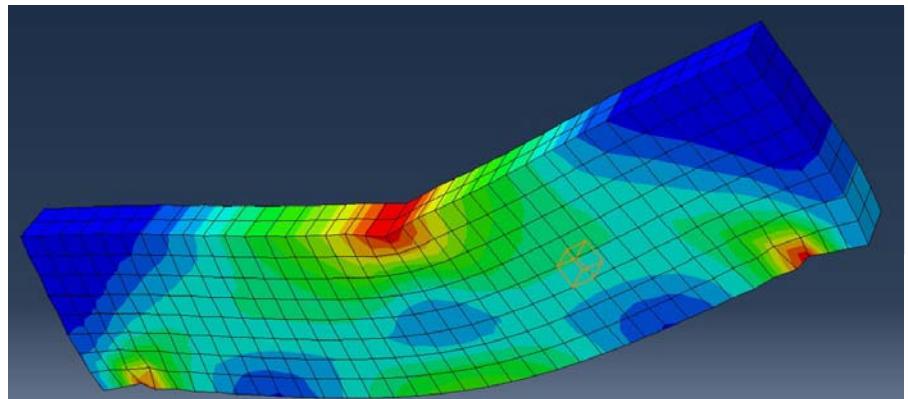
### Examiner

Kent Persson, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund



### Bakgrund

Vid en nylig övergång från svensk till europeisk byggnorm reducerades hållfasthetsvärdet för trä. En av reduktionerna gäller det karakteristiska hållfasthetsvärdet för tryck vinkelrätt träs fiber. Detta värde har minskats från 8 MPa till 2.7 MPa för limträ av standardkvalitet. För balkar med stora upplagstryck kan detta i en del fall medföra orimligt stora erforderliga upplagsytor. Detta kan hanteras genom att armera träet på något sätt, t.ex med långa skruvar, pålimmade skivor eller inlimmade stålstånger, och kanske även med inlimmade trästånger (rundstavar). Armering med inlimmade rundstavar av trä har troligen flera fördelar, bl.a. ekonomiska.

### Syfte och metod

Syftet med detta examensarbete är att göra en numerisk analys av hur inlimmade rundstavar påverkar träbalkars kapacitet vid tryck vinkelrätt

fiber. I europeisk norm finns en koefficient,  $k_c$ , som beaktar lastspridning och som i normen (EC-5 6.1.5) sättes lika med 1.75 för alla upplag med längd mindre än 400 mm. Det finns anledning att tro att koefficienten varierar med olika upplagslängder under 400 mm och detta skall undersökas i detta arbete.

Tillvägagångssättet är att provning av träbalkar sker parallellt med modellering i FEM-programmet ABAQUS och därefter jämförs resultatet för att se hur modellen stämmer överens med provningarna. Provningarna sker i samarbete med ett examensarbete på avdelningen för Konstruktionsteknik. Därefter görs, utifrån modellen i ABAQUS, en matematisk modell för att undersöka om och hur förstärkning med rundstavar påverkar bärformförmåga och även hur koefficienten  $k_c$  bör vara för tre olika upplagslängder.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Frida Hult

## Presentation

Summer 2011

## Report

will be published as report TVSM-5180

## Supervisors

Kent Persson

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Tore Nilsson

*Brosys AB, Malmö*

Fredrik Carlsson

*Brosys AB, Malmö*

## In cooperation with

Brosys AB, Malmö

## Examiner

Per Johan Gustafsson, *Prof.*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

## The work is performed at

Brosys AB, Malmö.

# ANALYS AV PLATTRAMBROAR MED KRÖKTA RAMBEN

## Bakgrund

Broar skall numera beräknas tredimensionellt och det innebär att man ställs inför nya utmaningar vid vissa brotyper. En av dessa typer som har börjat användas allt mer är plattrambroar med i horisontalled krökta ramben. Denna brotyp används för att få den undre passagen mer öppen vilket av fötgångare och cyklister upplevs som tryggare än mörka tunnelöppningar.

Broarna har tidigare beräknats tvådimensionellt med olika spänningvidder och sedan har armeringsmängderna interpolerats fram. Problemet med detta förfarande är att man bland annat missar effekten som uppstår av styva ramben och laster som ger upphov till låsta rörelser. Tvängskrafter uppstår av till exempel temperatur- och krympningslaster som kan ge upphov till mycket stora inspänningsmoment. I dag så saknar branschen riklinjer för hur denna brotyp skall behandlas.

## Syfte och metod

Syftet med examensarbetet är att utveckla modelleringstrategier och fastställa grundläggande samband för plattrambroar med krökta ramben genom tredimensionell finita elementmodellering.



Plattrambro med krökta ramben som färdigställdes 2010 i Gustavsberg, Stockholm

Arbetet delas i två huvuddelar. Först undersöks de geometriska parametrar som påverkar momentet i bron genom en parameterstudie av framförallt förhållandet mellan längd och bredd på körbanan samt krökningsradien på ramben.

I den andra delen av projektet undersöks hur en elastisk modellering av grundläggningen och jorden påverkar momenten i bron och samt hur detta elastiska randvillkor enklast modelleras.

Det slutliga målet med studierna är att fastställa riktvärden som sedan kan användas av konstruktörer. Analyserna i examensarbetet kommer att utföras med finita elementprogrammet BRIGADE/Plus.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics

## INFÄSTNING AV BYGGNADSMONTERAT VINDKRAFTVERK

Peter Areschoug

### **Presentation**

Early 2011

### **Report**

will be published as report TVSM-5179

### **Supervisor**

Per-Erik Austrell, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### **In cooperation with**

WSP

### **Examiner**

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### **The work is performed at**

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

### **Bakgrund**

Urban vindkraft, eller vindkraft i stadsmiljö, innebär att små typer av vindkraftverk placeras i bebyggd miljö eller på befintliga byggnader. Vanligen placeras dessa vindkraftverk på högre byggnaders tak, men det finns även exempel på vindkraftverk fästa på fasader. Utformningen av infästningen mellan byggnad och vindkraftverk är viktig för att undvika vibrationer och skador på husstommen.

För att minska överföringen av vibrationer till stommen kan kraftverket fästas in i ett tillräckligt tungt fundament. Ett tillräckligt tungt fundament är ett betongblock, vars stora massa helt enkelt gör att det krävs kraftiga vibrationer för att dessa ska transmittieras vidare. Det är emellertid inte alltid lämpligt att belasta takbjälklag med en stor punktlast från kraftverk och betongfundament. Ett alternativ skulle då kunna vara att vibrationerna istället dämpas, antingen genom dämpande material eller genom passiva, stämda pelare.

### **Syfte**

Dels ska examensarbetet utreda vilka typer av laster som vindkraftverk utsätter dess fundament för. Skiljer sig

lastfallen för vertikala respektive horisontala kraftverk åt? Om lösningen med tunga fundament ska kunna tillämpas i stor utsträckning, är det också viktigt att belysa de krav och begränsningar som denna lösning medför. Vidare ska examensarbetet ge kunskap om hur stora vibrationer som transmitteras beroende på hur infästningen utformas. Hur påverkas transmitteringen av vibrationer beroende på dimension och massa hos fundamentet? Dessutom bör examensarbetet utreda ett förslag till infästning där vibrationerna är tänkta att dämpas.

### **Metod**

Genom litteraturstudier utreds kraftverkets lastpåverkan på fundamentet och vilka krav ett tungt betongfundament ställer på byggnaden. Finita elementberäkningar ligger till grund för studien om vibrationstransmissionen genom betongfundament. Ett antal geometrier modelleras i både Abaqus och MatLab. De laster som verkar på fundamenten är det lastfall som är resultatet av litteraturstudien. För att få en tydligare bild av vibrationstransmissionen, modelleras fundamenten på ett referensobjekt.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## JÄMFÖRANDE STUDIE AV KOPPLAD OCH OKOPPLAD ANALYSMETODIK FÖR TERMOHYDRAULISKA LASTER I RÖRSYSTEM

David Bjurhede och Mats Harryson

### Presentation

Spring 2011

### Report

will be published as report TVSM-5178

### Supervisors

Per-Erik Austrell, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Per-Henrik Myrefelt  
Johan Lundvall  
Olof Dahlberg  
*FS Dynamics Sweden AB*

### Examiner

Göran Sandberg, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### In cooperation with

FS Dynamics Sweden AB

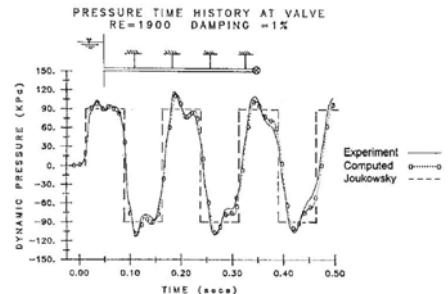
### The work is performed at

FS Dynamics Sweden AB and  
Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU

### Bakgrund och syfte

Metodiken vid analys av rörsystem som utsätts för termohydrauliska laster är att först räkna fram en last från en flödesmodell med stela ränder för att därefter applicera de resultaten i en separat strukturmodell. Misstankar finns att man med denna metod får konservativa resultat. Intresse finns att undersöka hur styvheten i röret samt 3D effekter påverkar last och respons vid en kopplad analys. Anledning till att man misstänker att man får konservativa resultat är att varje gång man lägger en kraft på en elastisk struktur så kommer det att ge en respons som i sittur påverkar resultatet ytterligare, detta är något den nuvarande metodiken inte tar hänsyn till.

Syftet med uppdraget är att genomföra en analys av ett givet rörsystem med nuvarande metodik och jämföra resultatet med en fullt kopplad FSI (Fluid-Structure Interaction) metod. Detta för att försöka fastställa huruvida den etablerade metoden är konservativ och i någon mån kvantifiera konservatismen. En annan anledning är att undersöka om FSI skulle kunna användas som ytterligare ett verktyg i de fall då den etablerade metoden inte är tillräcklig. En modell skall konstrueras i Relap utifrån en referensmodell med verkliga testdata och skall därefter utsättas för, utifrån referensen, given



Budny, DD (1988), *FSI experiment, horisontellt rör med snabbstängande ventil. Okopplad teori enligt Joukowsky*

belastning vilket ger oss en time-history last. Denna last skall appliceras i Pipingstress vilket ger oss kraftpåverkan och egenfrekvenser. Resultatet ska jämföras med referensmodellens experimentella testdata.

Nästasteg är att genomföra en kopplad analys (FSI) där inte bara det dynamiska vätsketrycket ger spänningar på röret utan rörets deformation kan påverka vätskan i en iterativ process. Detta bör ge andra resultat och vi ska därför jämföra kraftpåverkan och egenfrekvenser även i detta resultat med den okopplade modellen och referensen. Huvudsyftet med detta exjobb är att se om teorin att kopplad analys ger mer verkliga resultat än den okopplade genom att studera dessa resultat.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## DIMENSIONERING MED BIM KOPPLAT TILL FEM

Petter Hasselberg och John Argerus

### *Presentation*

Spring 2011

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5177

### *Supervisors*

Per-Erik Austrell, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics*

Andreas Hägg, *Civ.ing.*  
*NCC-teknik, Malmö*

### *Examiner*

Susanne Heyden, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, LU*

### *In cooperation with*

NCC-teknik, Malmö

### *The work is performed at*

Div. of Structural  
Mechanics, Faculty of  
Engineering, LU.

### **Bakgrund**

Byggnadskonstruktörens traditionella dimensioneringsprocess utgår från att konstruktören tolkar arkitekten design för att konstruera en fungerande struktur. Från arkitekten design bryter konstruktören ut olika analytiska, ofta enkla tvådimensionella modeller med syfte att dimensionera byggelement statiskt och dynamiskt. Vid särskilda fall, till exempel vid en komplex elementgeometri, gör konstruktören en egen FEM-modell. Alla dessa enkla modeller som bryts ut från strukturen avviker från strukturens verkliga verkningsmässigt. Detta leder till att de analytiska modellernas validitet, i vissa fall, kan ifrågasättas. Arbetsflödet leder till ett omfattande informationsutbyte och samordning mellan projekteringens discipliner, där den fysiska modellen manuellt uppdateras utifrån beräkningarnas resultat. Detta leder till att många olika versioner av den fysiska modellen växer fram och alla dessa skall i slutänden samordnas.

BIM (Building Information Modeling) är en metodik där den fysiska modellen av byggnaden representeras i 3D, samt även innehåller information utöver byggnadens geometri. Metoden innebär att det är möjligt att i modellen specificera sådan information som gör modellen beräkningsbar (material, tvärsnitt, randvillkor, laster etc). BIM-modellen kan sedan exporteras till olika beräkningsprogram, där

ändringar som görs i beräkningsprogrammen sedan återförs till den fysiska modellen. Metoden möjliggör en gemensam plattform i projekteringsfasen, där missförstånd, kollisioner, olika tolkningar av den fysiska modellen och risken för mänskliga fel minimeras.

### **Syfte**

Syftet med examensarbetet är att undersöka hur byggkonstruktören kan använda BIM-modellen i sitt dimensioneringsarbete, samt att utvärdera hur beräkningresultat och tidsanspråk skiljer sig från traditionell dimensionering. Syftet är också att undersöka vilka kombinationer av modellformat och beräkningsprogram som är att föredra.

### **Metod**

En BIM-modell som beskriver en befintlig, traditionell projekterad konstruktion används som utgångspunkt för att utföra beräkningar i olika FEM-program. Resultaten jämförs sedan med de från den traditionella dimensioneringen.

För att bilda en uppfattning om vilka svårigheter och möjligheter som uppstår vid användandet av BIM i jämförelse med en traditionell projektering genomförs en fallstudie.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## VIBRATION ANALYSES OF A WOODEN FLOOR-WALL STRUCTURE - Experimental and Finite Element Studies

*Joel Ejenstam and Ola Flodén*

### *Presentation*

Early 2011

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5176

### *Supervisors*

Kent Persson, *PhD*  
Div. of Structural Mechanics

Anders Sjöström, *Civ.ing.*  
Div. of Structural Mechanics

### *Examiner*

Göran Sandberg, *Professor*  
Div. of Structural Mechanics, LU

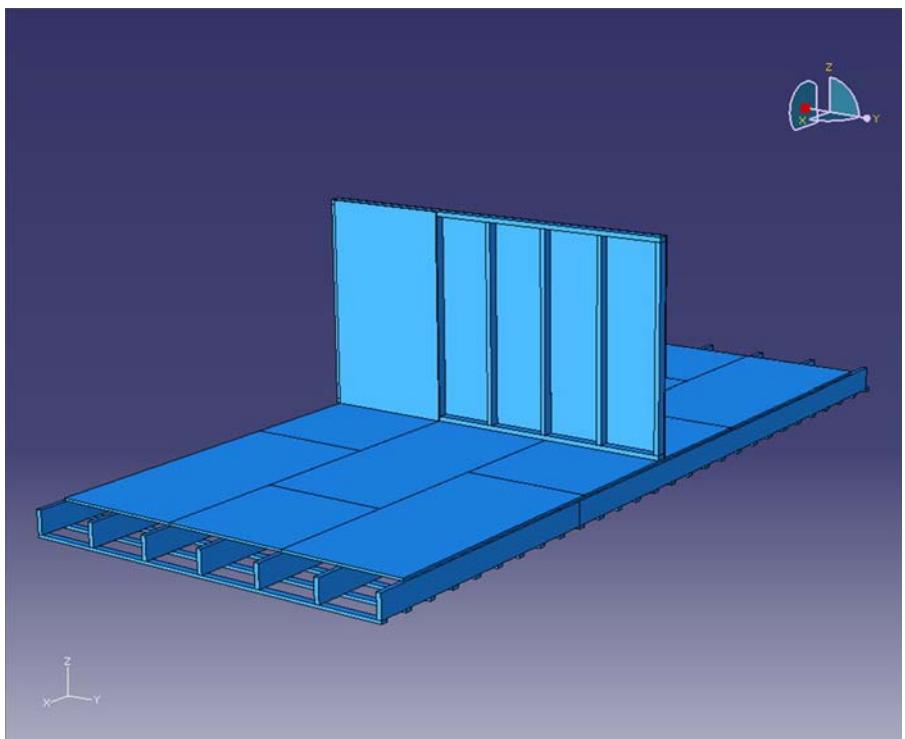
### *The work is performed at*

Div. of Structural  
Mechanics, Faculty of  
Engineering, LU.

In modern building, wooden structures are more commonly used in multiple storey buildings. This results in light-weight structures, which often has a problem with acoustic transmission.

This master thesis will focus on the propagation of vibrations through a floor structure with a non supporting wall. The floor and wall will be built in an acoustic laboratory using wooden beams, particle and plaster boards and mineral wool insulation.

An exciting force will be applied to the structure and accelerometers used to register the responding vibrations. The structure will be modeled using the finite element software Abaqus. The main objective of the thesis is to create a simulation model which resembles the experimental setup and results as good as possible.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## FEM MODELLING OF MOLTEN POLYMER FLOWS IN PACKAGE SEALING PROCESS - USING ABAQUS CEL FORMULATION

*Jonathan Ollar and Henrik Johansson*

### *Presentation*

December 2010

### *Report*

will be published as report TVSM-5175

### *Supervisors*

Kent Persson, *PhD*  
Div. of Structural Mechanics

Eskil Andreasson  
*Tetra Pak, Lund*

### *Examiner*

Per-Erik Austrell, *PhD*  
Div. of Structural Mechanics, LU

### *In cooperation with*

*Tetra Pak, Lund*

*The work is performed at*  
Tetra Pak, Lund and  
Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU.

### **Background**

In beverage packages, several sealings are made to produce a package that will not leak during its lifetime. The mechanical behaviour of the package sealing is thus crucial for the overall package performance. To develop packages for new applications, a better knowledge of the flow of the molten polymer produced by various types of sealing techniques is needed. Moreover, to optimize the sealing process it is also important to determine what material parameters that is most important for this process. To determine the advantages and the disadvantages of each sealing setup, various setups have to be studied both numerically using ABAQUS as well as experimentally.

The study is divided into the following steps.

- Literature study
- FE-modelling strategy and the procedure of using the Coupled Eulerian Lagrangian formulation.
- Conduct experimental investigations of sealings with various polymers.
- Calibration of material parameters.

### **Objective**

The main aim of the study is to define a FE-modelling strategy for solving molten polymer flow using the recently implemented Coupled Eulerian Lagrangian (CEL) formulation in ABAQUS. CEL-formulation allows simulations of fluid-like flowing materials to interact with solid materials.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## ARKITEKTUR OCH KONSTRUKTION I VERTIKAL STAD

Charlotte Lundgren och Ilyas Awadh

### Presentation

June 2010

### Report

will be published as report TVSM-5174

### Supervisors

Göran Sandberg, Professor  
Div. of Structural Mechanics

Christer Malmström, Professor  
Dept. of Architecture and Built Environment

### Examiner

Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, LU

### In cooperation with

Dept. of Architecture  
and Built Environment

### The work is performed at

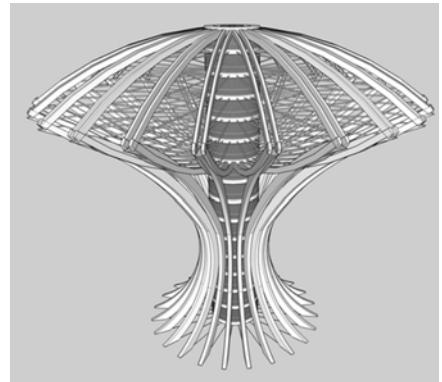
Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU,  
and Dept. of Architecture  
and Built Environment, LU.

### Bakgrund

I många fall när en byggnad skall uppföras är det arkitekten uppdraget att rita byggnaden och när denne är klar med sitt arbete kommer ingenjören in och beräknar på dimensioner så att byggnaden inte rasar, men om man istället låter arkitekten och ingenjören arbeta med byggnaden tillsammans från början så kommer byggnadens struktur och utseende samspele på ett sätt som kan minska materialåtgång och kostnader, men samtidigt öka betraktarens förståelse för byggnadens funktion. Arkitekten kan ge ingenjören nya sätt att tänka på och ingenjören kan lära arkitekten om byggnadsdelars egenskaper så att denne finner nya sätt att uttrycka byggnaden.

### Syfte

Detta examensarbete utförs i ett samarbete mellan en student från Arkitektprogrammet och en student från Väg och vattenprogrammet. V-studenten är intresserad av arkitektur och varför byggnader ser ut som de gör, och A-studenten är intresserad av om det han ritar verkligen håller i verkligheten och om det skulle kunna bli ännu bättre med några små ändringar, men främst är de båda intresserade av att tillsammans lära sig mer av varandras och sina egena kunskaper samt upptäcka hur samarbetet fungerar.



### Metod

För att utforska detta samarbete och utveckla sig själva kommer de båda studenterna utveckla en klimatskyddad vertikalstad. Denna stad kommer att utvecklas genom att A-studenten gör arkitekten arbete med att formge, planlägga och illustrera, medan V-studenten räknar på hållfasthet och kommer med förslag på ändringar i strukturen. Detta kommer att ske i ett nära samarbete från början och de båda kommer att gå in på varandras områden. I slutändan kommer examensarbetet resultera i två rapporter, där de båda studenterna redovisar enligt respektive program.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Henrik Svensson

## Presentation

Autumn 2010

## Report

will be published as report TVSM-5173

## Supervisors

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Lars Johansson, *Tekn.Lic.*  
*Geotekniker, Geo & Miljö Malmö,*  
*Ramböll Sverige AB*

## In cooperation with

Ramböll Sverige AB

## Examiner

Kent Persson, *PhD*  
*Div. of Engineering Acoustics, Lund*

## The work is performed at

Ramböll Sverige AB and  
Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University



**LUND**  
UNIVERSITY

# OPTIMERAD GRUNDLÄGGNING AV LANDBASERADE VINDKRAFT- VERK OCH DIMENSIONERING AV DESS FUNDAMENT

## Bakgrund

I Sverige produceras nu ca 2.5 TWh vindkraftsel per år. Enligt mål som Riksdagen har satt upp skall produktionen år 2020 vara 30 TWh per år. Detta innebär behov av större vindkraftverk och att antalet kommer att öka i markartat. Än så länge byggs vindkraftverk främst på jordar med hög hållfasthet, vilket möjliggör förhållandevis enkel grundläggning med plattfundament med stor vikt och utbredning. Under kommande år blir det aktuellt att bygga även på sämre jordar, som siltar och leror. Detta kan innebära att konventionell plattgrundläggning kan bli tekniskt eller ekonomiskt omöjlig. Alternativa grundläggningsmetoder måste därför undersökas.



## Syfte

Examensarbetet syftar till att undersöka olika grundläggingsmetoder för vindkraftverk, där plattgrundläggning, pålade fundament och samverkansgrundläggning är de viktigaste. Vidare skall en dimensioneringsgång i form av en mall eller eventuellt ett datorprogram upprättas. Den skall för aktuell grundläggingsmetod beakta både den geotekniska dimensioneringen (jordens bärförmåga) och den strukturella dimensioneringen (bärförmåga hos betongplatta, pålar etc.). Dimensioneringen skall vara enligt Eurocode med nationella bilagor för Sverige och andra aktuella länder.



## Metod

Olika grundläggingsmetoder kommer att undersökas genom litteraturstudier, studier av byggda vindkraftverk och genom beräkningar för olika grundläggningstyper och jordar. Beräkningarna görs mha finita element metoden och då i första hand mha programmen PLAXIS och FEM-design. Analyser görs både för brott- och bruksgränstillstånd, både för den geotekniska och den strukturella dimensioneringen.

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## DESIGN OF EQUIPMENT FOR CHARACTERIZATION OF ELASTOMERS USING IMPACT TESTING

Per Sjöberg och Fredrik Axelsson

### Presentation

Spring 2010

### Report

will be published as report TVSM-5172

### Supervisors

Per-Erik Austrell, *PhD*  
Div. of Structural Mechanics, Lund

Mattias Månssohn  
Tetra Pak, Lund

### Examiner

-- --, --  
Div. of Structural Mechanics, Lund

### In cooperation with

Tetra Pak, Lund

### The work is performed at

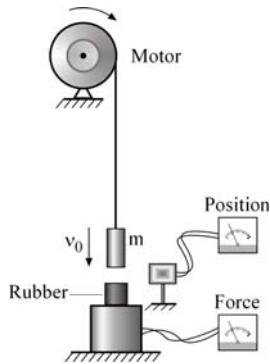
Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU

### Background:

Tetra Pak uses rubber coated rollers in the converting process. The rubber coated roller is one of two rollers in a nip where adhesion between molten polymer and paperboard is created. Simulations are done in the development process as a tool to predict the behavior of these rollers. One important component in the simulation model of the roller is material models covering the dynamic behavior of the rubber. Dynamic testing of rubber materials is however a time and cost consuming process. Today Tetra Pak uses suppliers to do this kind of testing of material properties. To speed up the lead time from testing of rubber materials to a completed simulation, this could be done in house at Tetra Pak.

### Objective:

The purpose of this master thesis is to design equipment for dynamic impact testing of rubber material according to the method proposed by Austrell in the paper *Dynamic characterization of elastomers using impact testing*, 2009. The basic principle is a drop test where the loading rate is controlled by the drop height and the load amplitude is controlled by the weight of the dropped body. The force acting on the rubber specimen and the compression of the



specimen needs to be measured simultaneously. Special care must be taken when designing these measuring methods since the contact time in the impact cycle is very short.

### Deliverables:

The deliverable is a design proposal for mechanical drop test device including measuring equipment. The measuring equipment shall contain devices to measure force and deformation simultaneously during the impact of the weight on the rubber specimen. A final report should be written in english in template according to Division of structural mechanics, LTH.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## TRÄS TRYCKHÅLLFASTHET VINKELRÄTT FIBERRIKTNINGEN

Mikael Rosengren

### Presentation

Spring 2010

### Report

will be published as report TVSM-5171

### Supervisors

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics, Lund

Arne Emilsson  
Limträteknik AB, Falun

Roberto Crocetti  
SP, Borås

### Examiner

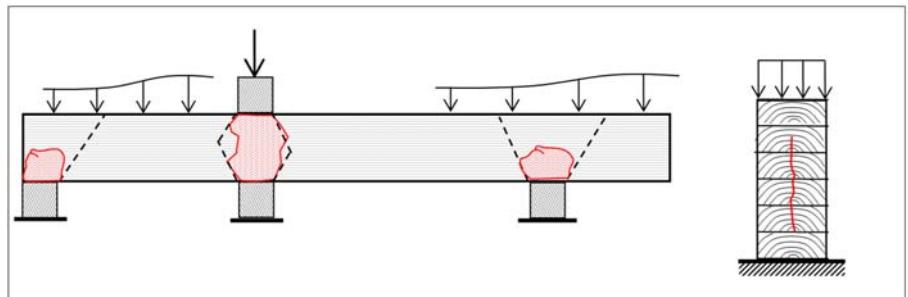
Kent Persson, PhD  
Div. of Structural Mechanics, Lund

### In cooperation with

Limträteknik AB, Falun

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU



### Beskrivning

Det karakteristiska hållfasthetsvärde för tryckbelastning i vinkelrätt träets fiber har varit sen tidigare 8 MPa. Enligt ett remissförslag så kommer en sänkning att göras till 2.7 MPa. Detta är en stor sänkning! Därför är det nödvändigt att kunna utnyttja och fastställa den gynnsamma lastspredningen.

Examensarbetet syftar till att undersöka hur mycket av lastspredseffekten som kan tillgodogöras för att kunna räkna med ett högre hållfasthetsvärde när bara en liten yta belastas. En ny beräkningsmetod för det karakteristiska hållfasthetsvärde ska föreslås med beaktning av lastspredningen.

Trycket vinkelrätt fiber måste begränsas med hänsyn till:

- Deformationernas storlek
- Krossning
- Uppsprickning

Arbetet innefattar:

- Spännings- och deformationsberäkningar i Abaqus med Finita elementmetoden
- Experimentella provningar
- Utveckling av förslag till dimensineringsmetod



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Juan Negreira Montero

## Presentation

Summer 2010

## Report

will be published as report TVSM-5170

## Supervisor

Kent Persson, *PhD*  
Div. of Structural Mechanics, Lund

## In cooperation with

MAX-lab, Lund University

## Examiner

Delphine Bard, *Lecturer*  
Div. of Engineering Acoustics, Lund

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

# VIBRATION ANALYSIS OF UNDERGROUND TUNNEL AT HIGH-TECH FACILITY

## Introduction

MAX-lab is a national laboratory operated jointly by the Swedish Research Council and Lund University. Nowadays, the Max project consist on three facilities (three storage rings): Max I, Max II, Max III and one electron pre-accelerator called Max Injector. A new storage ring is needed to improve material science, such as nanotechnology. MAX-IV will be 100 times more efficient than already existing synchrotron radiation facilities, e.g. it is planned to be the next generation Swedish synchrotron radiation facility.

MAX IV will basically consist of a main source that will be a 3-GeV ring with state-of-the-art low emittance for the production of soft and hard x-rays as well as an expansion into the free electron laser field. The second source will be the *Linac* injector that will provide short pulses to a short pulse facility. The *Linac* will be built as an underground tunnel next to the main ring.

## Purpose

In this Master Thesis, the vibration levels at the *Linac* will be analysed. Since this construction will be used for high precision measurements, it will be asked to have very strict technical conditions where only very low vibration levels will be allowed.

It is obvious that the surrounding elements existing in the area will have a large influence on the *Linac*'s behavior. Next to it there is the *E22* freeway that will of course propagate waves of different frequencies depending on the traffic density towards the underground tunnel. Likewise, a bridge for bus traffic is planned to be built over the tunnel that also may disrupt the performance of the *Linac* measurements.

The main aim of this Master Thesis is to analyze the influence of the surrounding vibration sources on the Max-IV Lab's underground tunnel by means of the finite element method. To achieve this purpose it will be necessary to model with different assumptions loads, materials, etc. in order to prove the fulfillment of the needed requirements. If technical conditions are not fulfilled for the proposed structure, solutions to achieve them could be pointed out as well.



**LUND**  
UNIVERSITY

# *Master's Dissertation* at the Div. of Structural Mechanics



## **FLEXIBLE BEAMS IN DYMOLA**

*Caroline Malmberg*

### **Presentation**

Spring 2010

### **Report**

will be published as report TVSM-5169

### **Supervisors**

Kent Persson, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Magnus Gäfvert  
*Modelon AB, Lund*

Mathias Persson  
*Modelon AB, Lund*

### **Examiner**

Per-Erik Austrell, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### **In cooperation with**

Modelon AB

### **The work is performed at**

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU  
and Modelon AB, Lund

Abaqus is a program for Finite Element Method calculations. You can determine displacements in flexible bodies and also do modal analysis on your system. The programming language is Python.



Dymola is a program where you can model and simulate different kinds of systems, for example mechanical systems with translation and rotation of multi-bodies. In Dymola there is a standard library with different components which you can use to set up models. The programming language that is used in Dymola is called Modelica, which is object-oriented and based on equations.

This master's thesis has two parts. The first task is to set up a model in Modelica which calculates the displacements in a three dimensional beam element. The same model shall also be tested in Abaqus, to compare the simulations. The second task is to import calculations from Abaqus into Dymola and use those in the simulations. To do this, a model will be defined in Dymola where the displacements only will be calculated in one part of the model. On this piece there will be some connecting points defined, and with this information the part of the model will be imported into Abaqus.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



David Persson

## Presentation

Summer 2010

## Report

will be published as  
report TVSM-5168

## Supervisors

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Kent Persson, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Arne Emilsson  
*Limträteknik AB, Falun*

## Examiner

Per-Erik Austrell, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

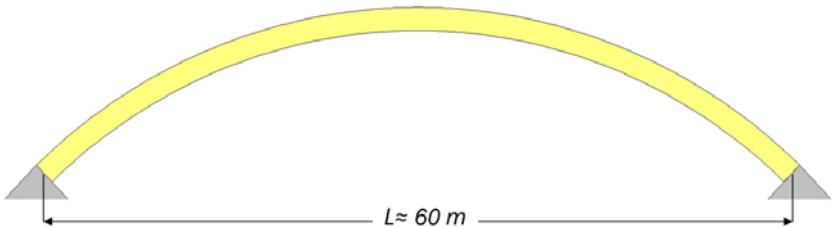
## In cooperation with

Limträteknik AB, Falun

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU

# SIDOSTABILITET FÖR LIMTRÄBÅGAR



## Bakgrund

Limträbågar till större konstruktioner har ofta ett rektangulärt tvärsnitt som är högt och tunt. För en båge med en spänvidd om ca 60 m kan tvärsnittets höjd typiskt vara 8-10 gånger tvärsnittets bredd. Normalt är dessa bågar stabilisera med hjälp av takåsar eller takbeläggning som är fastsatta i bågens överkant, medan det i bågens underkant inte finns något sidostöd. Detta ger risk för vippningsinstabilitet genom sidoutböjning av bågens underkant kombinerat med vridning. I dimensioneringsanvisningar, som t.ex Limrähandboken, tas hänsyn bara till instabilitet i bågens plan. Någon vippningsrisk beaktas inte, vilket kan tolkas så att man förutsätter att anslutningen i bågens överkant är helt momentstyg.

Det är emellertid tveksamt om de avstyrningar och anslutningar som används i praktiken kan betraktas som momentstygva. Risken för vippningsinstabilitet är särskilt tydlig vid osymmetrisk belastning, orsakad av t.ex snölast. Vid sådan belastning ger både normalkraft och böjmoment tryckspänning i bågens ostagade underkant.

## Syfte

Examensarbetet skall ge kunskap om aktuell typ av instabilitet. Finns risk för instabilitet i typiskt utformade och belastade limträbågar? Hur kan man vid dimensionering, på ett rimligt enkelt sätt, beräkna eller uppskatta risk för instabilitet? Examensarbetet bör ge dels instabilitetsanalysresultat för ett urval av bågar, dels förslag till metod att på något förenklat sätt analysera andra bågar av samma typ, men med andra mått. Sammantaget ger detta kunskap om när det behövs sidostabilisering också av bågens underkant alternativt kunskap om hur momentstyg anslutningen vid bågens ovankant behöver vara.

## Metod

För ett urval av geometrier, laster och initialimperfektioner kommer instabilitetsanalys att genomföras genom finita elementberäkningar mha datorprogrammet Abaqus. Vid dessa beräkningar modelleras bågarna med 3D solidelement och anslutningarna till angränsande konstruktionsdelar med fjädrar. Genom litteraturstudier och/eller eget utvecklingsarbete kommer vidare att undersökas om det finns möjlighet att hitta någon förenklad analysmetod baserad på balkteori.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## IMPLEMENTERING AV CALFEM FÖR PYTHON

Andreas Ottosson

### Presentation

Spring 2010

### Report

will be published as report TVSM-5167

### Supervisors

Jonas Lindemann, *PhD*

Div. of Structural Mechanics, Lund

### Examiner

Ola Dahlblom, *Prof.*

Div. of Structural Mechanics, Lund

### The work is performed at

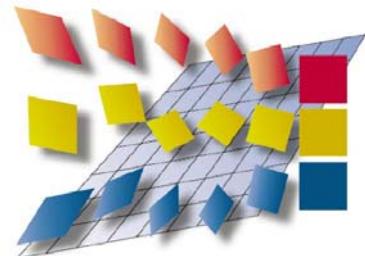
Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

Programmet CALFEM är ett interaktivt hjälpmedel för inlärning av finita element metoden för MATLAB.

På senare tid har Python blivit ett populärt språk för numeriska beräkningar med hjälp av SciPy och Numpy paketen. Python dynamiskt och objektorienterat språk som fungerar på många plattformar som t ex Windows, Linux och Mac OS X.

Till skillnad från MATLAB, som har en hög licenskostnad är Python gratis och får laddas ner och användas av såväl privatpersoner som företag i kommersiellt syfte.

För att kunna utnyttja CALFEM i Python avser detta examensarbete utföra en implementering av detta under Python och NumPy. I examensarbetet ingår också att undersöka vilka bibliotek och programvaror utöver NumPy som behövs för att uppnå en likvärdig miljö för CALFEM



CALFEM

A finite element toolbox to MATLAB



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Rikard Nagy

## Presentation

Spring 2010

## Report

will be published as report TVSM-5166

## Supervisors

Ola Dahlblom, Prof.

Div. of Structural Mechanics, Lund

Håkan Camper, Civ.ing.

Skanska Teknik, Bro och Anläggning

Anders Kullingsjö, PhD

Skanska Teknik, Geoteknik och Infra

## In cooperation with

Skanska Sverige AB

## Examiner

Per Johan Gustafsson, Prof.

Div. of Structural Mechanics, Lund

## The work is performed at

Skanska Sverige AB and  
Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund Univ.



LUND  
UNIVERSITY

# SPONTKONSTRUKTION

## Bakgrund

Spontdimensionering är ett komplext område där konstruktionselement samverkar med naturliga jordmaterial. För att en spontvägg ska kunna fungera erfodras det att jordens hållfasthet mobiliseras. Detta medför att rörelser i jorden krävs för att åstadkomma en jämvikt.

Beroende på rörelsebilden kommer jordtrycket mot spontväggen att utvecklas olika. Praxis i Sverige är att dimensionera efter de anvisningar som finns i Sponthandboken. Den dimensioneringsmetodik som finns i Sponthandboken tar ej hänsyn till konstruktionens styvhet med undantag för en metod presenterad av Rowe 1952.

Spontdimensionering förändras kanske främst genom tillgången till numeriska hjälpmedel men även på grund av att nya normer införs.

## Syfte

Arbetet ska belysa hur sponten och jorden samverkar i såväl brottsgräns- som i bruksgränstillstånd. Hur väl stämmer de beräknade jordtrycken ifrån Sponthandboken med de som beräknas med avancerade numeriska metoder? Vilka konsekvenser kommer införandet av Eurokoden ha för de spontväggar som konstrueras i Sverige?



## Genomförande

- Beräkningar av spontdeformationer samt krafter i spontkonstruktionens ingående delar.  
Beräkningen utförs traditionellt samt med finita element programmet PLAXIS.
- Studera hur beräkningarna påverkas av:
  - Effekter av uppspänning
  - Konstruktionens styvhet
  - Vidhäftningen mellan spont och jord
  - Valvbildning i jorden
  - Momentreduktion enligt Rowe
  - Jordtryck enligt Brinch Hansen
  - Effekten av överlaster i brottsgräns- samt bruksgränstillståndet

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Sam Shiltagh

## Presentation

Spring 2010

## Report

will be published as report TVSM-5165

## Supervisors

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics, Lund

Ola Dahlblom, Prof.  
Div. of Structural Mechanics, Lund

Lars Rehn, Civ.ing.  
Skanska Teknik, Malmö

## In cooperation with

Skanska Teknik

## Examiner

Susanne Heyden, PhD  
Div. of Structural Mechanics, Lund

## The work is performed at

Skanska Teknik and  
Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University



**LUND**  
UNIVERSITY

# GRÄVPÅLAR

## Dimensionering, utformning och användningsområden



Grävpålar är platsgjutna betongpålar som framställs genom att borra eller gräva ett hål i marken och sedan fylla det med armerad betong. Grävpålarnas djup och dimension kan anpassas till typ av byggnad och beroende på lasten och markförhållandena, kan grävpålar göras ända ner till 100 meters djup. Grävpålar har stora dimensioner och används huvudsakligen för stora koncentrerade laster eller där det finns krav på låg ljudnivå vid bygge. I Sverige är användningen av grävpålar ganska liten jämfört med länder som Tyskland, England och USA. Trots att grävpålar i många situationer troligen har betydande fördelar är produktionen av grävpålar i Sverige ännu bara en liten bråkdel av produktionen av slagna pålar.

## Bakgrund

Pålning är en grundläggningssmetod som används för olika typer av byggnationer som hus, vägar, järnvägar och broar. Pålarna överför lasten från den ovanliggande konstruktionen förbi svaga jordlager ner i eller till mera bärkraftiga jordan eller berg. Pålning görs med olika metoder och material beroende på typ av konstruktion, markförhållanden och tillgänglig kunskap och utrustning. Den vanligaste metoden är att man slår ner pålar av betong, trä eller järn i marken med hjälp av en pålkran. Denna konventionella metod är dock inte lämplig i alla förhållanden. Slagpålars diameter är begränsad med hänsyn till att de skall kunna slås ner. Vidare ger slagningen ljud som vid bygge i tätbebyggt område kan vara oacceptabel.

## Syfte

Syftet med examensarbetet är att genom litteraturstudier och utvärderingar av olika dimensionerings- och utförandemetoder komma fram dels till något lämpligt val av anvisningar för utförande och dimensionering, dels till underlag för kunna bedömma när grävpålar är lämpliga utifrån tekniska och ekonomiska aspekter.

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## ANALYSIS OF VIBRATIONS IN HIGH-TECH FACILITY

Peter Persson

### *Presentation*

Spring 2010

### *Report*

will be published as report TVSM-5164

### *Supervisor*

Kent Persson, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### *In cooperation with*

MAX-lab, Lund University

### *Examiner*

Delphine Bard, *Lecturer*

*Div. of Engineering Acoustics, Lund*

### *The work is performed at*

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

MAX-lab is a national laboratory operated jointly by the Swedish Research Council and Lund University. Nowadays, the MAX project consists of three facilities (three storage rings). A new storage ring is needed to improve material science, such as nanotechnology. MAX-IV will be 100 times more efficient than already existing synchrotron radiation facilities.

The floor of the MAX IV building will mainly be constituted of a concrete structure that is built on soil consisting of mostly boulder clay.

Since the quality of the measurement results from the MAX IV ring is dependent on the precision of the synchrotron light, a very strict requirement regarding the vibration levels are defined. The strict requirement is especially put in the vertical direction where the mean vibration level must be less than 26 nm during one second in the frequency span of 5-100 Hz.

The structure is exposed to both to harmonic and transient excitations. The harmonic excitation is typically working machines and transient excitations are typically traffic from the nearby roads and other human activities in the building such as walking.

The main objective is to study vibrations at the foundations to the synchrotron light subjected to different excitations. The aim is to establish realistic finite element models that predict vibrations in the foundation with high accuracy.

The ultimate goal is to prove the fulfilment of the needed requirements. If technical conditions are not fulfilled for the proposed structure, solutions to achieve them could be pointed out as well. The vibrations are analysed by the finite element method in both transient as well as steady state solutions. Since the models become very large, the technique of modal reduction is employed.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics

## CRASH CAE MODELLING OF RUBBER BUSHINGS

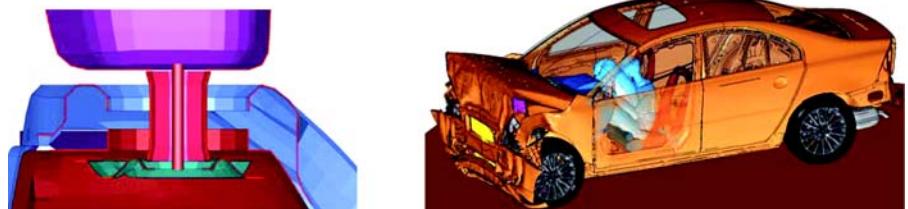
Oscar Jesus Centeno Gil

### *Presentation*

Spring 2009

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5163



### *Supervisors*

Per-Erik Austrell, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Linus Wågström, *Lic.Eng.*

*Volvo Car Corporation*

Explicit FEA simulation has become an important tool for assessment and improvement of the crashworthiness of cars. Concept and ideas can be evaluated in computers long before physical prototypes are available.

The precision and resolution of the crash simulation models have improved tremendously during the last decade due to extensive method development and the huge increase in computational power.

However, several areas are still handled in a simplified way, e.g. with multidimensional spring elements, instead of a more physical modelling. One such area is rubber bushings in engine mounts and wheel suspension. Until recently, the general level of detail in full car crash models has not allowed a physical modelling of rubber bushings with solid elements.

The purpose of this work is to develop new and improved modelling techniques for rubber bushings, compare to traditional modelling and issue modelling guidelines/recommendations. Testing activities may be needed in order to identify rubber material parameters and to verify the final model, but the work is mainly theoretical and numerical.

### *In cooperation with*

Volvo Cars Safety Centre

### *Examiner*

Ola Dahlblom, *Prof.*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### *The work is performed at*

Volvo Cars Safety Centre,  
Gothenburg



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Anders Henriksson

## Presentation

Spring 2009

## Report

will be published as  
report TVSM-5162

## Supervisors

Kent Persson, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*  
Mattias Jansson, *M.Sc.*  
*SAPA, Building Systems*

## In cooperation with

SAPA Building Systems

## Examiner

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

# DIMENSIONERING AV GLAS-/ALUMINIUMFASADER MED AVSEENDE PÅ KOMBINATIONSLASTER

## Problembeskrivning/bakgrund

I kommersiella fastigheter utgör idag fasader av glas/aluminium ett vanligt väggalternativ. Trenden i byggnadsarkitekturen medför att glastorlekar och tjocklekar ökar i kombination med allt högre och större fasadytor. Dessutom tillförs fasaden ytterliggare laster i form av olika solavskärmningslösningar etc. Detta innebär att stomprofilerna måste utnyttjas bättre för att inte resultera i onödigt stora tvärsnitt. Sapa Building System AB som fasadleverantör svarar bl.a. för systemutveckling, tillhandahållande av kompletta tillverkningsunderlag, framtagande av behövlig produktionsutrustning samt lagerhållning av profiler och tillbehör. För detta ändamål krävs framtagande av projekterings- och tillverkningsanvisningar. Dessutom marknadsför företaget sig, sina licenstillverkare och slutprodukten mot föreskrivande led, arkitekter och konstruktörer.



liggande profil krävs att lasten kan föras över på de profiler som fortfarande är stabilisera. Detta uppnås genom att de glas försedda facken ovan och bred vid fördelar lasten genom skivverkan ut till de profiler som kan ta upp lasten.

## Förutsättningar

- Fasadsystem SFB 4150 med dess förekommande stomprofiler (rektagulära, T-formade och I-formade tvärslott samt s.k. delningsprofiler) verifieras för kombinerad tryck-/böjning.
- Beräkningar görs teoretiskt samt med FEM och utförs enligt linjär bucklingsteori.
- Praktisk provning kan/ska om möjligt verifiera ovanstående beräkning.

## Resultat

Kompletta projekterings- och tillverkningsanvisningar ska upprättas. Med dessa som underlag upprättas digitalt hjälpmittel för dagliganvändare (lathund i Excel eller liknande).



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## ANALYSIS OF SETTLEMENTS OF TEST EMBANKMENTS DURING 50 YEARS - A Comparison between Field Measurements and Numerical Analysis

Bahatin Gündüz

### Presentation

Winter 2008

### Report

will be published as report TVSM-5161

### Supervisors

Lars Johansson

Ramböll Sverige AB, Malmö

Ola Dahlblom, Prof.

Div. of Structural Mechanics, Lund

### In cooperation with

Ramböll Sverige AB

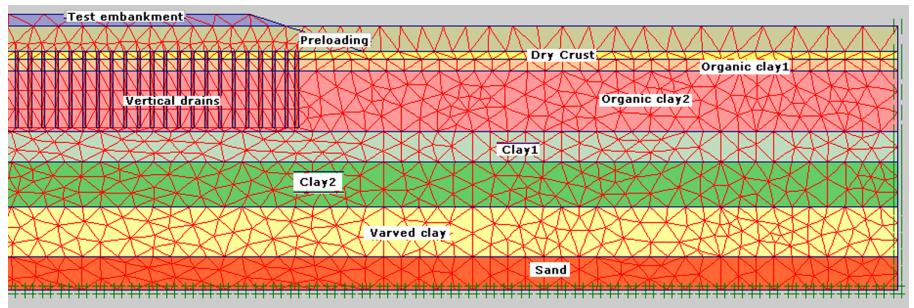
### Examiner

Per Johan Gustafsson, Prof.

Div. of Structural Mechanics, Lund

### The work is performed at

Ramböll Sverige AB,  
Malmö



For a little more than 50 years, the Swedish Geotechnical Institute (SGI) has had test embankments at different locations in Sweden. The aim with the test embankments has been to follow up settlements by field measurements in order to improve both the general knowledge and calculation methods. The purpose of this Master Thesis is that settlements will be calculated by numerical methods by use of the finite element program PLAXIS and compare the calculated result with field measurements. The main objective is to create a numerical model which describes the current field situation as realistic as possible.

The compared objects in this work will be test embankments at Lilla Mellösa and Skå-Edeby, located in Stockholm. At Lilla Mellösa two test fills were constructed by SGI in 1945 – 1947 while at Skå-Edeby four test fills were constructed in 1957. The background to the building of test fills was the search of a place for a new international airport outside Stockholm. The soil condition in both areas consisted of very com-

pressible soil layers with large thickness.

The two-dimensional version of Plaxis will be used for computing settlements. Plaxis is very practical for solving complex geotechnical problems involving settlement or slope stability. Those elements are then connected by nodes. The stress and tension in every element can later be calculated. The work will be carried out in several steps. The first part of the work will be a literature study in order to find relevant information on the topic. One important phase of this step is to identify previous work adopting the same or a similar method. Analyses will be carried out for embankments placed on different soil layer profiles. Different methodologies will be adopted, i.e. separation between the mechanical and the pore water phase, and incorporation of both at the same time (consolidation), respectively. Also different soil models can be adopted in order to describe the soil behaviour as correctly as possible. A raw presentation of the results without any interpretations or judgements will be given.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## DYNAMICS OF HIGH-SPEED RAILROAD BRIDGES

Andreas Gustavsson

### Presentation

Winter 2008

### Report

will be published as report TVSM-5160

### Supervisors

Kent Persson, *PhD*

Div. of Structural Mechanics, Lund

Per-Erik Austrell, *PhD*

Div. of Structural Mechanics, Lund

Morgan Johansson

Reintersen Sverige AB

### In cooperation with

Reintersen Sverige AB

### Examiner

Göran Sandberg, *Prof.*

Div. of Structural Mechanics, Lund

### The work is performed at

Reintersen Sverige AB and  
Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University



LUND  
UNIVERSITY

### Background

The dynamic behavior of railway bridges is in most design codes traditionally analysed by following an approach of a so-called "single moving load" model which is a static load that, multiplied with a dynamic impact factor, represents the increase of a static load to a dynamic situation. This model does not take into account the possibility of resonance effects due to a periodic load, which may appear for train reaching speeds above 200 km/h. In 1995, due to several problems with high speed railway lines, in particular excessive high acceleration on bridges that could lead to ballast liquefaction, the European Rail Research Institute (ERRI), decided to establish a committee to study these phenomena. It resulted in new design codes for railways with train-speeds above 200 km/h, which included the necessity to take the effect from periodic load into account.

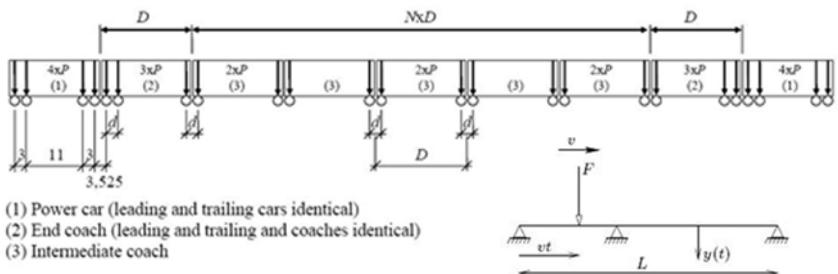
When calculating the dynamic effect of a railway bridge a general used method is "the travel point force technique". The method implies that by performing a discretisation of the structure, divide it into smaller parts, so called finite

elements, an approximate model of the bridge is obtained. The trains are modelled as point forces moving over the bridge model. By solving the system of differential equations  $M \cdot a + C \cdot d + K \cdot d = f$  at different time-steps, the bridge response is calculated.

Depending on the accuracy of the result the structure may be modelled in 1-, 2- and 3-dimensions. A large advanced model normally produces a more precise result. Analysing large models of bridges is, however, time consuming and in an early stage of a project a simple model could significantly reduce the time needed to perform the analysis. To benefit from such a simplified model, it should provide sufficiently accurate results that have to be carefully interpreted.

### Aim

The aim of the thesis is to develop a design tool for analysing the dynamic response of railway bridges subjected to high-speed trains. The design tool is intended to be used at an early stage in the design process to make estimation of the influence of various design variables



# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## TRÄS SKJUVHÅLLFASTHET -ÄR EN SÄNKNING AV NORMVÄRDEN BEFOGAD?

Johan Odén och Daniel Andersson

### Presentation

Winter 2008/2009

### Report

will be published as report TVSM-5159

### Supervisors

Per Johan Gustafsson, *Prof.*

Susanne Heyden, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

Arne Emilsson

*Limträteknik AB, Falun*

Roberto Crocetti

*Töreboda-Moelven AB, Töreboda*

### Examiner

Kent Persson, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

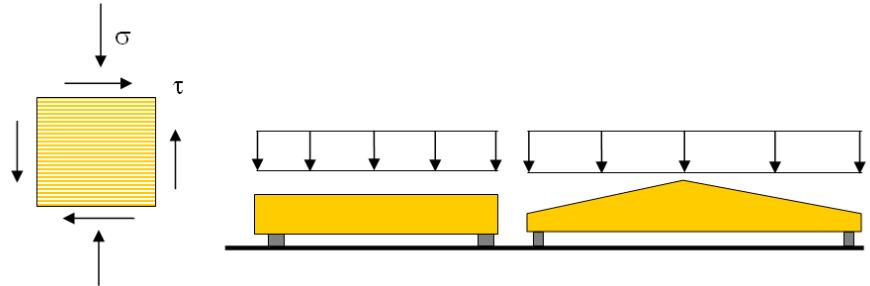
### In cooperation with

Limträteknik AB, Falun

Töreboda-Moelven AB

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering, LU



### Bakgrund

Mot bakgrund av förändringar på Europeisk nivå finns planer på att också i Sverige sänka det normmässiga värdet på träs skjuvhållfast. I Sverige planeras en sänkning med ca 30% från ett karakteristiskt värde på 4.0 MPa (avser limträ) till 2.5 eller 3.0 MPa. Detta skulle i så fall innebära att trä förlorar i konkurrenskraft mot andra konstruktionsmaterial som stål och betong. Det finns därför ett behov av att klärlägga om en sådan sänkning är befogad och att undersöka om de nuvarande grova metoderna för beräkning bjälkars bärformåga mht till tvärkraftsbrott kan förfinas. Särskilt för så kallade sadelbalkar skulle sänkning av det normmässiga skjuvhållfasthetsvärdet innehärra en avgörande begränsning.

ning,  $\tau$ , påverkar träets skjuvhållfasthet. Som en del i arbetet ingår att utforma eller välja någon provningsmetod och att göra spänninganalys av aktuell provkropp.

- I en balk är tvärkraften och därmed skjuvspänningarna normalt störst vid balkens upplag. Med nuvarande beräkningsmetoder predikeras skjubrott på enkelt sätt från enbart storleken av nominell skjuvspänning. Sammanställning av tidigare resultat samt jämförelser mellan experimentella provningar, beräkningsanalyser (Abaqus) och dagens byggnormer förväntas ge information om huruvida det är befogat att sänka normmässigt värde på träs skjuvhållfasthet.

### Examensarbetet

- Genom experimentella materialprovningar av trä undersöka hur en tryckande normalspänning,  $\sigma$ , som verkar samtidigt med en skjuvspän-



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Fiona Rovapalo

## Presentation

Winter 2009

## Report

will be published as  
report TVSM-5158

## Supervisors

Ola Dahlblom, Prof.

Div. of Structural Mechanics, Lund

Henrik Wall, Lic.

Skanska Sverige AB,

Skanska Teknik, Geoteknik och berg

## Examiner

Per Johan Gustafsson, Prof.

Div. of Structural Mechanics, Lund

## The work is performed at

Skanska Sverige AB,  
Skanska Teknik, Geoteknik  
och berg and  
Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

# MODERNA GRUNDER - KONCEPT FÖR TYPGRUNDLÄGGNING AV FLERBOSTADSHUS

En ökad industrialisering har inneburit stora effektivitetsvinster vid nybyggnation av flerbostadshus. Det finns dock ännu inga metoder för standardisering och industrialisering av grundläggningen, vilket gör den till en relativt kostsam och resurskrävande del av byggprocessen.

Skanska har startat ett konceptbygge som kallas *Moderna Hus*. Syftet är att genom standardisering och industrialisering minska bygg- och projekteringskostnaderna och därigenom skapa ett billigare boende. Husen är flerbostadshus som uppförs i sex till åtta våningar. Stommen är prefabricerad och badrummen kommer som färdiga moduler. Standardiseringen leder till minskade byggkostnader, men minskar samtidigt kundens anpassningsmöjligheter.

Idag är i stort sett allt utom själva grundläggningen av *Moderna Hus* standardiserat. Kostnaderna för grundläggningen är relativt höga och en standardisering av grundläggningen skulle innebära en ytterligare optimering av bygg- och projekteringskostnaderna.

Eftersom grundläggningssmetoden är beroende av de geologiska och geotekniska förutsättningarna på den plats där husen skall uppföras, är förutsättningarna för grundläggningen mycket olika. De två vanligaste grundläggningssmetoderna för denna typ av byggnader är pågrundläggning och grundläggning på självbärande sulor. Examensarbetet kommer därför främst att fokusera på dessa två metoder. Arbetet avgränsas med att studera två typer av naturligt lagrade jordar - friktionsjord och lera.

Standardiseringsmöjligheterna för grundläggningen ska undersökas genom att studera de hittills genomförda *Moderna Hus*-projekten inom Skanska.

Syftet med detta examensarbete är att försöka finna en standard för grundläggningen av de prefabricerade flerbostadshusen.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## VIBRATIONS IN A 7-STORY WOOD BUILDING

Åsa Petersson and Livia Holterman

### Presentation

2008

### Report

will be published as report TVSM-5157

### Supervisors

Delphine Bard, *PhD*

*Div. of Engineering Acoustics, Lund*

Kent Persson, *PhD*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### Examiner

Göran Sandberg, *Professor*

*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### In cooperation with

Växjö University

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

### Background

In 1994 a change of the Swedish Construction Code, BKR, made it possible to design and construct buildings with more than two storeys made of wood. A part of the new urban district Välle Broar in Växjö is the quarter Limnologen where four houses are being built with the foundation and the ground floor made of concrete and the upper seven storeys with wooden frames. This makes them the highest buildings made of wood in Sweden.



One of the houses in Limnologen Quarter

There are many advantages of using wood as a construction material; it is flexible, ecological, economical, fire-resistant and it is strong compared to its weight. When using wooden frames special care has to be taken in order to meet the demands of sound and vibration isolation which can be problem with light weighted joists.

Wood is an orthotropic material, i.e it has three planes of material symmetry. This means that the material behaves differently when loaded in different directions; parallel to the fibers (longitudinal), radially and tangentially transverse to the fibers.

waves) caused by steps will be transmitted in the building. The work will contain two parts. One is carrying out measurements with the help of a standardized tapping machine simulating steps and accelerometers measuring the accelerations. Several different cases are investigated: The transmission of vibrations between floor and wall, floor and ceiling and between different floors.

The second part is to develop a FE-model of the structure to simulate the dynamic effects of the steps. The software Abaqus 6.7 will be used for the simulations. The measurements will act as reference to see if the model is accurate. The goal is to verify if a very simple model of a building can predict how vibrations are transmitted.

### Content

The objective of the thesis is to investigate how vibrations (flexural



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## BERÄKNINGSMETOD FÖR STENPELARE ANPASSAD TILL SVENSKA FÖRHÅLLANDEN

Johan Dahlberg and Johan Hedlund

### Presentation

2008

### Report

will be published as  
report TVSM-5156

### Supervisors

Per Johan Gustafsson, Professor  
Div. of Structural Mechanics, Lund

Marcus Dahlström  
LCM AB

### Examiner

Ola Dahlblom, Professor  
Div. of Structural Mechanics, Lund

### In cooperation with

LCM AB, Lindome

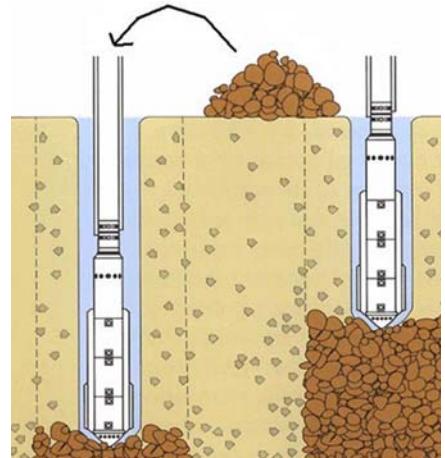
### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

Stenpelare är en metod för grundförstärkning som används i stora delar av världen. I Sverige är metoden däremot relativt ny och har hittills använts bara fyra gånger. Stenpelare kan installeras med olika metoder där den som kommer behandlas mest i detta arbete kallas för torr metod.

Vid installation av stenpelare används en maskin bestående av en vibrator monterad längst ner på ett rör med samma längd som blivande grundläggningdjup. Vibratorn förs ner i marken och därefter fylls den ihåliga vibratorn med stenmaterial uppifrån. Stenarna som används har en diameter som varierar mellan 0-50 mm. Ofta är dock de finare partiklarna, <4 mm, inte önskvärda. Fyllnadsmaterialet vibreras sedan ut genom ett munstycke längst ner. När den kringliggande jorden bjuder tillräckligt motstånd avbryts packningen och vibratorn dras upp till nästa nivå. Nivåerna som pelarna packas i är ungefär en halvmeter åt gången.

LCM AB har som underentreprenör till Vägverket produktion utfört stenpelareförstärkning vid ombyggnad av väg 73 mellan Stockholm och Nynäshamn. Projektet omfattar 1340 stenpelare över en sträcka på 160 m. Stenpelare har använts som jordförstärkning för en bank upp till nio meter hög. I samband med väg-



Principskiss stenpelare

projektet har även en provbank upprättts vars syfte är att undersöka pelarnas egenskaper i löslös organisk lera/gyttja. Syftet med provbanken är att utvärdera stenpelare som en framtida förstärkningsmetod vid utbyggnaden av Värta Hamnen i Stockholm.

### Uppgift:

- Att beräkna sättningar och jordstabilitet för provbanken.
- Jämföra resultaten från beräkningar med utförda tester.
- Dra slutsatser om antaganden rörande stenpelarnas beteende samt beräkningsprogrammet Gretas validitet för svenska leror.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## IMPLEMENTING A FLEXIBLE DISTRIBUTED PARALLEL FINITE ELEMENT SOLVER

*Fredrik Hansson and Filip Johansson*

### *Presentation*

2008

### *Report*

will be published as report TVSM-5155

### *Supervisors*

Jonas Lindemann, *PhD*  
LUNARC, Lund

### *Examiner*

Ola Dahlblom, *Professor*  
Div. of Structural Mechanics, Lund

### *In cooperation with*

StruSoft, Malmö

### *The work is performed at*

Div. of Structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

### **Background:**

Parallel computing is becoming more and more important in modern Finite Element Software. As problems grow larger, computation on a single processor may not be fast enough. To overcome this problem, one can utilize parallel programming using e.g smp-machines or clusters.

Furthermore, when local compute resources are scarce, it can be quite convenient to take advantage of non-local resources for performing the calculations.

### **Task:**

The purpose of this thesis work is to investigate some ways of parallelizing existing Finite Element Code. There are several ways to do this, we will be focusing on openMP, PETsc and intel MKL.

- OpenMP is a set of compiler directives that can be directly inserted in to existing code.

- PETsc is a library for solving partial differential equations using the Message Passing Interface, MPI.
- Intel MKL is a library of threaded math routines based on openMP. It is highly optimized for Intel processors.

Also, we would like to investigate the possibility of distributing the calculations to non-local resources using e.g. the Internet Communications Engine (ICE). It would be optimal if the user could utilize the non-local resources by the click of a button.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Erik Persson

## Presentation

2008

## Report

will be published as report TVSM-5154

## Supervisors

Per Johan Gustafsson, Professor  
Div. of Structural Mechanics, Lund

Arne Emilsson  
Limträteknik AB, Falun

Roberto Crocetti  
Töreboda-Moelven AB, Töreboda

## Examiner

Göran Sandberg, Professor  
Div. of Structural Mechanics, Lund

## I cooperation with

Limträteknik AB, Falun  
Töreboda-Moelven AB

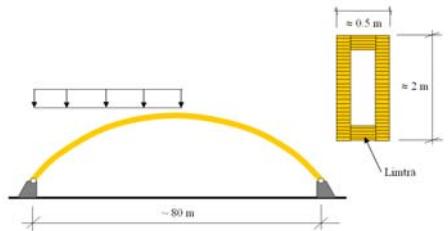
## The work is performed at

Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

# SPÄNNINGAR OCH BÄRFÖRMÅGA FÖR STORA KRÖKTA BALKAR MED LÅDTVÄRSNITT GJORDA AV TRÄ

## Bakgrund

Den bärande konstruktionen i byggnader med mycket stora spänvidder utformas ofta som en tryckbåge, som vid symmetrisk yttre belastning nästan enbart utsättes för en tryckande normalkraft. De laster som finns i verkligheten, t.ex snö- och vindlastar, kan emellertid vara osymmetriska och då uppkommer moment och tvärförster i den krökta balken. För en krökt balk ger dessa snittstorheter (förutom böjspänningar och skjuvspänningar) också normalspänningar vinkelrätt balken. För träbalkar med rektangulärt tvärsnitt finns etablerade metoder för beräkning av dessa betydelsefulla och ibland avgörande spänningar vinkelrätt balken. Vid mycket stora konstruktioner är emellertid balkar med lådförskjutna tvärsnitt effektivare och för dessa saknas för närvarande etablerade beräkningsuttryck både för spänningarna vinkelrätt balken och för skjuvspänningarna. En särskild aspekt är att den stora volymen av material i dessa stora balkar innebär att det statistiskt sett finns stor risk för att materialet i någon punkt har någon skada som gör det svagt. Det finns planer för byggande med aktuell typ av



balk. Frågeställningen har därför stor aktualitet. Mer generellt finns det ett behov av en beräkningsmodell för krökta balkar med lådtvärssnitt också i bl.a. den Europeiska träbyggnadsnormen, Eurocode 5.

## Uppgifter

- Härledning av beräkningsuttryck för spänningar i krökta balkar.
- Verifiering av beräkningsuttryck med hjälp av linjärelastisk finita elementberäkning.
- Val av metod för hänsynstagande till att träets nominella styrka minskar med volymen trä som är belastad. Detta hänsynstagande kan t.ex. göras enligt så kallad Weibullteori, d.v.s. "svagaste länken teori".



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics

## STRESS ANALYSIS OF PTFE SLEEVES IN INDUSTRIAL VALVES

Daniel Clarhed

### Presentation

2007

### Report

will be published as report TVSM-5153

### Supervisors

Kent Persson, PhD

Div. of Structural Mechanics, Lund

Per-Erik Austrell, PhD

Div. of Structural Mechanics, Lund

### Examiner

Göran Sandberg, Professor

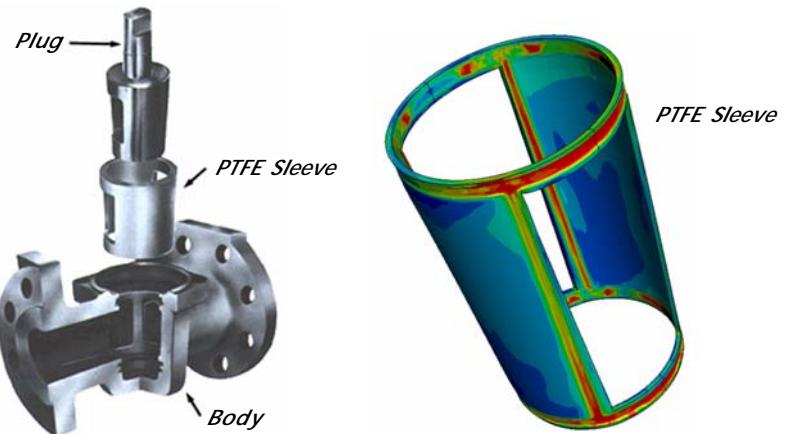
Div. of Structural Mechanics, Lund

### In cooperation with

Fluoroseal Valves Inc.,  
Montréal, QC, Canada

### The work is performed at

Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University



PTFE, better known as Teflon, is a polymer that has gained importance in industrial applications during the second part of the twentieth century. Its low coefficient of friction and inertness makes it suitable not only for cooking utensils, but also for sealings in industrial valves. However, the material exhibits unwanted mechanical properties, such as stress relaxation (i.e. loss of stiffness with time) and temperature dependence, that may cause problems in certain applications.

Fluoroseal Valves Inc. is a Canadian company situated in Montréal, QC, that produces valves sealed with PTFE sleeves, cf the figure. The company manufactures valves with inlet sizes ranging from 0.5" to 24". The 24" valves are sensitive to leakage when blocked, which is thought to be due to the stress relaxation of PTFE.

The objective of this master thesis is to perform a stress analysis of the PTFE sleeve used in the 24" valve, in order to address the leakage problem. The master thesis comprise measurements on the sleeve and finite element modelling of the valve. The data gathered will be used to perform a stress analysis of the sleeve and specifically focus on the stress relaxation of PTFE.

Throughout the master thesis, the finite element software ABAQUS will be used to perform the computations, and MATLAB will be used for numerical manipulations. In addition, a study of the mechanics of polymers is done to get a clear view of the complexity of the problem.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## LIMFÖRBAND VID FOGNING AV GLAS

Oskar Larsson

### Presentation

2008

### Report

will be published as  
report TVSM-5152

### Supervisors

Kent Persson, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*  
Peter Möller  
*Bostik AB, Helsingborg*

### Examiner

Göran Sandberg, *Professor*  
*Div. of Structural Mechanics, Lund*

### In cooperation with

Bostik AB, Helsingborg

### The work is performed at

Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

### Bakgrund

Ur ett estetiskt och arkitektoniskt perspektiv ses det ibland lockande att skapa konstruktioner helt byggda i glas. Detta ställer krav på att glaset kan agera som bärande material av laster såsom vind, snö och egentyngd och i vissa fall även personlaster. Flertalet exempel på tak, fasader och golvkonstruktioner som är helt konstruerade i glas finns. Även gångbroar med bärande balkar av glas har konstruerats.

Glas är ett starkt men samtidigt sprött material. Glas uppvisar ett linjärelastiskt beteende ända till brott men med en total avsaknad av plasticering. Avsaknaden av plasticering gör att stora spänningsskonzentrationer uppstår vid upplag och andra ställen där krafter överförs. Därför ställs stora krav på en konstruktiv utformning av upplag och förband för att undvika för stora spänningsskonzentrationer.

Vid sammanfogning av glaselement används generellt bultförband. Mellanlägg av mjukare material som exempelvis EPDM används för att undvika allt för höga spänningsskonzentrationer. Limmade förband används i viss utsträckning men är ännu ett relativt utforskat område. I detta examensarbete kommer korttidslastkapaciteten för ett antal olika limmer och silikoner att utredas.

### Mål

Det övergripande målet med examensarbetet är att bestämma skjukkapaciteten i ett antal förekommande silikon- och limtyper. Skjukkapaciteten skall bestämmas för en korttidslast. Arbetet kommer att omfatta:

- Utveckling av en experimentell provningsmetod i skjukning för att bestämma limförbandets egenskaper.
- Utifrån provningsresultaten anpassa dessa till en teoretisk FE-modell.
- Verifiera FE-modellen genom tester i full skala.
- Utifrån FE-modellen utvärdera och ge förslag till lämpliga användningsområden för de olika silikon- och limtyperna.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## STRESSES IN IRON ORE PELLETS DURING SILO DISCHARGE - ANALYSIS IN LARGE STORAGE SILOS WITH PERFORATED INNER TUBE DESIGN

John Brown

### Presentation

2007

### Report

will be published as report TVSM-5151

### Supervisors

Ola Dahlblom, Professor  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

Per-Erik Austrell, Lecturer  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

### Examiner

Göran Sandberg, Professor  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

### In association with

SWECO BLOCO

### The work is performed at

Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

### Background

In the north of Sweden the state owned company LKAB is increasing their production. Their main product is sintered iron ore spheres called pellets. The pellets are mostly shipped by boat from the harbor of Narvik in Norway to customers all over the world. In Narvik the storage capacity is required to expand because of the ratio between the cargo capacity of trains and of the ships. To meet the demands twelve giant silos are built in the bedrock, each with a diameter of 40 m and a height of about 60 m. The pellets are not allowed to reach a certain limit of stress in risk of cracking and loss of permeability. The permeability is an important property of the pulp for the steel plants. The following process in the plants includes warming which can be done with hot air that will be opposed by too many fines. The silos have a perforated inner tube design to decrease the stress in the pellets.

### Contents

The thesis will be about the stresses in the iron ore pellets during discharge of these large silos. The work will be executed with numerical methods and with the entire volume of pellets modeled as a continuum. To obtain accurate results of stresses the calculations will be transferred and evaluated in a control volume with pellets as deformable bodies.



By courtesy of LKAB



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Juan Cardenal

## Presentation

2007

## Report

will be published as  
report TVSM-5150

## Supervisors

Henrik Danielsson, Doktorand  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

Per Johan Gustafsson, Professor  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

Arne Emilsson  
Limträteknik AB, Falun

## In cooperation with

Limträteknik AB, Falun

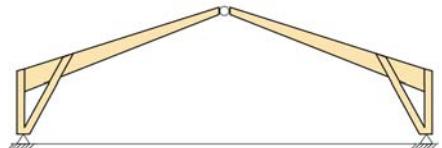
**The work is performed at**  
Div. of structural Mechanics,  
Faculty of Engineering,  
Lund University

# DIMENSIONERINGSMETOD FÖR TRELEDSRAM

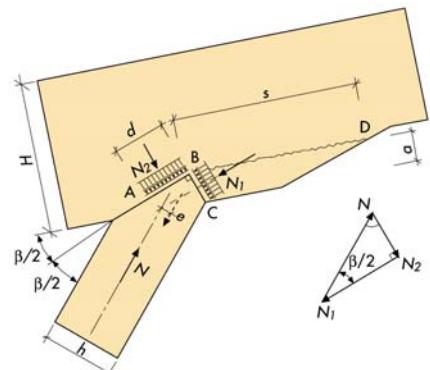
Treledsramar gjorda av limträ och utformade enligt bilderna användes för byggnader med stora spänvidder, normalt mellan 15 och 40 m. Ett antal konstruktioner av denna typ har kollapsat under senare år. Det finns därför ett behov av att analysera spänningar och bär förmåga. Av särskilt intresse är spänningar och risk för brott i anslutningen mellan trycksträva och balk.

Examensarbetet innehåller:

- genomgång av nuvarande i Limträ-handboken angiven dimensioneringsmetod
- räkningar, t.ex. med Calfem, för bestämning av tvärkrafter och moment
- finita elementberäkningar, t.ex. med Abaqus, för analys av spänningar och brott
- experimentella provningar
- sammanställa metod eller diagram för dimensionering av balken vid dess anslutning mot strävan.

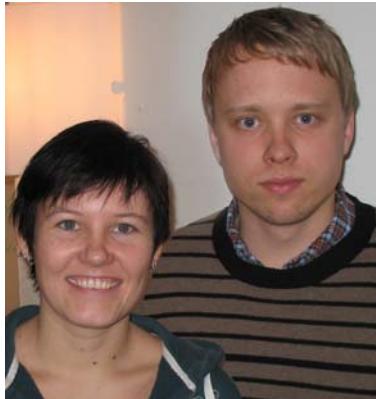


Skråstiverne var underdimensjonert og kan ha vært tilleggsårsak til skaden.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## STRUCTURE AS ARCHITECTURE

*Louise Pedersen and Jonas Täljsten*

### *Presentation*

Spring, 2007

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5149

### *Supervisors*

**Göran Sandberg**, Professor  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

**Kent Persson**, PhD  
Avd. för byggnadsmekanik, LTH

**Morten Lund**, Architect, professor  
Copenhagen, Denmark

*The work is performed at*  
Div. of structural Mechanics  
and Div. of Architecture and  
Built Environment, Lund Inst.  
of Technology, Lund University

### **Background**

Throughout the history it has mostly been the same person that both design and construct a building. The so called "Master Builder" handled both with the architecture and the durability of the construction.

With the industrialization and new technical development the work became so complex that it was necessary to divide the "Master Builder" into two central professions. The architect and the engineer became now two different professionals who should work in cooperation. The two professions slid more and more away from each other during the years. Nowadays this trend has turned around and both architects and engineers have understood that if development of new complex architecture shall continue it is necessary to have a near collaboration, work together and above all have an understanding for each work and profession.

Programme of Civil Engineering and the Division of Architecture and Built Environment at the Programme in Architecture. Jonas Täljsten a student in architecture and Louise Pedersen a student of civil engineering have decided to design and construct a museum of Modern art in Warsaw. The building will be constructed in such way that both the architectural form and the mechanical force play together. It will not only show general cooperation between the two professions but also how modern architecture can be developed throughout a positive collaboration between form and structure.

### **Contents**

This Master Thesis will be about problems that can appear in cooperation between architects and engineers and how they may be solved. The thesis will also deal with a building project. It is collaboration between the Division of Structural Mechanics at the



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Christoffer Schunnesson

## Presentation

Spring, 2007

## Report

will be published as report TVSM-5148

## Supervisors

Ola Dahlblom

Avd. för byggnadsmekanik, LTH

Lars Johansson

Ramböll Sverige AB

## The work is performed at

Ramböll Sverige AB,  
Malmö

## In cooperation with

Ramböll Sverige AB

# SAMVERKANSGRUNDLÄGGNING I RELATION TILL PÅLNING

## Bakgrund

När en byggnad skall uppföras, så är ett av kraven att bl a sättningarna inte får bli för stora. För att uppfylla detta krav kan pålar användas, vilka tar upp lasten från byggnaden och för ner den djupare i marken. Fördelen med detta är dels att det sättningskänsliga lagrets mäktighet minskas, dels att jordens hållfasthet vanligtvis ökar med djupet. Pålarna kan principiellt, beroende på verkningsätt, delas in i *mantelburna* (lasten från pålarna förs över till jorden främst genom friktion längs pålens mantel) eller *spetsburna* (lasten från pålarna överförs till ett fast underliggande lager via pålspetsen). Vilken av de två som väljs avgörs av de specifika förhållandena för varje enskilt objekt. Vid stora jorddjup används t ex vanligtvis mantelburna pålar, medan spetsburna är vanliga vid små jorddjup. Vid traditionell dimensionering av en pålgrundläggning förutsätts att all last från byggnadskonstruktionen tas upp av pålarna.

Vid en samverkansgrundläggning utnyttjas samtliga ingående konstruktionselement (grundplattan, pålarna och den omkringliggande jorden) för att ta upp lasten från byggnaden. Grundplattans uppgift är att fördela och föra över samtliga laster till pålarna. Till skillnad från traditionell dimensionering av pålgrundläggningar, utnyttjas vid samverkansgrundläggning att grund-

plattan i sig även kan föra över last direkt till jorden och inte bara till pålarna. En förutsättning för detta är dock att manterburna pålar används. Vid samverkansgrundläggning används således mantelburna pålar också vid måttliga jorddjup, där spetsburna pålar förmodligen traditionellt skulle ha valts. Vinsten med detta angrepssätt är att antalet pålar kan minskas. Samtidigt måste grundplattan göras starkare, vilket innebär en fördyring.

Genom att titta på tre stycken redan byggda objekt som är grundlagda med spetsburna pålar, mantelburna pålar samt samverkansgrundläggning kan man jämföra de olika typerna av grundläggning och vilka geotekniska förhållanden som råder. För fallen mantelburna respektive spetsburna pålar kan utredas om samverkansgrundläggning istället hade varit ett alternativ och, i så fall, vad detta hade inneburit.

Dessa objekt kommer att beräknas med hjälp av dataprogrammet PLAXIS som är utformat för att kunna räkna på stabilitet, sättningar och grundvattenflöde med hjälp av finita elementmetoden. Det kan klara av beräkningar både i 2D och 3D.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## FINITA ELEMENTANALYS AV BRANDUTSATTA FACKVERKSBAKAR I STÅL

Andreas Hägg och Andreas Lindqvist

### Presentation

December, 2006

### Report

will be published as  
report TVSM-5147

### Supervisors

Kent Persson  
*Avd. för byggnadsmekanik, LTH*

Tommy Wågsäter  
*FSD AB*

Wolfgang Dreyersuhr  
*EAB*

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### In cooperation with

FSD AB and EAB

### Bakgrund

Det har blivit allt vanligare med direkt-handel i stora enplans varuhus där kunderna plockar varorna direkt från pallställ. Pallställen är ofta höga och varor placeras ända upp till taket. Vid händelse av brand i ett sådant pallställ kan det bli stor lokal värmepåverkan med snabb upphettning av delar av takbalkarna som oftast är fackverkskonstruktioner i stål. Tester utförda av SP påvisar i en chipsbrand att temperaturen i taket är ca 1000°C med en maxeffekt på ca 6MW. Vid lokal flampåverkan av takkonstruktionen har inte brandgasventilationen någon effekt. Temperaturen i delar av takkonstruktionen kan erhålla temperaturer över 900°C, vilket innebär att det är mindre än 10% kvar av den ursprungliga bärformågan i en stålkonstruktion. Detta innebär med största sannolikhet att de direkt flampåverkade takdelarna kommer kollapsa till följd av den kraftiga temperaturökningen. Omfattningen av denna primära skada beror på den konstruktiva utformningen avseende samverkan mellan pelar–balkssystem och hur byggnadens globala stabilitet hanteras.

En takkonstruktion som utsätts för lokal flampåverkan kommer i de allra flesta fall förlora sin bärformåga, vilket innebär kollaps av delar eller hela takkonstruktionen. Omfattningen av den primära skadan till följd av brand beror bla på dimensionerande brandförflopp från lokal flampåverkan, den konstruktiva utformningen av stommen och lastutnyttjandegraden i bärande delar. Är det acceptabelt att delar av den bärande takkonstruktionen kollapsar under inverkan av lokal flampåverkan i lokaler där lagstiftningen generellt sätter ett 30 minuters krav

på den bärande stommen? Kunskap om den bärande stommens beteende vid brand och verktyg för att analytiskt verifiera händelseförflopp är väsentliga för att säkerhetsställa om en kollaps sker och i vilken omfattning.

### Innehåll

Examensarbetet avser att med finita elementmetoden analysera deformationer och risk för kollaps i en takkonstruktion med fackverksbalkar i stål utsatta för en häftig lokal brand. Arbetet skall utveckla en FE-metodik i ABAQUS för att analysera stål-balkar utsatta för värme enligt en temperaturkurva där speciellt materialets egenskaper som styvhets-, plastiska egenskaper och värmeförladesproblem skall uttryckas som funktion av temperaturen. För att simulera korrekt värmespridning i stålet krävs att värmeflödesproblem lösas samtidigt som deformationsproblem i ett så kallat kopplat problem. Metodiken utvecklas och testas för en enkel geometri för att sedan utnyttjas för en hel takbalk och slutligen för en del av ett helt tak där flera takbalkar samverkar.

Arbetet innehåller även att i förekommande fall föreslå åtgärder för att förbättra befintliga takkonstruktioner med avseende på risk för kollaps vid händelse av brand. Frågeställningar avseende byggnadens globala stabilitet, omfattning av primär skada, risken för fortskridande ras till följd av primär skada är av primärt intresse för det aktuella arbetet, men även dimensionerande brandscenario, risken för lokal flampåverkan, utrymningssäkerhet och konstruktiv utformning kan komma att studeras.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Henrik Sjöbeck

## Presentation

December, 2006

## Report

will be published as  
report TVSM-5146

## Supervisors

Ola Dahlblom, Professor

Avd. för byggnadsmekanik, LTH

Manouchehr Hassanzadeh, Ph.D

Vattenfall utveckling AB

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University and for a  
limited period in Älvkarleby

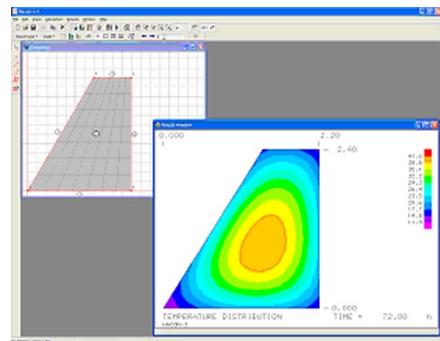
## In cooperation with

Vattenfall utveckling AB

# SIMULERING AV BETONG UNDER HÄRDNING

Under härdningen av nygjuten betong utvecklas värme som en följd av kemiska reaktioner. I massiva betongkonstruktioner, som reaktorinneslutningar och kraftverksdammar, kan detta leda till kraftigt ojämn temperaturfördelning, med hög temperatur i de inre delarna av konstruktionen och låg temperatur vid ytan. Som en följd av materialets temperaturutvidgning leder detta till dragspänningar vid ytan och risk för sprickbildning. För att undvika detta kan olika åtgärder vidtagas, t ex användning av cement med låg värmeutveckling, gjutning med kyld betong och ingjutning av rör för vattenkyllning av konstruktionen under härdningen.

Hacon är ett FE-program för simulering av temperatur och spänning i betong under härdning, framtaget vid Avdelningen för byggnadsmekanik vid LTH, i samarbete med Vattenfall utveckling AB. Med hjälp av Hacon kan effekten av vidtagna åtgärder förutsägas, så att gjutningen ska kunna genomföras på lämpligt sätt. För att en beräkning ska ge tillförlitliga resultat krävs att man har god kännedom om materialegenskaperna för den betong som används.



I examensarbetet bestäms materialparametrar med utgångspunkt från experimentella data. Framtagna parametrar används för beräkningar med Hacon. Simuleringar görs dels av ett fullskaleförsök, där beräkningsresultat kan jämföras med uppmätta värden, dels som parameterstudie för att undersöka hur variation av olika parametrar inverkar på resultatet.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Daniel Jönsson

## ANALYS AV JORD OCH KONSTRUKTION I SAMVERKAN - UTVÄRDERING AV OLIKA FE-PROGRAM

### *Presentation*

Summer, 2006

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5145

### *Supervisors*

Ola Dahlblom, *Professor*  
*Div. of Structural Mechanics*

Henrik Möller  
*Tyréns, Helsingborg*

### *The work is performed at*

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### *In cooperation with*

Tyréns, Helsingborg

Idag när det byggs mycket under marken i flera större städer blir kraven på sättningar och horisontalhorisontal allt större. För att klara dessa krav har slitsmurar börjat användas istället för spont i en del byggen som t ex Götatunneln i Göteborg och Citytunneln i Malmö. En slitsmur byggs upp genom att en slits schaktas ut i jorden och stabiliseras med en bentonitlurry. När schaktningen är klar sänks en armeringskorg ner i schakten och det gjuts betong i underifrån och upp i slitsen. Detta förfarande gör att omgivningspåverkan minskar jämfört med då en spont används. För att beräkna hur stora sättningar som kommer att utvecklas i omgivningen utförs finita elementberäkningar. I samband med t ex slitsmurar är sättningarna beroende av både jordens och konstruktionens egenskaper, därför krävs analys av jord och konstruktion i samverkan.

speciellt fokuserat på jord, men innehåller modeller som kan tillämpas på jord. I detta examensarbete utvärderas de två programmen Plaxis och ABAQUS för analys av jord och konstruktion i samverkan. Slitsmura vid byggandet av Citytunneln i Malmö används som referensobjekt, då det finns relativt noggranna geotekniska undersökningar av området, samtidigt som det finns mätningar på jordens förskjutningar.

Ett FE-program som är vanligt för geotekniska beräkningar är Plaxis. Detta program är speciellt utvecklat för jord- och bergmekaniska analyser, och mindre utvecklat när det gäller modellering av konstruktioner. Ett annat program är ABAQUS som är ett generellt FE-program, som alltså inte är



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Jens Malmborg

## Presentation

May 2006

## Report

will be published as report TVSM-5144

## Supervisors

Kent Persson, *PhD*  
Div. of Structural Mechanics

Jonas Lindemann, *Ph.D.*  
Div. of Structural Mechanics

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

## In cooperation with

Fasadglas Bäcklin AB

# DESIGN TOOL FOR STRENGTHENED GLASS - DESIGN AND IMPLEMENTATION

## Background

During the last few years architects have become more interested in using glass in supporting parts of building structures, and in these structures minimizing the amount of other materials. The fixings of glass structures raise interesting problems, since this is where other types of materials usually need to be employed. An example of this is when glass is attached to railings, where the glass may be fixed through cylindrical or countersunk holes in the glass. Through these holes the glass may be connected onto the supporting structure by metal bolts, where the fixings need to carry itself and the loads.

Laminated glass usually consists of two layers of very brittle hardened glass with a thin intermediate foil of PVB. PVB is a highly elastic material that keeps the glass in place in the event of failure, thereby preventing people from getting hurt.

## Objective

Fasadglas is in need of a dimensioning tool where different design parameters concerning laminated glass can be determined. These parameters include distance between holes and edges, glass thickness, etc. The objective of this master's thesis is to develop such a tool, making it possible to perform

analyses on laminated glass in a simple manner. Material relationships established in an earlier master's thesis, as well as existing building codes, will be implemented. The tool will be based on the finite element method.

## Project Tasks

- Implement a finite element solver, using shell elements with composite material formulation
  - Implement a mesh generator for triangular or quadrilateral elements
  - Implement a graphical interface capable of handling different geometries, supports and load types
  - Implement relations between calculated stresses/strains and design parameters
  - Calibrate and verify FE-analyses. The results will be verified by comparison to experimental results yielded in an earlier master thesis.
- The computational part will be programmed in FORTRAN, whereas the graphical interface will be developed in Python.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## MOISTURE AND TEMPERATURE INDUCED STRESSES AND DEFORMATIONS IN PARQUET FLOORS - An Experimental and Numerical Study

Samuel Blumer

### Presentation

February 2006

### Report

will be published as report TVSM-5143

### Supervisors

Peter Niemz, Prof.

Inst. of Building Materials Wood Physics,  
ETH Zürich

Erik Serrano, Ph.D.

Div. of Structural Mechanics

Per Johan Gustafsson, Prof.

Div. of Structural Mechanics

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University and Inst. of  
Building Materials Wood Physics,  
ETH Zurich, Switzerland

### In cooperation with

Tarkett AB, Hanaskog, Sweden

### Background

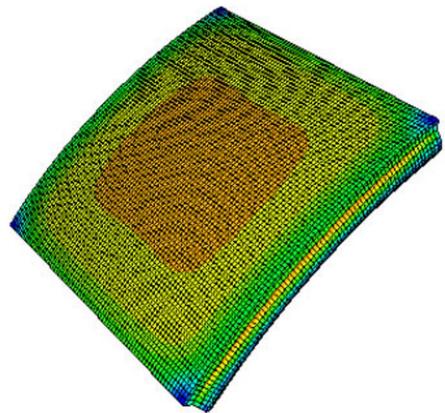
The use of wood flooring in new constructions in Sweden has increased dramatically during the last decade. Today, approximately 80% of the floor area is covered by wood flooring.

At the same time, the use of floor heating systems is becoming more frequent. Parquet floor systems are exposed to large variations in relative humidity and temperatures during normal use. Damages on parquet floors such as delamination and opening of splices of the visible layer have been reported.

The research and development of new products demands simulating possibilities. Finite element modelling can thus be a complement to practical tests in the laboratory.

### Objectives

The project is to be conducted in two main parts, one mainly regarding experimental investigations and one relating to numerical analysis of the parquet. The determination of material constants have been carried out at the Swiss Federal Institute of Technology. Numerical analyses including the effect of non-uniform moisture and temperature conditions is performed at the Div. of structural mechanics in Lund.



### Contents

- Determination of material properties of pine and oak and supplementary tests on parquet elements in changing climate (performed at ETH in Zurich)
- Development of a finite element model in ABACUS. Topics. Parameter study, modelling of floor heating system, hindered swelling and shrinkage
- Development of a hand calculation model for estimation of stresses and deformations in parquet floors and other wood composite products



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## ACOUSTIC ANALYSIS OF LOUDSPEAKERS CAVITY INCLUDING VISCOETHERMAL EFFECTS

Boel Hökmark

### *Presentation*

Spring 2006

### *Report*

will be published as report TVSM-5142

### *Supervisors*

Per-Anders Wernberg, *Lic. Eng.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Jonas Lindemann, *PhD*  
*Div. of Structural Mechanics*

Per Hiselius, *PhD*  
*Sony Ericsson Mobile Communications*

*The work is performed at*  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

*In cooperation with*  
Sony Ericsson Mobile  
Communications, Lund

### **Background**

The requirements on the mobile phones of today make it hard to predict their acoustic behaviour. The reason is that there are a lot of components that compete about the space, and the loudspeaker cavity often gets a very complex geometry with small ducts and narrow spaces. For these kinds of shapes the energy loss plays an important role in the acoustic behaviour, especially for the acoustic response close to the eigen-frequencies. The energy loss depends on the viscosity and the heat conduction. In commercial finite element programs these parameters cannot be treated in a satisfactory way

### **Purpose**

The purpose of this master thesis is to make a physical evaluation of the sound pressure in small cavities of a mobile phone, considering the effects of viscosity and thermal conduction. The idea is to use acoustic and thermal elements in Calfem, and include the loss of energy by means of the Stokes-Navier equation and thermodynamic relationships. The results will be compared with simulations in ABACUS.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics

## H-ADAPTIV FE-TEKNIK FÖR SKAL

Ivan Oskarsson

### *Presentation*

Winter of 2005 / 2006

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5141

### *Supervisors*

Erik Serrano, *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Larsgunnar Nilsson, *Prof.*  
*Linköpings universitet*

### *The work is performed at* Linköpings universitet

### *In cooperation with* Linköpings universitet

### **Bakgrund**

Vid h-adaptiv FE-metod och plana element indelas varje element i 4 nya element och bivillkor avseende förskjutningsmöjligheter ges för de noder som ligger på randen av det "gamla" elementet. Den fria mitt-noden placeras mitt i det gamla elementet och på det "plan" som det gamla elementet beskriver. Vid krökta skal försummas därvid effekten av skalets krökning.

Exjobbet syftar till att utveckla en ny teknik för placering av den fria noden så att skalets krökning beaktas samtidigt som elementets totala energi konserveras.

Exjobbet genomförs inom LS-DYNA och dess möjlighet till "User-defined-adaptivity".



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics

## RATT OCH STYRKOLONNENS RÖRELSE UNDER KROCK

Thérèse Berg

### *Presentation*

Winter of 2005 / 2006

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5140

### *Supervisors*

Erik Serrano, *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Björn Ratama  
*Scania AB*

### *The work is performed at*

Scania AB, Södertälje

### *In cooperation with*

Scania CV AB, Södertälje

### **Bakgrund**

Krocksimuleringar är idag ett vanligt verktyg för att dimensionera strukturer samt att studera deformationer och inträngningar i hytten under ett krockförflopp. Ratten och styrkolonnen är konstruerade på så sätt att de ska röra sig bort från föraren och ställa sig horisontellt, ifall föraren skulle slå i ratten. Om föraren träffar ratten är det önskvärt att ratten träffar på bröstbenet och ej i magens mjukdelar, detta för att minska skadeverkan av islaget.

Syftet med arbetet är att, genom att studera ratt och styrkolonnens konstruktion, utvärdera och förbättra befintlig modell i LS-Dyna, för att försöka få samma rörelsemönster i krocksimuleringarna som under de verkliga krockproven. För att uppnå detta skall det göras ett försök till att modellera de energiupptagande elementen i ratt och styrkolonn på ett bra sätt.

I mån av tid utförs även helbils-simuleringar med stol och docka hämtade från exjobbet om åkandesimulering, för att se om man kan uppnå samma skadevärden på dockan med helbilsmodellen som med en förenklad åkandesimulerings-modell. En förutsättning för att lyckas med att titta på skadevärden i en helbilsmodell är dock att ratt och styrkolonn rör sig på rätt sätt och ger rätt träffpunkt på dockan.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics

## ÅKANDESIMULERINGSMODELL I LS-DYNA

Emma Karlsson

### *Presentation*

Winter of 2005 / 2006

### *Report*

will be published as  
report TVSM-5139

### *Supervisors*

Erik Serrano, *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Michael Öhman  
*Scania AB*

### *The work is performed at*

Scania AB, Södertälje

### *In cooperation with*

Scania AB, Södertälje

### **Beskrivning**

Krocksimuleringar är idag ett vanligt verktyg för att dimensionera strukturer samt att studera deformationer och inträngningar i hytten under ett krockförflopp. För att på ett enkelt sätt även kunna studera skador på de åkande och studera effekten av förändringar krävs en åkandesimuleringsmodell.

Syftet med arbetet är att bygga upp en förenklad åkandesimuleringsmodell i LS-Dyna och verifiera den mot resultat i krockprov. I arbetet ingår också att utvärdera skillnaderna med att utföra simuleringarna i MADYMO som är ett stelkropsprogram samt fastställa för- och nackdelar.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Regina Hermelin

## BROTTMEKANISK ANALYS AV HÅLTAGNING I TRÄKONSTRUKTIONSELEMENT

### Presentation

Winter of 2005 / 2006

### Report

will be published as  
report TVSM-5138

### Supervisors

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics

Erik Serrano, PhD.  
Div. of Structural Mechanics

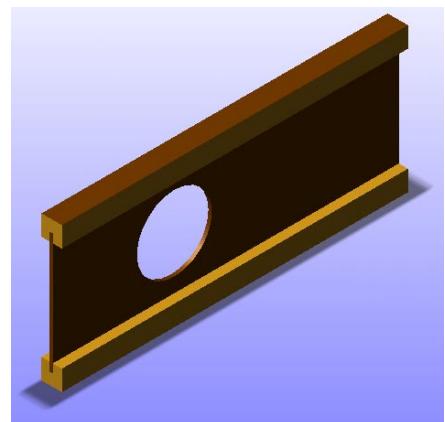
*The work is performed at*  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### Beskrivning

Brottmechanik är den del av hållfasthetsläran som handlar om brott i material och konstruktioner genom uppkomst och tillväxt av sprickor. Sprickor uppkommer i områden med koncentrerade spänningar där drag- och/eller skjuvspänningarna är större än vad materialet tål. Trä och konstruktionselement gjorda av trä är känsliga för brott genom spricktillväxt.

Examensarbetet omfattar analys av tvärkraftsbärförmåga vid håltagning hos vissa typer av I-balkar med flänsar gjorda av trä och livet gjort av träfiberplatta. Analysen ska ske med hjälp av brottmekaniska beräkningsmetoder som linjärelastisk brottmekanik och olinjär brottmekanik. Dessa metoder är nya för detta applikationsområde. Tvärkraftsdimensionering av I-balkar av trä sker idag med hjälp av empiriska samband.

I examensarbetet ingår även utvärdering av nuvarande dimensioneringsmetod samt undersökning av eventuella förändringar och förbättringar av dimensioneringsmetoden, baserad på resultaten av de brottmekaniska beräkningarna.



Arbetet kommer till stor del att bestå av utförande av olika FE-beräkningar för balkar med och utan håltagning med hjälp av framför allt ABAQUS. Beräkningarna avser dels undersökning och vidareutveckling av en brottmekanisk teori, dels av simulerings för analys av bärförmåga och brottförlopp för aktuell typ av balk.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## ANALYS AV STYRKA OCH UTFORMNING AV LIMMADE GUMMIFOLIEFÖRBAND I TRÄKONSTRUKTIONER

Henrik Danielsson och Peter Björnsson

### Presentation

Winter of 2005 / 2006

### Report

will be published as  
report TVSM-5137

### Supervisors

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Div. of Structural Mechanics

Erik Serrano, PhD.  
Div. of Structural Mechanics

Per-Erik Austrell, PhD.  
Div. of Structural Mechanics

The work is performed at  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### In cooperation with

Casco Products AB,  
Stockholm



### Innehåll

En ny typ av limförband med potentiellt extremt hög bärformåga är under utveckling. Limförbandets egenskaper bygger på att ett ca 0,5-1,0 mm tjockt gummiskikt läggs in i limfogen. Detta gummiskikt förväntas ge en jämnare spänningsfördelning över fogytan jämfört med konventionella limfogstyper. En jämn spänningsfördelning kan ge förband med mycket hög bärformåga. Möjliga användningsområden är i första hand limning trä mot trä och trä mot stål. Vid ett trä-stål förband kan man även använda vulkaniserat gummi direkt påstålet.

I examensarbetet ska speciellt inlimning av bultar i trä undersökas. Arbetet syftar till att:

- Hitta lämplig beräkningsmetod och beräkna/bedöma nyttig bärformåga vid kort- och långtidsbelastning. Den

nyttiga bärformågan begränsas av konstruktionens brottlast och av att deformationerna inte får bli allt för stora.

- Visa hur olika material- och geometriparametrar påverkar bärformågan och försöka hitta en optimal utformning.
- Jämföra aktuell förbandstyp med motsvarande konventionella förband.

Vid arbetet används FEM-programmet ABAQUS för att modellera och analysera förbandet. Gummi uppvisar ett olinjärt samband mellan töjningar och spänningar vilket innebär att beräkningarna måste utföras enligt olinjär teori. För att kalibrera modellen och verifiera resultaten från beräkningarna kommer även praktiska tester att utföras.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Camilla Bengtsson

## Presentation

Summer of 2005

## Report

will be published as report TVSM-5136

## Supervisors

Kent Persson, Ph.D.  
Div. of Structural Mechanics

Lars Bengtsson  
Fasadglas Bäcklin AB

*The work is performed at*  
Sweco Bloco, Stockholm and  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

*In cooperation with*  
Fasadglas Bäcklin AB

# BULTINFÄSTNING AV GLAS

## Bakgrund

På senare år har arkitekter och beställare blivit mer och mer intresserade av att använda glas i bärande delar av konstruktioner och att glaskonstruktioner använda så lite annat material som möjligt. Ett område som är högintressant är när man ska fästa in glas till räcken med hjälp av bultar. Detta görs antingen i cylindriska eller försänkta hål. Målet är att så osynligt som möjligt kunna fästa in glaset till byggnadsstommen så att det klarar förekommande laster. Byggnormer föreskriver användandet av laminerade glas för att förhindra människor från att skadas då den sega mellanliggande folien gör att glaset sitter kvar.



## Mål

Det finns ett starkt behov av att etablera ett dimensioneringsunderlag, där avstånd mellan infästningspunkter/hål samt kantavstånd ska kunna bestämmas. Målet med examensarbetet är att bestämma samband mellan hållfasthet och designparametrar gällande glas med bult-glasförband och ta fram ett enkelt dimensioneringsverktyg.

glasförband där metoden och lastfallen ges av resultatet av studierna i punkten ovan.

- Genomförande av provning av hållfasthet i bult-glasförband. Ett tillräckligt antal provkroppar för att få ett representativt underlag testas med framtagen metod.
- Kalibrering och verifieringen av FE-analysen av provningen. Om FE-analysen kan fås att simulera resultatet från provningen har ett numeriskt verktyg för analys av bult-glasförband gjorts tillgängligt.
- Etablering av samband mellan hållfasthet och designparametrar som infästningstyp och glastorlek. Samband skall sammanställas. (E.g. framtagning av analytiska samband.)

## Projektgenomförande

- Genom en FE-analys av ett inskrutat räckesglas, identifiera de laster som verkar på bult-glasförband.
- Framtagning och FE-analys av lämplig provningsmetod för bestämning av hållfasthet i bult-



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Magnus Samuelsson

## VINDLAST OCH BYGGNADSAERODYNAMIK

### Presentation

Spring of 2005

### Report

will be published as report TVSM-5135

### Supervisors

Göran Sandberg, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Torben Andersen, *Prof.*  
*Lund Observatory*

John Cramer, *Assistant Lecturer*  
*Div. of Theoretical and Applied Systems*

**The work is performed at**  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### Innehåll

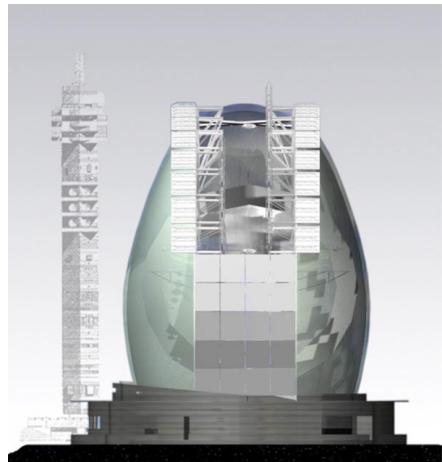
Vid konstruktion av Extremt Stora Teleskop måste utformningen ta hänsyn till vind och vindlaster. Speciellt när portarna är öppna måste utformningen av byggnaden vara sådan att det inte uppstår turbulens ovanför spegeln. De problemställningar som skall studeras har stor betydelse också för mindre spektakulära objekt.

Arbetet avser studier av ett antal konceptuella skisser för utformning av teleskopbyggnad. Arbetet förutsätter nära samverkan och dialog med arkitekt kring de olika konceptuella skisserna av byggnadsutformning.

Arbetet skall speciellt utvärdera möjligheterna att använda LS-Dyna för storskaliga vindsimuleringar. Simuleringarna avser såväl samverkan med strukturer som uppkomst av turbulens. Se <http://www.ls-dyna.com/> och <http://www.lstc.com/>.

Vidare skall vindförhållanden på någon av de möjliga platserna för uppförandet av ett extremt stort teleskop utredas.

LS-Dyna har tidigare varit installerad på Lunarc's traditionella beräkningskluster. Inom ramen för detta arbete skall LS-Dyna installeras på de nya Linux-baserade systemen.



Konceptuell skiss av teleskopbyggnad. Den inlagda bilden av Kaknästornet visar på byggnadens storlek.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Magnus Nilsson

## Presentation

Autumn of 2005

## Report

will be published as report TVSM-5134

## Supervisors

Kent Persson, *Ph.D.*  
Div. of Structural Mechanics

Eskil Andreasson, *M.Sc.*  
Tetra Pak R&D AB

*The work is performed at*  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

*In cooperation with*  
Tetra Pak R&D AB

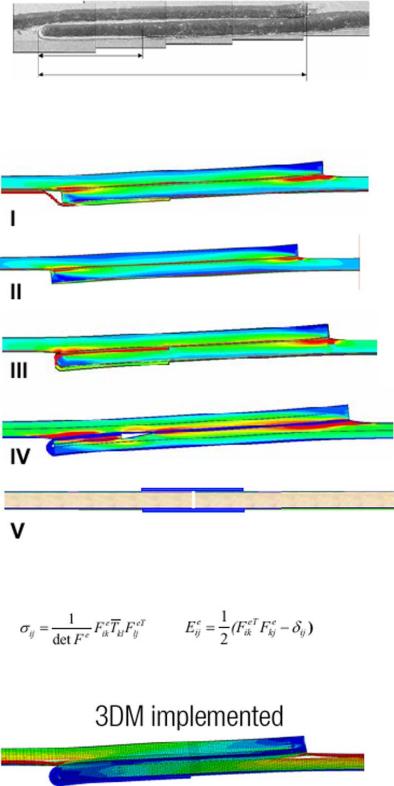
# LONGITUDINAL SEALS IN PACKAGES

## - Experimental Testing and Numerical Parameter Studies

## Background

To develop packages for new applications, the mechanical behavior of the seals is crucial for the overall package performance. A better knowledge of the mechanical performance of seals from various seal techniques, (I-IV below) and the parameters involved are needed to produce stronger seals. Longitudinal overlap, strip dimensions and choice of material are among others interesting parameters. To determine the advantages and disadvantages of each seal technique, various setups have to be studied both numerically using ABAQUS as well as experimentally in the laboratory, for example:

- I strip
- II no strip
- III folded strip
- IV skiving
- V tight, edge to edge



A new optimal seal setup may be found that in order to verify the FE-model, can be implemented in a real case (Drop tests with 1 L Tetra Brik packages). A developed three-dimensional material model for paper, 3DM, can be used to implement the delamination phenomenon into ABAQUS. The main objective of the project is to define FE-models of seals with verified material parameters implemented in ABAQUS with the aim of predicting the strength of the various seal techniques.

## Project description

- Mechanical testing of longitudinal seal overlaps and techniques with various materials.
- Numerical parametric study of the parameters in the seal FE-model by use of the finite element program ABAQUS.
- Verification of the FE-model with the mechanical testing.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## DYNAMIC BEHAVIOUR OF FOOTBRIDGES SUBJECTED TO PEDESTRIAN-INDUCED VIBRATIONS

*Fjalar Hauksson*

### *Presentation*

Autumn of 2005

### *Report*

will be published as report TVSM-5133

### *Supervisors*

Göran Sandberg, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Per-Erik Austrell, *Ph.D.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Håkan Camper, *M.Sc.*  
*Skanska Teknik AB, Malmö*

### *The work is performed at*

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### **Background**

The trend in footbridge design is towards increasing span, flexibility and lightness. As construction materials become more sophisticated, they can be more highly stressed under static loads. This leads to more slender structures, smaller cross sectional dimensions and greater spans. As a consequence, stiffness and mass decrease, leading to smaller natural frequencies with a greater danger of resonance. Many footbridges have natural frequencies with the potential to suffer excessive vibrations under pedestrian actions. If footbridges are designed for static loads only they may be susceptible to vertical as well as horizontal vibrations.

Recent experiences with the Millennium Bridge in London have shown how important subject the dynamics of footbridges is.

### **Objectives**

The objective of this thesis is to study the vertical and horizontal forces that pedestrians impart to a footbridge. Special attention has to be given to the actions of several persons including the "lock-in" effect, which can lead to the synchronisation of a percentage of the pedestrians.



*The Millennium Bridge in London*

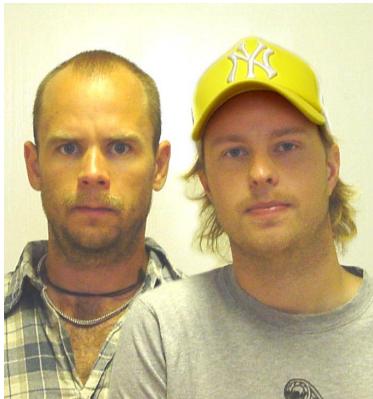
The thesis can be divided into four subtasks:

- Literature study of dynamic load-effects induced by pedestrians
- Comparison of design criteria in European, British and Swedish standards
- Dynamic analysis of the Millennium Bridge in London
- Parameter study and sensitivity analysis



**LUND**  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## VINDINDUCERADE SVÄNGNINGAR I TORKONSTRUKTION

Johan Karlsson and Andreas Lidö

### Presentation

Spring of 2005

### Report

will be published as report TVSM-5132

### Supervisors

Göran Sandberg, Prof.  
Div. of Structural Mechanics

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

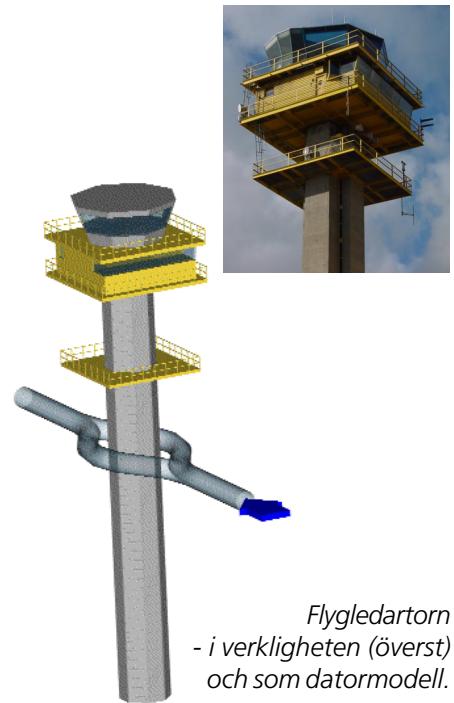
### Beskrivning

Vind är ett vanligt förekommande inslag i vår tillvaro som vi i vardagen kanske inte reflekterar så mycket över, men detta väderfenomen kan utgöra problem för många mäniskor och konstruktioner. Förutom ren tryckkraft, uppstår också turbulens, vindgator m.m. som kan få oanade konsekvenser för byggnader som inte är dimensionerade för detta.

Sturups flygplats är en av Sveriges största och ansvarar för flygrummet i södra delarna av Sverige. Detta byggnadskomplex stod klart 1971 och har använts flitigt sedan dess. Förutom start- och landningsbanor och diverse andra byggnader utgörs flygplatsen också av ett flygledartorn varifrån flygtrafiken koordineras. Flygledartornet är arbetsplats för ett antal anställda, däribland flygledare, vilka innehåller ett stort ansvar både för människoliv och dyrbar material. Därför är det av stor vikt att arbetsförhållandena är de bästa tänkbara i tornet så att flygledarnas koncentration och uppsikt inte störs.

I fallet med Sturups flygledartorn har flygledare vid tillfällen upplevt att tornet svajat då det blåst rejält. Det har till och med gått så långt att vissa blivit sjösjuka och inte kunnat arbeta vidare.

Vårt examensarbete avser att utreda på vilket sätt vindlaster påverkar flyg-



Flygledartorn  
- i verkligheten (överst)  
och som datormodell.

ledartornet och att, om möjligt, föreslå åtgärder för att minska de vindinduceraade svängningarna.

För att få grepp om hur strukturen påverkas när den utsätts för dynamiska laster kommer vi att göra en FE-modellering med hjälp av ABAQUS som skall verifieras mot mätningar av svängningar och vibrationer gjorda på tornet. Dessa modeller använder vi sedan i parameterstudier för att undersöka olika lösningsalternativ.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Alex Papazoglu and Mats Hörlund

## Presentation

Winter of 2004/2005

## Report

will be published as report TVSM-5131

## Supervisors

Göran Sandberg, Prof.  
Div. of Structural Mechanics

Per-Erik Austrell, PhD.  
Div. of Structural Mechanics

Ulrika Johansson, Sim. Engineer  
Saab Automobile AB, Trollhättan

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

## In cooperation with

Saab Automobile AB,  
Trollhättan

# ANALYSIS AND MEASUREMENTS OF DOOR STRUCTURAL DYNAMIC RESPONSE

## Background

In order to reduce lead-time of the product development process and also cost for new automotive vehicle models, more development will be made virtually. To make this possible the simulation models must be able, with a certain amount of accuracy, to predict the performance. Therefore the simulation models need to be correlated versus measurements. In the case of simulation models for noise and vibration, vehicle system and trimmed body models are used. The models consist of e.g. body-in-white, doors, deck lids and interiors. All system influences the structural dynamics and acoustics behaviour.



Door model

## Objectives

- Make finite element models of door including trim, hinge, door locks and seals, simulate the eigenmodes with and without the doors attached to the body.
- Perform measurements on hardware and make correlations. Based on the outcome of the correlations tune the simulation models for a better agreement with measurements.



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Sara Mattsson

## Presentation

Autumn of 2004

## Report

will be published as report TVSM-5130

## Supervisors

Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Torulf Nilsson, *MSc.*  
*Div. of Structural Mechanics*

Sara Skärhem, *MSc.*  
*SSAB Tunnplåt AB, Avd.f. Hållfasthetsslära*

*The work is performed at*  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

*In cooperation with*  
SSAB Tunnplåt AB, Borlänge

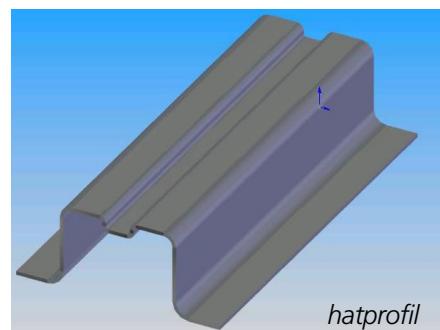
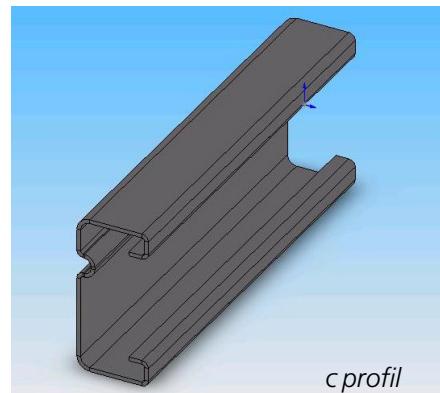


LUND  
UNIVERSITY

# OPTIMERING AV TVÄRSNITTSGEOMETRIER FÖR MAXIMAL BÄRFÖRMÅGA

## Bakgrund

SSAB Tunnplåt tillverkar höghållfasta stål, stål med mycket hög sträckgräns. Dessa stål används bland annat för att tillverka balkar till trailers, containrar, lastbilar med mera. Balkarna dimensioneras för olika applikationer med avseende på bärformågan. Detta innebär att det överkritiska området kan användas då den verkliga bärformågan överstiger den elastiska bucklings-spänningen. Vid användning av höghållfast stål är det överkritiska området mindre än vid användning av mjuka konventionella ståltyper. Detta tillsammans med att högre spänningar tillåts ökar risken för balken skall kollapsa på grund av buckling eller knäckning. Då den elastiska bucklingsspänningen beror på elastisitetsmodulen och geometrin kan en optimering av balkens tvärslott öka balkens bärformåga.



## Uppgift

Genom parametrisering av tvärslottyan för två olika balkar studeras hur utformning och placering av förstyrningar påverkar balkens bärformåga. En FE-modell ska tas fram för varje tvärslott och dessa tvärslott ska sedan optimeras med avseende på bärformågan. Detta sker genom användning av FE-verktyget Altair HyperStudy och ABAQUS. Resultaten från optimeringen kontrolleras mot beräkningar enligt Eurocode. Prototyper av de optimerade balktvärslotten ska till-

verkas och provas praktiskt i SSABs hållfasthetslaboratorium i Borlänge.

## Huvudmoment

- Gör en parametrerad FE-modell av två olika balktvärslott
- Avända Altair's Hyperstudy i samarbete med ABAQUS för att maximera bärformågan
- Beräkning enligt Eurocode
- Tillverka / prova prototyper

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



Martin Roos

## Presentation

Winter of 2004

## Report

will be published as report TVSM-5129

## Supervisors

Jonas Lindemann, *Ph.D.*  
LUNARC

Ola Dahblom, *Prof..*  
Div. of Structural Mechanics

## The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

## In cooperation with

LUNARC, Lund University



LUND  
UNIVERSITY

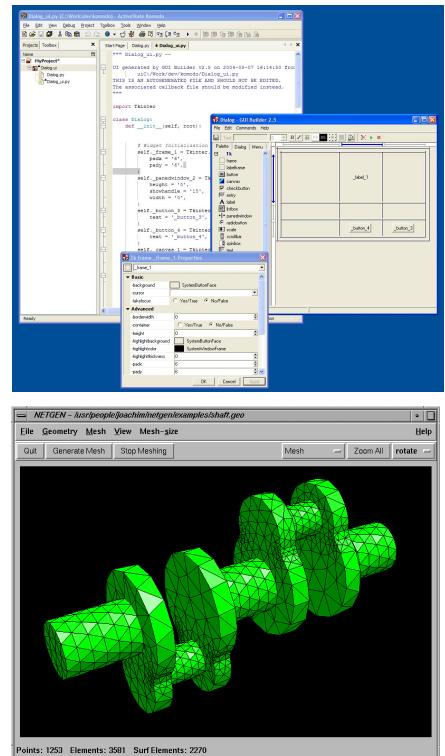
# METODER FÖR INTEGRERING AV FORTRAN-BASERADE FINITA ELEMENTPROGRAM I EN SKRIPTBASERAD MILJÖ

Fortran har varit och är ett viktigt språk för utveckling av tekniska tillämpningar som t ex finita elementprogramvaror. Ofta är det svårt att i Fortran snabbt skapa fönsterbaserade tillämpningar. I kursen Tillämpad programmering används utvecklingsmiljön Borland Delphi för att skapa grafiska användargränssnitt i språket Object Pascal. Detta fungerar utmordentligt bra i en Windows-baserad miljö, men metoderna för koppling av Fortrankod har inte kunnat föras över på andra platformar.

Ett språk som ofta används för integrering av olika numeriska koder är Python. Python är ett modernt objekt-orienterat skript-språk som är enkelt att kombinera med andra språk som t ex C, C++ och Fortran. Med hjälp av verktyg som SWIG eller F2PY kan kopplingar automatiskt göras mot Python och beräkningsintensiva delar av program kan implementeras i kompilerande språk. För Python finns också utvecklingsmiljöer för att ta fram grafiska användargränssnitt på ungefär samma sätt som i Borland Delphi eller Microsoft Visual Basic.

Plattformsneutrala språk och verktyg innebär också att det är lättare att skriva tekniska programvaror som drar nytta av de resurser i form t ex beräkningskluster som finns på LUNARC.

Detta examensarbete syftar till att un-



**Python**

dersöka möjligheter för att skapa en ny enkel modell för integrering av Fortran kod i tekniska tillämpningar med Python som bas. Arbetet kan också ge möjligheter att undersöka hur nätgenerering och externa lösare skulle kunna användas i denna miljö. Denna modell kommer att utgöra en utgångspunkt för vidareutveckling av Tillämpad programmering.

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## SIMULATION OF CREEP IN PAPERBOARD PACKAGES WITH PLASTIC TOPS

Jakob Arvidsson and Jesper Grönvall

### Presentation

Summer of 2004

### Report

will be published as report TVSM-5128

### Supervisors

Kent Persson, Ph.D.  
Div. of Structural Mechanics

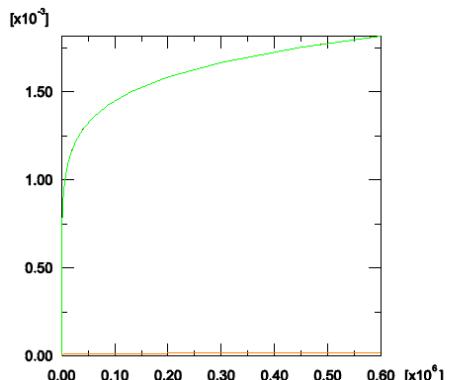
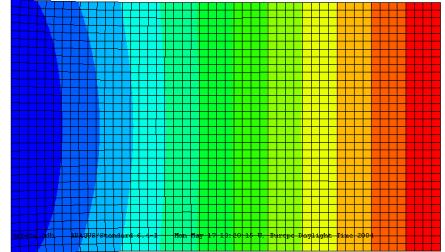
Eskil Andreasson, M.Sc.  
Tetra Pak R&D AB

The work is performed at  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

In cooperation with  
Tetra Pak R&D AB

### Background

Packages made from paperboard and plastics have many advantages compared to packages made from other materials. A drawback is that packages that are stored for a long time deforms due to creep deformations in the paper and plastic materials. Moreover, the packages are often subjected to varying moisture conditions, a fact that may make the creep deformations to increase substantially.



### Project description

A better knowledge of different creep models and variations of material parameters is needed. Long time storage and variations of load is interesting parameters. In the study, various creep models that are suitable for simulating paper and plastic materials may be discussed. Since ABAQUS is the main analysis tool, the available creep models that are available in ABAQUS are preferred. The most suitable creep models will be utilized in a study of the creep in a package.

In order to verify the model, the simulation model will be compared to experimental observations. Material tests are needed in order to determine the material constants in the models and to determine which models that are the most suitable.

The work in the project may be divided into four main subtasks

- Literature study of creep in paper and plastics
- Experimental study of creep with varying materials, loading and time scales
- Development and verification of a FE-model for simulation of creep in beverage packages
- Numerical sensitivity study of the parameters in the creep models



LUND  
UNIVERSITY

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## PERFORMANCE OF TEAR OPENINGS IN INJECTION MOULDED PLASTIC PARTS

Johan Isaksson

### *Presentation*

Spring of 2004

### *Report*

will be published as report TVSM-5127

### *Supervisors*

Kent Persson, *Ph.D.*  
Div. of Structural Mechanics

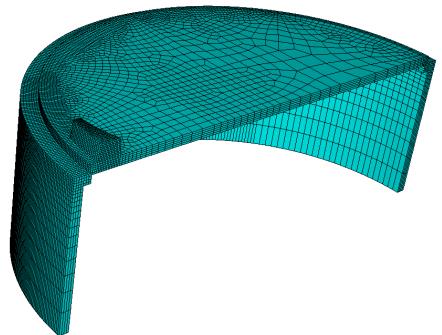
Håkan Olsson, *M.Sc.*  
Tetra Pak R&D AB

*The work is performed at*  
Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

*In cooperation with*  
Tetra Pak R&D AB

### **Background**

Some of the packages in the Tetra Pak product line have tear openings on injection moulded plastic parts. The tear opening is mainly a notch in the plastic part to provide a fracture path. The two main criteria that the tear openings must fulfil is to provide a barrier that withstand forces before it is opened and simultaneously they must have the ability to provide an opening that is simple to open by the consumer. The problem lies in designing the geometry of the fracture path when changing the material. There is thus a need to establish a fundamental understanding of the relationship between the material properties and the geometry parameters of the tear opening.



*FE-model of tear-opening*

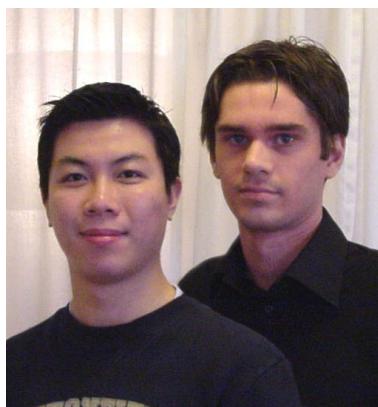
### **The work in the project may be divided into four main subtasks**

- Literature survey
- Experimental determination of mechanical properties of the plastic material
- FE-simulation of the influence of the geometric and material parameters on the performance of the tear
- Experimental verification of the simulation model.



**LUND**  
UNIVERSITY

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## EXPERIMENTELL UNDERSÖKNING OCH FE-ANALYS AV PROVKROPPAR FÖR TRÄLIMFOGAR

Michael Wong och Stefan Karlsson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2004

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5126

### Handledare

Erik Serrano, *TeknD.*  
Per Johan Gustafsson, *Prof.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Björn Källander  
*SP Bygg och Mekanik - Träteknik  
och träbyggande*

*Arbetet utföres vid  
och i samarbete mellan*  
SP - Sveriges Provnings-  
och Forskningsinstitut  
samt Avd. f. byggnads-  
mekanik, LTH.



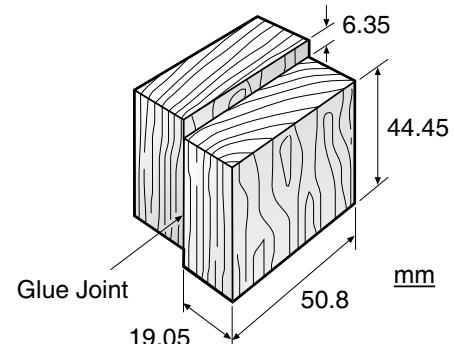
LUDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Bakgrund och syfte

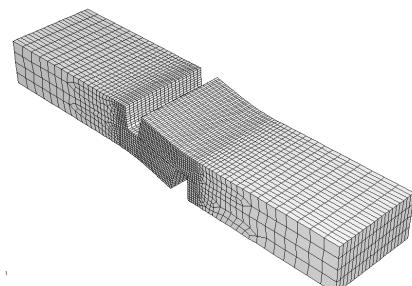
Ett europeiskt standardiseringssarbete pågår med syfte att ta fram tillförlitliga provkroppar för mekanisk provning av trälimfogar. Examensarbetet syftar till att utvärdera och experimentellt testa två olika provningsmetoder som använts i tidigare standarder. Provningsmetoderna baserar sig på provkroppar enligt ASTM-D905, figur 1, och EN-302-1, figur 2. De två provkroppsutformningarna ska användas för olika lim. Testmetoderna kommer att utvärderas och sedan jämföras med varandra med avseende på bl.a förmåga att förutsäga limfogens hållfasthet samt metodernas känslighet för fel i provuppställningar. Resultaten från experimenten skall ligga till grund för numeriska beräkningar (FEM) av provningsmetoderna vilket kan ge ytterligare information vid en jämförelse.

### Genomförande

Examensarbetet genomförs vid enheten för Bygg och Mekanik, Träsektionen, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) i Borås och vid Byggnadsmekanik, LTH i Lund. Den experimentella delen kommer i huvudsak att genomföras i Borås, men FE-beräkningar samt eventuellt viss typ av provning kommer att genomföras i Lund.



Figur 1. Provkropp enligt ASTM-D905.



Figur 2. FE-modell av provkropp enligt EN-302-1.

Arbetet börjar med en bakgrunds- och litteraturstudie. Därefter ska den praktiska delen av examensarbetet genomföras där provkroppar tillverkas och belastas enligt gällande standarder.

I mån av tid kommer även t ex snedbelastningar samt långtidsprovning att utföras. De provningar som genomförs jämförs sedan med numeriska simuleringar.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FRACTURE MECHANICS FOR A HEAT EXCHANGER GASKET

*Jonas Lindvall och Marcus Minkkinen*

### Presentation

av examensarbetet är beräknad till våren 2004

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5125

### Handledare

Per-Erik Austrell, *Ph.D.*

Avd. f. byggnadsmekanik, LTH

Joakim Krantz, *M.Sc.*

Martin Crona, *M.Sc.*

Alfa Laval Lund AB

### Arbetet utföres vid

Alfa Laval Lund AB och  
Avd. f. Byggnadsmekanik,  
LTH

### Fracture Mechanics for a Heat Exchanger Gasket

A plate heat exchanger consists of a number of thin, corrugated plates with openings for the two heat exchanging fluids. The plates are put together with rubber gaskets for sealing of the plates and for making the flow of fluids efficient.

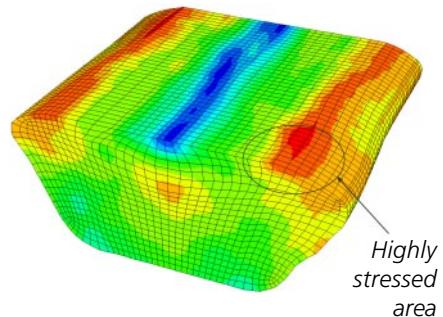
### Background

In a plate heat exchanger, the material of the gasket and the plate, along with the geometric shape of the gasket and the plate are critical factors for the performance of the heat exchanger. In order to improve the sealing characteristics and also reduce time needed for the construction process, Alfa Laval has started to use finite element analysis as a tool in development of new designs and for modification of existing products.

Due to high pressures and temperatures, the gaskets sometimes tend to crack and cause problems for the customers. Hence, at Alfa Laval there is an interest in understanding the mechanisms concerning rupture of the rubber gaskets.

### Objective

The objective of this master thesis is to describe the mechanisms behind



*Part of the compressed gasket.*

rupture of rubber gaskets related to the plate heat exchanger. This also involves a study of the mechanisms of extrusion of pressurized and heated rubber into a gap.

The main purpose is to evaluate fracture models suitable for FE-applications and investigate the parameters that governs fracture in rubber gaskets. Another purpose, related to the extrusion of rubber, is to evaluate if modifications to the existing gasket and plate geometry can improve fracture resistance.

A summary of previous work in this field will constitute a large part of the thesis and give a basis for Alfa Laval in the development of FE-procedures for fracture mechanics of rubber.

The FE-simulations will initially be focused on simple 2-D geometries using the software ABAQUS/Standard and ABAQUS/Explicit.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## HYDROBUSHING MODEL FOR MULTI-BODY SIMULATIONS

Malin Svensson and Marie Håkansson

### Presentation

Spring of 2004

### Report

will be published as report TVSM-5124

### Supervisors

Per-Erik Austrell, Ph.D.  
Div. of Structural Mechanics

Anders Wirje, M.Sc.  
Strength and Durability Center,  
Volvo Car Corp.

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### In cooperation with

Volvo Car Corporation



LUND  
UNIVERSITY

### Background

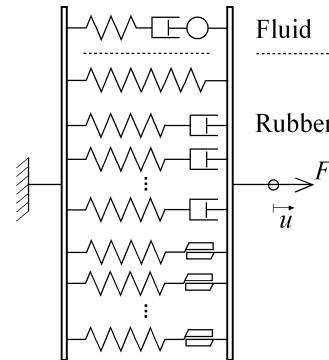
Dynamic simulations of systems including rubber elements are complex, owing to the fact that the dynamic characteristics are dependent on several variables, such as amplitude, frequency, preload, and temperature.

A hydrobushing is a combined elastomeric and hydraulic system which consists of natural rubber and cavities partly filled with a fluid (glycol). The fluid can stream between chambers through channels. By using a hydrobushing, stiffness and damping properties not possible to achieve with conventional rubber bushings can be provided. The dynamic behaviour is characterized by very high damping at a specific frequency, where the fluid comes into resonance. Hydrobushings are useful for controlling NVH (Noise, Vibration, and Harshness).

Multi-body simulations of full vehicles and subsystems are carried out in the automotive industry to analyse durability, handling, and ride comfort. The Multi-Body-System (MBS) code ADAMS is used at Volvo Cars. The component models of rubber elements have proven to be critical for the quality of the simulations.

### Assignment

The main objective is to establish a methodology for hydrobushing



Component model of hydrobushing, including fluid and rubber part.

modelling and parameter identification.

### Major activities

- Propose a hydrobushing model, which models both rubber and fluid
- Develop an automatized fitting procedure that fits the model parameters to the experimental results
- Validate the hydrobushing model by comparison with component testing
- Benchmark the proposed model with the hydrobushing model in ADAMS/Ride

The modelling and identification is performed in MATLAB. The model can be implemented into commercial MBS codes like ADAMS.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Håkan Hallberg

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till hösten 2003

## Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5123

## Handledare

Peter Davidsson, *TeknL.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik, LTH*

Göran Sandberg, *Prof.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik, LTH*

Per Ekedahl  
*Volvo Aero Corporation, Trollhättan*

Stefan Trollheden  
*Volvo Aero Corporation, Trollhättan*

## Arbetet utföres vid

Volvo Aero Corp. och  
Avd. f. Byggnadsmekanik,  
LTH



LUND'S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# UTVECKLING AV MODELL FÖR DYNAMISKA SVARSFUNKTIONER I TURBINROTORER

## Beskrivning

Volvo Aero Corporation i Trollhättan är bland annat leverantör av komponenter till det Europeiska rymdprogrammet där utvecklingen av Arianeraketen ingår. En av de komponenter som tillverkas hos Volvo Aero är den gasturbin som driver bränslepumparna i raketen. I denna turbin ingår rotorblad som en vital del. Traditionellt används rotorskivor med separatmonterade blad. Volvo Aero har nu i stället börjat experimentera med skivor som har integrerade blad, s.k. bliskar. Dessa bliskar har ett dynamiskt beteende som skiljer sig en hel del från de tidigare turbinrotorernas. Detta examensarbete syftar därför till att utveckla den numeriska modell som används vid datorsimulering av och konstruktionsberäkning kring de nya bliskrotorerna. Av speciellt intresse är bliskdynamiken under drift och då särskilt dämpningseffekters inverkan på svängningsmodformar och resonansfrekvenser hos rotorbladen. Den modifierade modellen kommer att kunna verifieras mot testdata.

## Att göra

1. Studera hur rotordynamiken beskrivs av den/de befintliga, linjära, FE-modellerna och studera modformer och deras frekvens-beroende. Studera hur dämpning påverkar resonansspikarna. Modifiera eventuellt den befintliga FE-modellen.
2. Jämför med testdata ("forced response" från excitation av rotor med piezoelement). Identifiera styrkor och

svagheter hos modellen/modellerna. Denna identifikation har följande steg (i prioritetsordning):

1. *Dämpningsansats*
  2. *Gaslast och obalans i axelsystemet (spektrumanalys, se "i mån av tid" nedan)*
  3. *Mistuningseffekter/olinjäríteter (se "i mån av tid" nedan).*  
Studera tidigare tester och testresultat, frekvens/amplitud och fasinnehåll.
  2. Gör litteraturstudier och sammanställ analysmetoder för turbinrotordynamik som använts på andra håll. Studera framför allt dämpningsmodellering. (Betракta även t.ex. beräkningsmetoder som responsanalys, spektrumanalys och transient dynamisk analys).
  3. Modifiera den befintliga FE-modellen av turbinblad i fråga om framför allt dämpningsmodellering (dämpningsmodell, riktnings- och frekvensberoende hos dämpningen m.m.). Eventuellt kan även laster och randvillkor modifieras. Formulera en modifierad beräknings-metod.
  4. Verifiera den förslagna metoden med hjälp av testdata (jmfr punkt 1 ovan).
- I mån av tid**  
Gör spektrumanalys med dynamisk excitering via axelsystemet och jämför resultaten med de från forced response-metoden.  
Undersök effekterna av variationer i tillverkningskvalitet (s.k. mistuning) mellan olika bladindivider.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## ANALYS AV SPÄNNINGAR OCH BROTT I MEKANISKA FOGAR FÖR HÅRDA GOLV. OPTIMERING AV GEOMETRI

Zekeriyya Tüfekcioglu

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2004

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5122

### Handledare

Per Johan Gustafsson, *Professor*  
Kristian Stålne, *Tekn.Lic.*  
*Avd. för byggnadsmekanik, LTH*

Nils-Erik Engström, *Lab.ing.*  
Håkan Wernersson, *Tekn.Dr.*  
*Pergo AB, Trelleborg*

### Arbetet utföres vid

*Avd. f. byggnadsmekanik,  
LTH och Pergo AB,  
Trelleborg*



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Bakgrund

Klickfogar har på kort tid fått en närmast total dominans för sammanfogning av laminatgolv och även rönt stor framgång bland traditionella trädgolv. Framgången beror på enkelheten att lägga golvet och på att läggningsresultatet totalt sett blir bättre.

I jämförelse med sammanfogning av not och fjäder med lim ger klickfogning emellertid lägre styvhets- och hållfasthet, vilket innebär risk för glipor mellan planken vid den torra årstiden. Dessutom utsättes fogen för betydande mekaniska påfrestningar vid sammanfogningen. Detta kan leda till brott i materialet, vilket gör att fogen inte längre fungerar som avsett.

### Mål

Genom beräkning av spänningar, brottmekanisk analys och experimentella provningar förväntas arbetet ge ökad kunskap om klick-fogars funktionssätt och egenskaper, speciellt deras styvhets- och styrka. Resultaten ger vägledning för optimal utformning av fogarna. Dessutom förväntas arbetet

leda till förslag på bättre metoder för provning av relevanta materialparametrar och hela fogar.

### Arbete

Arbetet består i uppbyggnad och användning av en mekanisk förklaringsmodell:

- Identifiera exempel på relevanta lastfall.
- Bygga upp FE-modeller av exempel på klickfogar.
- FE-beräkningar av spänningar och deformationer. Brottanalys.
- Identifiera styrande material- och geometriparametrar.
- Provningar för bestämning av materialegenskaper och för verifiering av beräkningar.
- Föreslå förbättringar i materialval, foggeometri och provnings/utvärderingsmetoder.

*Pergo AB: Pergo är ett ledande varumärke för laminatgolv. Golvet säljs i ett 60-tal länder och tillverkas i Sverige, Tyskland och USA. Antalet anställda är ca 800, varav ca 20 arbetar med forskning och utveckling av framtida golvkoncept.*

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Johan Borgudd

## MEKANISK ANALYS AV FÅGELFJÄDRAR

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2003

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5121

### Handledare

Kent Persson, *Tekn.D.*  
Avd. f. byggnadsmekanik, LTH

Göran Sandberg, *Prof.*  
Avd. f. byggnadsmekanik, LTH

Thomas Weber, *Dr.*  
Avd. f. zoekologi, LU

Anders Hedenström, *Docent*  
Avd. f. zoekologi, LU

### Arbetet utföres vid

Avd. f. Zooekologi, LU och  
Avd. f. Byggnadsmekanik,  
LTH



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Bakgrund

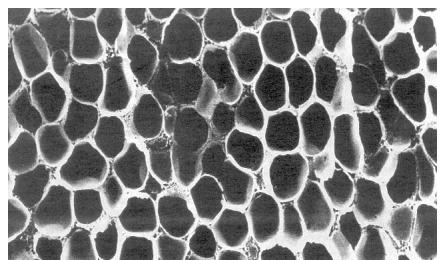
En fågels fjädrar på vingarna utsätts för mekaniska påfrestningar genom turbulens vid flykt och vid sammanstötning med förmål (t.ex. grenar). Påfrestningarna orsakar utmattning av fjädrarna som därfor regelbundet byts ut. Geometrin för en fjäderpennas tvärsektion varierar längs fjädern och styvas upp av en cellstruktur innanför skalet. Denna konstruktion gör att fjäderpennans styvhets och styrka varierar i longitudinell led.



Grönsångare



Fjädrar hos grönsångare



Cellulära strukturen i ett fjäderskäft

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## MOISTURE DYNAMICS IN CORRUGATED BOARD BOXES

Henrik Lyngå och Gustav Sikö

### Presentation

Våren 2003

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5120

### Handledare

Ulf Nyman, *TeknL.*  
Avd. f. byggnadsmekanik, LTH

Per Johan Gustafsson, *Docent*  
Avd. f. byggnadsmekanik, LTH

Richard Hägglund, *M.Sc.*  
SCA Research

Tomas Nordstrand, *M.Sc.*  
SCA Research

### Arbetet utföres vid

Avd. f. byggnadsmekanik,  
LTH

### I samarbete med

SCA Research



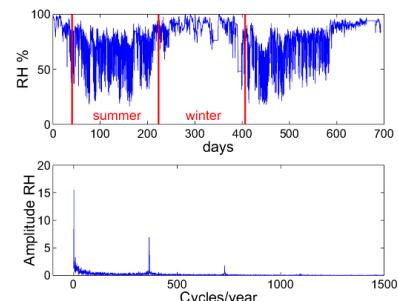
LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

In this master thesis work the moisture transport in corrugated board boxes is analyzed. Corrugated board, which is a structural core sandwich material, is extensively used as a packaging material. The strength of corrugated board is largely influenced by the amount and distribution of moisture in the material. Therefore, the assessment of moisture is of large importance for the load carrying capacity of corrugated board boxes.

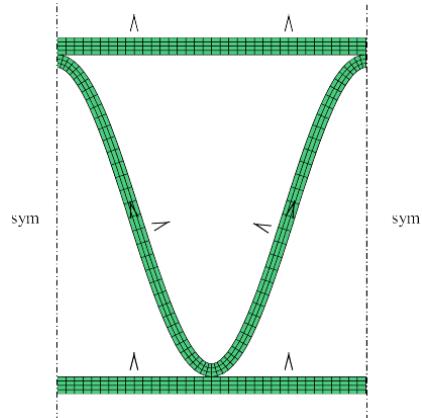
Earlier work at SCA Research shows that the moisture flux is suitably modelled by a two-phase system of differential equations, describing the moisture concentration isotherms in the voids and in the fibres of the material and a convective boundary layer at the surface of the material. The modeling of moisture transfer can with favour be done by using the periodic properties of corrugated board, for example using a two-dimensional finite element implementation of the governing equations.

The analysis will cover the following issues:

- Finite element formulation of the two-phase diffusion model.
- The numerical solution of transient diffusion in the board
- Comparison of simulations and measured results of moisture transport in boxes.



Measured RH/spectral density over two years.



Moisture transport in periodic cell of corrugated board.

The work may be completed with testing and analysis of hygroexpansion properties. The work will be performed by the use of the finite element package ABAQUS and/or MATLAB, at the Div. of Structural Mechanics, LTH.

# Master's Dissertation at the Div. of Structural Mechanics



## MODELLING NON-LINEAR DYNAMICS OF RUBBER BUSHINGS - Parameter Identification and Validation

Anders Persson and Fredrik Karlsson

### Presentation

Spring of 2003

### Report

will be published as report TVSM-5119

### Supervisors

Per-Erik Austrell, Ph.D.  
Div. of Structural Mechanics

Jan Hellberg, M.Sc.  
Vehicle Dynamics, Volvo Car Corp.

Anders Wirje, M.Sc.  
Strength and Durability Center,  
Volvo Car Corp.

### The work is performed at

Div. of Structural Mechanics,  
Lund Institute of Technology,  
Lund University

### In cooperation with

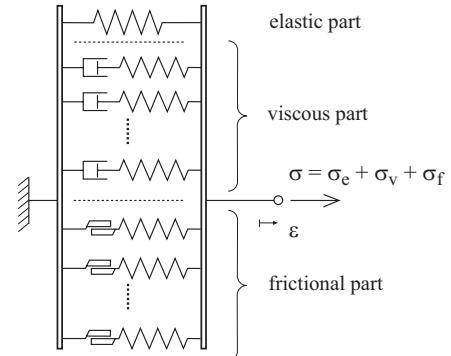
Volvo Car Corporation  
and Forsheda



LUND  
UNIVERSITY

### Background

Rubber bushings can be found in all vehicle suspension systems. The suspension components are connected to each other, to the subframe, and to the body structure via rubber bushings. They are a key element in designing desired quasi-static and dynamic behaviour of suspension systems. The dynamic characteristics of a rubber bushing are often very complex in nature, due to the fact that the response is dependent on several variables, such as displacement, frequency, amplitude, preload, and temperature. The displacement dependence is predominant, but the other dependences can be absolutely critical in capturing the mechanical behaviour.



Generalized visco-plastic material model

- Develop a methodology for model parameter identification from physical component tests.
- Validate the bushing models by comparison with component testing.

### Validation

Three rubber components will be used to validate the bushing models for quasi-static and harmonic dynamic behaviour. Two of the components are geometrically simple model components and the third is an actual component used in a Volvo car.

### Assignment

The ultimate objective is to establish a methodology for rubber bushing modelling and parameter identification.

### Major activities

- Create and study different 1-D bushing models in MATLAB:
- Visco-elastic models including the Kelvin-Voigt model (no amplitude dependence).
- Elasto-plastic models (no frequency dependence).
- Generalized visco-plastic (viscoelastic-elastoplastic) models (both frequency and amplitude dependence).

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Carsten Nilsson

## FE-ANALYS AV GUMMIPACKNING I PLATTVÄRMEVÄXLARE

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2003

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5118

### Hållare

Per-Erik Austrell, *TeknD.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Joakim Krantz, *Civ.ing.*  
Process Technology Division,  
Alfa Laval Lund AB

### Arbetet utföres vid

Avdelningen för  
Byggnadsmekanik, LTH

### I samarbete med

Alfa Laval Lund AB



En plattvärmeväxlare består av ett antal tunna korrugerade plåtar med öppningar för de två vätskor mellan vilka värmeöverföringen sker. Plåtarna sätts samman med gummiträckningar (se Bild 1).

I en plattvärmeväxlare är packningsmaterial och den geometriska utformningen av packning och packningsspår direkt avgörande för dess prestanda och funktion. Med avsikt att höja kvalitén på tätningfunktionen samt öka säkerhet och minska ledtid i konstruktionsprocessen, har Alfa Laval under en tid arbetat för att göra FE-analys till ett naturligt hjälpmedel/arbetsredskap vid nydesign och modifiering av tätningfunktionen i sina produkter.

Här ska dels beräkningar göras, men även metodiken för hur man applicerar temperaturen i analyserna är viktig. Vidare vill man på Alfa Laval veta om det går att simulera limning av gummiträckningen i en FE-analys. Bakgrunden är att man i vissa fall försökt limma packningen på plåten, men fått brott i packningen med läckage som följd då man lagt på ett tryck. Hade man kunnat förutspå detta mha en FE-analys? Detta område ska undersökas teoretiskt och en analys ska utföras om det är möjligt. Analyserna utförs med både Abaqus implicita lösare, och den explicita lösaren. Detta görs så att man kan jämföra lösningstid och minnesåtgång. Vidare utförs analyserna på den geometri som Alfa Laval tillhandahåller (se Bild 2).

Detta examensarbete syftar till att utreda del aspekter som är viktiga i analysen av gummiträckningen i en plattvärmeväxlare. Hur påverkas packningen av temperaturändringar?



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Niklas Edlind

## FE-ANALYS OCH VISUALISERING AV FIBERMATERIAL

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till september 2002

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5117

### Handledare

Susanne Heyden, *TeknD.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Jonas Lindemann, *Tekn.lic.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Per Johan Gustafsson, *Docent*  
Avd. f. byggnadsmekanik

### Arbetet utföres vid

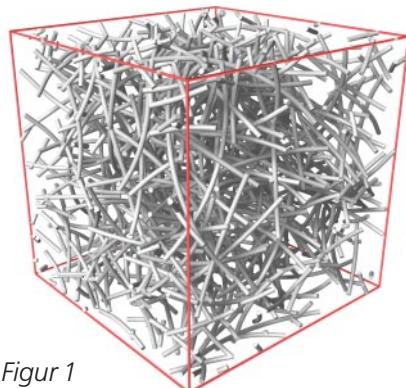
Avdelningen för  
Byggnadsmekanik, LTH

Uppgiften är att bygga upp en finit elementmodell för att kunna analysera fibermaterial.

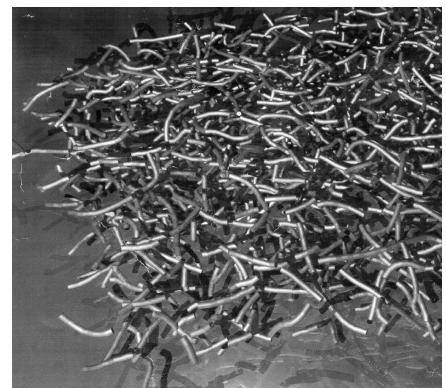
Fibermaterial används i ett flertal olika tillämpningar, tex värmeisolering, hygienprodukter och filtmattoar för processindustrin. Man har tidigare analyserat fibernetverk genom att datorgenerera slumpmässiga nätverk med till exempel samma medeldensitet som det verkliga materialet. Nu är en ny metod under utveckling, där man scannar en provbit i en datortomograf, vilket möjliggör rekonstruktion av fibernetverkets verkliga geometri. Figur 1 visar ett exempel på en fiktiv genererad nätverksgeometri medan Figur 2 visar en rekonstruktion av ett nätverk av nylonfibrer som har tagits fram med datortomografiteknik. Det kommer alltså helt nya möjligheter att analysera fibermaterial när man kan räkna på den exakta geometrin.

Examensarbetet består i att bygga upp en finit elementmodell med en generell geometri, som är lämpad för att representerar materialets exakta geometri när denna finns tillgänglig, samt att skapa en visualisering av modellen.

Därefter kan de geometriska och mekaniska egenskaperna för nätverket beräknas och modellen kalibreras mot resultat från experimentella mätningar.



Figur 1



Figur 2



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## KROCKSIMULERING AV TUNNPLÄTSFÖRBAND MED STANSNITNING

*Christian Westerberg*

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till hösten 2002

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5116

### Handledare

Erik Serrano, *TeknD*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Arne Melander, *Prof.*  
*Institutet för metallforskning,*  
Stockholm

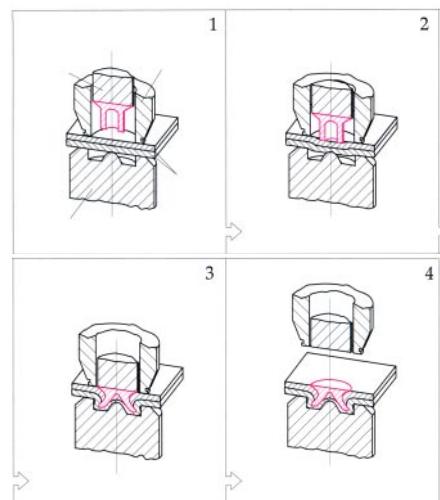
### I samarbete med

*Institutet för Metallforskning,*  
Stockholm

### Bakgrund

Stansnitning är en mekanisk fogningsmetod för tunnplåt. Vid stansnitning, skär niten under fogningsprocessens första steg igenom plåten. Under den senare delen av fogningsprocessen formas niten och/eller plåten så att en mekanisk lösning uppstår, se figur 1.

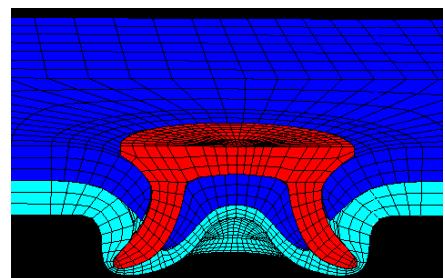
Självstansande nitning (SPR) blir en allt vanligare fogningsmetod i bilar. I ramstrukturer i aluminium är SPR redan den dominerande fogningstekniken, se Audi A2 och A8. Det är viktigt att nitförbanden inte separerar under en krock för att inte instabil kollaps ska erhållas i kaross-strukturen.



Figur 1

### Uppgift

Uppgiften är att studera hur självstansande nitförband deformeras under krocklast. Inverkan av hur geometri- och materialparametrar påverkar kraft- och energiåtgång under krock kommer att behandlas. Speciellt gäller det att studera krockresponsen under fläklast. Detta kommer att ske med finitalement beräkningar med programmet ABAQUS explicit.



Figur 2



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## INFLUENCE OF MATERIAL STIFFNESS AND PACKAGE SHAPE ON GRIP STIFFNESS OF A BEVERAGE PACKAGE

Ted Bengtsson och Eskil Andreasson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2002

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5115

### Handledare

Kent Persson, TeknD.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Håkan Olsson, Civ.ing.  
Tetra Pak, Lund

Anders Magnusson, TeknD.  
Tetra Pak, Lund

### I samarbete med

Tetra Pak, Lund

### Background

The grip stiffness of a beverage package is an important parameter in achieving satisfying package performance. In package design, selecting proper grip stiffness is a challenging task since it must be balanced against difficulties in converting and forming and of cost. To improve this selection process, a better understanding of how the grip stiffness is influenced by package shape and material stiffness is needed.

The final goal of the project is to be able to define how the combination of material and package shape is selected to achieve proper grip stiffness.

### Project description

The main objective in the project is to determine relationships between grip stiffness, package shape and material stiffness. The work in the project may be divided into three subtasks:

- *Experimental study of grip stiffness of packages with various shapes and materials by use of a grip robot.*
- *Experimental study of the mechanical behaviour of the material in bending for simplified material input.*
- *Numerical parametric study of grip stiffness for varying width, height and material stiffness by use of the finite element program ABAQUS.*



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik

## VRIDNINGS- OCH VÄLVNINGSANALYS AV BETONGBROLÅDOR

*Jonas Kristensson och Kenth Lindell*

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till januari 2002

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5114

### *Handledare*

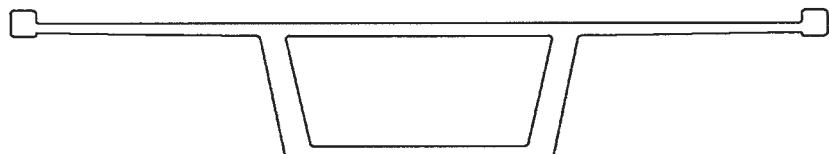
Joakim Jeppson, *Tekn. lic.*  
*Avd. f. konstruktionsteknik*

Erik Serrano, *TeknD*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Håkan Camper, *Civ.ing.*  
*Skanska Teknik AB*

### *I samarbete med*

*Avd. f. konstruktionsteknik,*  
*LTH och Skanska Teknik AB*



Examensarbetet har som syfte att utreda betydelsen av påkänningar på grund av välvning och tvärtnitsdeformation orsakade av vridbelastning hos brolådekonstruktioner med farbanekonsoler, se figur ovan.

Examensarbetet behandlar ett antal handberäkningsmetoder som jämförs med finita element beräkningar. Med handberäkningsmetoderna kan man bland annat beräkna hörnmoment och axiella spänningar. Vid jämförelser mellan handberäkningsmetoder och finita element modell har enkla lastfall och olika slankhet på tvärnitten använts.

Examensarbetet innehåller även ett avsnitt där laster enligt normen BRO 94 applicerats på finita element modellen, detta för att undersöka vilka hörnmoment och axiella spänningar som uppkommer på grund av vridning i ett verkligt fall.

Tre olika handberäkningsmetoder har behandlats. Den första behandlar blandad vridning med delvis öppna och slutna odeformbara tunnväggiga tvärnitt, vilket är en modifiering av

motsvarande teori för öppna tunnväggiga tvärnitt. Den andra metoden används för att beräkna effekter av att tvärnittet deformeras vid vridning. Den tredje metoden är en superponering av de två första.

Två finita element modeller har utförts, en enkel tvådimensionell modell för beräkning av påkänningar orsakade av tvärtnitsdeformation, och en tre-dimensionell skalmodell. För skalmodellen har olika täthet av elementindelning använts för att undersöka dess effekt på resultatet.

Resultatet visar att handberäkningsmetoderna och FE-modellen stämmer väl överens för undersökta fall. Beräkning med laster enligt BRO 94 visar att man i vissa fall bör ta hänsyn till axiella spänningar uppkomna på grund av vridning. Resultaten visar också att man i samtliga fall bör ta hänsyn till uppkomna hörnmoment.



**LUND'S TEKNISKA  
HÖGSKOLA**  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## MODELLERING AV KUGGINGREPP FÖR KAMREM

Jakob Körner och Daniel Wahlen

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2002

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5113

### Handledare

Per-Erik Austrell, *TeknD.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Anders K. Olsson, *Civ.ing.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Thomas Johansson  
Volvo

### I samarbete med

Volvo AB

### Bakgrund

Volvo önskar en simuleringsmodell för kamremmen, som styr ventilspelet i personvagnsmotorerna. Man vill bland annat veta hur friktionskrafterna fördelar sig längs remmen vid ingrepp mot kugghjul. Dessutom är de fjädrande egenskaperna hos remmens tänder av intresse för att kunna skapa en modell av kuggingreppet.

### Uppgift

Uppgiften består i att med FEM, bygga upp modeller för bestämning av materialparametrar samt en simuleringsmodell för att bestämma krafterna som uppkommer när remmen är i drift. När kraftsituationen är känd ska tänders fjädrande egenskaper bestämmas och metoden för att nå dit redovisas så att en enkel modell med diskreta fjädrar kan kalibreras mot resultatet av FE-analyserna.

Målet är att resultaten skall kunna användas av Volvo för att förbättra de datorprogram som simulerar kuggingreppet.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Dick Sjölund

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2002

## Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5112

## Handledare

Erik Serrano, Tekn.dr.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Sara MacDonald, Civ.ing.  
Skanska Prefab AB, Uppåkra

## I samarbete med

Skanska Prefab AB,  
Uppåkra

## BALKONGERS UTFORMNING

### Bakgrund

Balkonger kan utformas på många olika sätt och en utförlig kontroll av vad som är tekniskt möjligt beträffande bland annat infästningar och balkongstorlekar måste därför göras i varje projekt med balkonger. Att "uppfinna hjulet" flera gånger är naturligtvis kostsamt och det finns därför ett behov av standarder för utformning av balkongdetaljer. I samband med lufttäthetsmätningar har dessutom uppmärksammats problem med lufttotätheter vid balkonganslutningar till stommen, framförallt i byggnader med fullständigt prefabricerad stomme. Mot bakgrund av lufttäthetsproblemen och de efterlysta balkongdetaljerna finns nu ett behov av att få frågeställningarna utredda.

### Syfte

Projektet syftar till att ta fram ett underlag för utformning av standard-detaljer för tre olika balkongtyper.

- *Inspända balkonger*  
(till håldäck och massiva bjälklag)
- *Dragtagsburna balkonger*
- *Pelarburna balkonger*

Balkongtyperna ska studeras med avseende på huvudkriterierna statik, lufttäthet, och köldbryggor. Dessutom bör eventuell risk för galvanisk korrasjon beaktas samt risken för att stegljud förs över till stommen.

### Mål

Projektresultatet kommer att ligga till grund för ett nytt avsnitt i Skanska Prefabs tekniska standard.

För samtliga balkongtyper eftersöks olika typer av intervall för balkongens maximala storlek. Hänsyn ska tas till olika höjd över marken, snözon, aktuell vindreferenshastighet och terrängtyp.

För att undvika att balkonger efter en tid börjar böja ner ska långtidsdeformationerna beaktas vid studie av de olika infästningsalternativen.

Beräkningarna bör utföras för två olika djup. Minsta djup eftersöks genom samråd med arkitekter.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Måns Danelius

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 2002

## Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5111

## Handledare

Kent Persson, TeknD.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Liliana Beldie, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Håkan Olsson, Civ.ing.  
Tetra Pak, Lund

Anders Magnusson, TeknD.  
Tetra Pak, Lund

## I samarbete med

Tetra Pak, Lund

# SIMULATION OF CREASES ON PACKAGES

## Background

When modelling mechanical properties of packages, e.g. grip stiffness and compression strength, with the finite element method (Abaqus), several difficulties arise. One important area of the package, which is believed to make a big contribution to the mechanical behaviour of the finished, filled, package, is the crease zone. In this zone, the paperboard has been deliberately damaged in order to control the folding of the package when the package is formed. The damages are introduced in the creasing process where delamination as well as permanent deformation of the paperboard is created. The damages result in a weak zone where the paperboard will fold during forming. To be able to make valid simulations of the mechanical behaviour of a package, a better mechanical description of the creased zone is needed.

plastic and aluminium foil have to be studied. The model will be implemented as a user subroutine in ABAQUS that have to be simple to use and simple to calibrate with the various material qualities used in packages. Moreover, the model must be written in a general manner to make it open for further developments. The major tasks of the project are summarised below.

- *Experimental study of the constitutive behaviour of the packaging material in the crease zone.*
- *Development and implementation of a constitutive model as a user subroutine in ABAQUS.*
- *Verification of the model through comparison of simulation results with experimental observations.*
- *Showing an example of how to use the model by performing a grip stiffness analysis of an open package containing fluid.*

## Project description

The goal of the master thesis is to develop and implement a model in the finite element program ABAQUS that is capable of simulating the constitutive behaviour of the packaging material in the crease zone. The model will be developed based on experimental observations of bending of the packaging material in the crease zone. Plain carton board as well as carton board laminated with various layers of



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## ANALYS AV SLAG- OCH INTRYCKNINGSHÅLLFASTHETEN I KOMPOSITGOLV

Håkan Avenberg och Rickard Madsen

### Presentation

Våren 2002

### Rapport

kommer att utges som report TSVM-5110

### Handledare

Kristian Stålne, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Per Johan Gustafsson, Prof.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Håkan Wernersson, Tekn.dr.  
Pergo AB, Trelleborg

### Arbetet utföres vid

Avd. f. byggnadsmekanik,  
och Pergo AB, Trelleborg

### I samarbete med

Pergo AB, Trelleborg

Pergo är det ledande varumärket för laminatgolv. Golvet säljs i ett 60-tal länder och tillverkas i Sverige, Tyskland och USA. Antalet anställda är ca 1000, varav ca 30 arbetar med forskning och utveckling av framtida golvkoncept.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Bakgrund

En golvbeläggning skall tåla slitage från skor och möbler, påverkan av solljus, väta och kemikalier, samt statisk och dynamisk belastning. Stötbelastning från fallande föremål eller statisk belastning från möbler eller skor med små klackar kan lokalt ge mycket hög tryckbelastning. Sådan belastning ger risk för permanenta deformationer eller genomstansningsbrott i kompositgolvets ytskikt, särskilt om de underliggande skikten är mjuka. För att kvalitetssäkra golvbeläggningars slag- och intrryckshållfasthet finns provningsmetoder angivna i en golvstandard. Det har emellertid visat sig att de angivna provningsmetoderna korrelerar otillfredsställande med verkligt uppträdande hos laminatgolv.

### Mål

Arbetet skall genom spänningssberäkningar och provningar ge ökad kunskap om genomstansningsbrott och förståelse om vilka faktorer som påverkar slag- och intrryckshållfastheten. Resultaten förväntas ge vägledning om hur framtida golv kan förbättras. Dessutom förväntas arbetet leda till förslag på bättre metoder för provning och värdering av laminatgolvslag- och intrryckningshållfasthet.

### Arbete

Arbetet består i uppbyggnad och användning av en mekanisk förklaringsmodell:

- Identifiera exempel på relevanta lastfall.
- Bygga upp FE-modeller av exempel på golvlaminat. (FE-program: Abaqus)
- FE-beräkningar för spänninganalys.
- Identifiera styrande material- och geometriparametrar.
- Verifierings- och materialprovningar.
- Föreslå förbättringar i laminatuppbryggning och/eller i provnings/utvärderingsmetoder.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FE- BERÄKNINGAR AV SPRICKBILDNING I TRÄFÖRBAND

Said Suleman

### Presentation

Våren 2002

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5109.

### Handledare

Erik Serrano, Tekn.Dr.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Per Johan Gustafsson, Docent  
Avd. f. byggnadsmekanik

Hans Jørgen Larsen, Adj.prof.  
Avd. f. byggnadsmekanik och  
BYG-DTU, Danmark

### Arbetet utföres vid

Avd. f. byggnadsmekanik,  
LTH

I träkonstruktioner är förbanden en svag punkt, mycket ofta den svagaste punkten. Nästan alla mekaniska förband bygger på principen med dymlingverkan: bultar, spik, eller dornar. I vissa fall, beroende på förbandets utformning, kan i sådana förband brott uppkomma pga alltför stora spänningar i vinkelrätträts fiberriktnings. I ett nyligen initierat forskningsprojekt skall brott i vinkelrät fiberriktningen i dymlingförband studeras. Förbanden består av ståldorn i fanérträ (LVL).

Examensarbetet omfattar FE-beräkningar av ett antal olika dornförband med hänsyn tagen till sprickbildning i vinkelrät fiberriktningen. Simuleringen av dornens samverkan med träet kan komma att innefatta kontaktberäkningar. Beräkningsresultaten kan jämföras med tillgängliga provningsresultat. Även jämförelse med överslagsmässiga handräkningsuttryck kan bli aktuell.

FE-beräkningarna kommer att utföras med hjälp av programmet ABAQUS® i UNIX-miljö.



Ståldorn i fanérträ.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## BERÄKNINGSMODELL FÖR SAMVERKAN MELLAN STÅLREGLAR OCH SKIVMATERIAL

Magnus Sköld

### Presentation

Hösten 2001

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5108.

### Handledare

Peter Davidsson, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Per-Anders Wernberg, Tekn.lic.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Niclas Ivarsson, Civ.ing.  
Lindab Profil AB

### Arbetet utföres vid

Avd. f. byggnadsmekanik

### I samarbete med

Lindab Profil AB, Förlöv



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Bakgrund

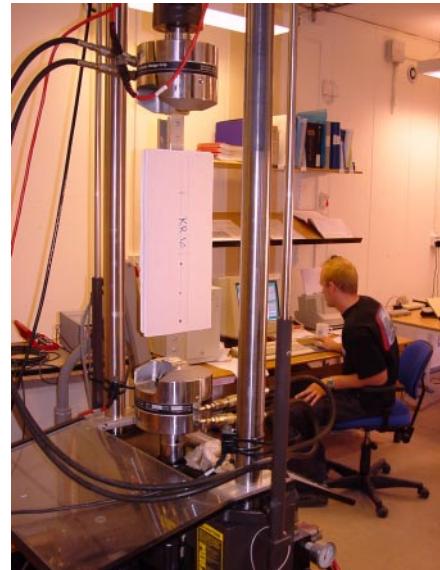
Dagens innerväggar byggs nästan uteslutande av stålreglar tillsammans med någon typ av skivmaterial. Det finns en mängd olika väggtyper. Valet av väggtyp grundar sig i princip på tre parametrar. Dessa är ljudkrav, brandkrav samt vägghöjd. För att få en optimal vägg krävs data på dessa parametrar. Tillåten höjd på en innervägg bestäms genom i normer beskrivna regler för bruks- och brottgränstillstånd. Dessa regler grundar sig på att man känner styvheten för samverkans konstruktion eller att man utför fullskaleförsök.

### Syfte

Syftet med examensarbetet är att med FEM-modeller och fullskaleförsök undersöka samverkan mellan stålreglar och skivmaterial, i det här fallet gips. Med utgångspunkt från verifierade FEM-modeller eftersöks samband mellan styvhetsgrad och olika typer av utförande. Det finns en mängd intressanta frågeställningar som behöver besvaras för att på ett korrekt sätt kunna göra beräkningar av styvheten hos en innervägg.

### Mål

Målet med examensarbetet är att finna samband mellan väggars styvhetsgrad och olika typer av utförande där man varierar typen av regelstomme, cc-mått på skruvningen samt antalet skivor. Dessa samband skall sedan kunna utgöra en grund för beräkningar av



maximal vägghöjd för olika typer av innerväggar. I examensarbetet ingår också fullskaleförsök för att verifiera beräkningsmodellerna.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik och Teknisk akustik



## LJUDSTRÅLNING FRÅN STRUKTURER; FEM-BEM KOPPLING

Fredrik Holmström

### Presentation

Våren 2001.

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5107.

### Handledare

Peter Davidsson, *Civ.ing.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Jonas Brunskog, *Tekn.lic.*  
Avd. f. teknisk akustik

### Arbetet utföres vid

Avd. f. byggnadsmekanik  
- Teknisk akustik, LTH

En väl tillämpad numerisk metod för akustiska strukturproblem vid låga frekvenser är *finita element metoden* (FEM). Även den omgivande eller inneslutna luften kan behandlas med FEM, men problemet blir då ofta stort, speciellt vid 3D problem. Svårigheter med reflektion uppstår där den typiska modellen har sin yttre kant d.v.s. där randvillkoren skall ges.

BEM, *the boundary element method*, är väl lämpad för akustiska fluidproblem. I BEM utgår man från fundamentallösningen av fluidproblemet utan ränder och bestämmer sedan styrkan på en stor mängd fundamentallösningar så att randvillkoren uppfylls. Man reducerar på så vis ett 3D problem till ett 2D problem och slipper samtidigt problemen med reflektion där man slutar räkna.

Då både FEM och BEM är matrisbaserade så kan de kopplas ihop. Detta görs bland annat i det kommersiella programmet Sysnoise. Kopplingen kan ske på olika vis (direkt, iterativt, ...). Examensarbetet går ut på att implementera BEM och FEM-BEM koppling i Calfem.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik

## TORKNINGENS INVERKAN PÅ PAPPERS KRYPEGENSKAPER

Miklós Nagel

### Presentation

Våren 2001.

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5106.

### Handledare

Bo Westerlind  
SCA Graphic Research

Per-Johan Gustafsson, Docent  
Avd. f. byggnadsmekanik

### I samarbete med

SCA Graphic Research,  
Sundsvall



LUNDIENS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Sammanfattning av examensarbetet, vilket presenterades den 9 mars, 2001.

Vid långvarig belastning av papper erhålls, liksom för de flesta andra material, en deformation kallad krypning. Deformationen kan vara såväl elastisk som plastisk. Vid avlastning sker ingen fullständig återhämtning av den ursprungliga längden om vi har plastisk deformation. Den återhämtning som ändå erhålls beror på den elastiska delen av deformationen. Eftersom papper som används i förpackningar oftast utsätts för långvarig belastning vid vardagligt användande är det viktigt att ta hänsyn till pappers krypegenskaper vid dimensionering av förpackningar.

I ett flertal studier [1,2,3] har man visat att dragstyrhet och dragstyrka i maskinriktningen (MD) är oberoende av om papperet torkats fritt eller inspänt i tvärriktningen (CD). Denna rapport visar att det förhåller sig annorlunda med krypegenskaperna. Krypegenskaperna i MD beror på om papperet torkats fritt eller inspänt i CD.

Anisotropa pappersark med ytvikten omkring 150 g/m<sup>2</sup> tillverkades av oblekt barrsulfatmassa i laboratorium på en dynamisk arkform. Arken torkades på fyra olika sätt, (1a) inspänt torkat i både MD och CD, (1b) inspänt torkat i MD och fritt torkat i CD, (2a) fritt torkat i MD och inspänt torkat i CD och

sist (2b) fritt torkat i både MD och CD. Vid experimenten jämfördes (1a) med (1b) och (2a) med (2b). Pappersproverna dragprovades i både MD och CD och dragkrypprovades i MD dels med en befintlig apparat utvecklad av SCA och dels med ny apparatur där stereo-DSP (Digital Speckle Photography) användes för att mäta det tredimensionella förskjutningsfältet med hjälp av bildanalys.

Resultaten visar att tiden till brott i en krypmätning ökar med 4-8 gånger i MD (som sammanfaller med belastningsriktningen) om papperet torkats fritt istället för inspänt i CD. Krypbrottningen påverkas dock inte i belastningsriktningen då olika torksätt tillämpas vinkelrätt mot belastningsriktningen. Anmärkningsvärt är att den negativa kryptöjningen (sammandragningen) vinkelrätt mot belastningsriktningen är högre om papperet torkats inspänt vinkelrätt mot belastningsriktningen. Slutsatsen man kan dra är att kryptöjningen och livslängden i en riktning för papperet beror på pappers mekaniska egenskaper i båda riktningarna. Möjligen kan dessa iakttagelser även förklara den accelererande krypningen som papperet uppvisar när fukthalten i provet varierar över tiden.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## SIMULERING AV FÖRSLUTNINGSPROCESS SAMT ANALYS AV POLYURETANLIST

Peter Alm och Anders Andersson

### *Presentation*

Våren 2001.

### *Rapport*

kommer att utges som report TVSM-5105.

### *Handledare*

Per-Erik Austrell, *Tekn.dr.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Matti Ristinmaa, *Tekn.dr.*  
*Avd. f. hållfasthetslära*

### *Arbetet utföres vid*

*Avd. f. byggnadsmekanik,*  
*LTH*

### *I samarbete med*

Tetra Pak AB, Italien

Examensarbetet, som genomförs i samarbete med Tetra Pak, syftar till att utveckla en simuleringsmodell av förslutningsprocessen i förpacknings-tillverkningen och utföra en spänning-analys på ingående polyuretanlist.

Förpackningarna försluts genom att förpackningsmaterialet, laminat innehållande papper, plast- och aluminiumfolie, kläms ihop under uppvärming så att plastskiktet smälter och fungerar som ett lim.

Processen sker genom att förpackningsmaterialet pressas mellan en uppvärmd list och ett mothåll i polyuretan.

Förslutningsprocessen simuleras med Abaqus Explicit som är gynnsamt vid modellering av snabba kontaktförlopp.

I uppgiften ingår utvärdering av hyperelastiska, viskoelastiska och viskoplastiska materialmodeller.



**LUND TEKNISKA  
HÖGSKOLA**  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## DYNAMIKSTUDIE AV MAST

*Timothy Arnesson och Johan Olsson*

### *Presentation*

Våren 2001.

### *Rapport*

kommer att utges som report TVSM-5104.

### *Handledare*

Per-Erik Austrell, *Tekn.dr.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Peter Davidsson, *Civ.ing.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Lars Östholtm, *Civ.ing.*  
Semcon, Helsingborg

### *Arbetet utföres vid*

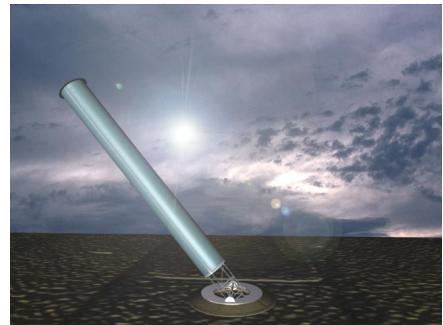
Avd. f. byggnadsmekanik,  
LTH

### *I samarbete med*

Semcon, Helsingborg.

Målet med examensarbetet är att ta fram två primärkonstruktioner på en mast som utgör den bärande enheten i vindkraftverket baserat på Magnus-effekten. Analysen som leder fram till dimensioneringsunderlag genomförs med hjälp av FEM-beräkningar. FEM-analysen dokumenteras så att ett beräkningsförfarande erhålls vilket senare ska kunna användas till en högre mast. Då primärkonstruktionerna är genomförda utförs en bedömning av vilken mastkonstruktion som är den bästa ur olika aspekter.

Utöver denna rapport kommer arbetet även att utföras i html-format, med någon typ av visualisering av konstruktionen.



**semcon**



**LUND TEKNISKA  
HÖGSKOLA**  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik

## FINITE ELEMENT MODELLING OF A RUBBER BLOCK EXPOSED TO SHOCK LOADING

Paul Håkansson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till februari 2001

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5103

### Handledare

Anders Pettersson  
Kockums AB

Matti Ristinmaa, *TeknD*  
Avd. f. hållfasthetsslära

Per-Erik Austrell, *TeknD*  
Avd. f. byggnadsmekanik

### I samarbete med

Kockums AB, Malmö och  
Avd. f. hållfasthetsslära, LTH



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

The assignment designates from the fact that there is no accurate method to model rubber dampers exposed of shock load. In this master thesis, different kinds of constitutive models for rubber will be investigated.

After a theoretical examination of the material models in LS-DYNA, material tests were performed at Trelleborg Automotive. Simple shear tests were performed, where both purely elastic and dynamic tests were considered, since these tests are suited for calibration of both the Yeoh model and the Arruda & Boyce model. These two visco- hyperelastic models were the only ones that were found useful for this application and the possible material tests.

Shock tests were performed in order to evaluate the shock simulations in LS-DYNA. The achieved frequencies cover the range from about 9 Hz to 17 Hz. The shock accelerations were used as input in the FE simulations. The achieved accelerations and displacements were compared with the experimental ones.

The results from the simulations correspond quite well to the experimental tests. Especially the Yeoh model gives remarkably good results despite many approximations in the adaptation of the model. The response of the Arruda & Boyce model did,



Rubber damper

however, not fit very well for the lowest mass, for the two highest the response were similar to the one for the Yeoh model. Unfortunately, the rubber material depends more on the strain amplitude than the strain frequency at these relatively low frequencies. The frequency dependency can almost be neglected in this frequency range. This is a problem since the models depend only on the frequency and not the amplitude. This results in large deviations at the shock phase where the amplitude are considerable higher, due to too high damping, while the free vibration phase is better. If the interesting part is the shock phase it might be more suitable to use a purely hyperelastic model, the disadvantages is a large error at the free vibration phase. The free vibration phase is however better simulated with the visco-hyperelastic model.

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FEM-STABILITY ANALYSIS OF CORRUGATED BOARD

Björn Svärd och Andreas Allansson

### Presentation

Hösten 2000.

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5102.

### Handledare

Ulf Nyman, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Per Johan Gustafsson, Docent  
Avd. f. byggnadsmekanik

Liliana Beldie, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Tomas Nordstrand, Civ.ing.  
SCA Research, Sundsvall

### Arbetet utföres vid

Avd. f. byggnadsmekanik,  
LTH

### I samarbete med

SCA Research, Sundsvall.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Corrugated board is an example of a structural core sandwich material which has gained much popularity as a packaging material. It is also used in products which purely have a load carrying function, such as pallets. In most applications, the loading is shell like.

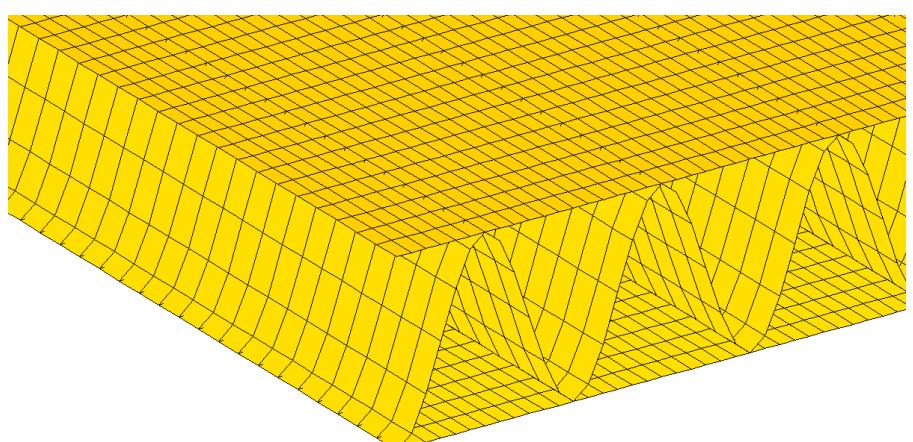
The numerical simulation, e.g. finite element calculations, of the mechanical behaviour of corrugated board is advanced by several factors

- The stiffness and strength properties of the board is highly oriented, i.e. orthotropic.
- The board may fail by different failure modes, when loaded in-plane. Structural failure is possible as the bifurcation of the board panel when loaded in-plane. In addition, local buckling of the board facings occurs between the corrugations.

- Considering the local stability of the board, a large amount of different deflection modes are feasible during the the load-deformation path. Therefore, the nonlinear reponse calculations require an incremental technique which captures complex load and displacement variations during the path.

A detailed modelling and nonlinear finite element analysis of the board will provide a measure of how complex mechanical structures with a very large amount of degrees of freedom can be performed by numerical methods.

The work will be performed by ABAQUS (and/or LS-DYNA), at the Division of Structural Mechanics, LTH. Contact with SCA Research can be settled for e.g. test results of board constituents.



# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## ANALYS AV TORSIONSFJÄDER

Lars Andersson och Lars Rolfson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till mars 2000

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5101.

### Handledare

Per-Erik Austrell, *Tekn.dr.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik.*

### I samarbete med

Thommy Söderberg, *Civ.ing.*  
*Hägglunds Vehicle AB, Örnsköldsvik.*

Hägglunds Vehicle AB är ett företag som bl a konstruerar och tillverkar bandvagnar.

I en typ av bandvagn är det tänkt att använda den torsionsfjäder som är föremål för examensarbetet.

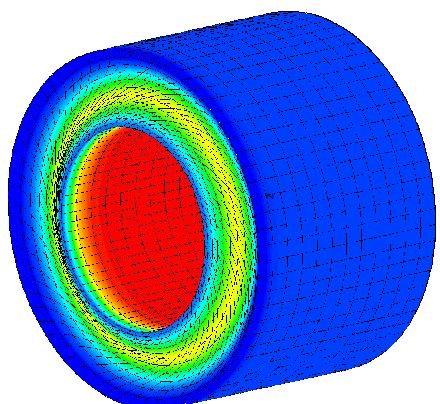
Torsionsfjädern är utformad som en bussning och består av två koncentriska stålcylindrar med fastvulkat gummimellan. Rörelse och energiupptagningen sker i det elastiska gummimaterialet. Efter vulkningsprocessen komprimeras ytterröret radiellt för att i första hand minska de initIELLA spänningar som uppkommit efter vulkningen.

Examensarbetet går ut på att fastställa spännings- och töjningstillståndet i torsionsfjädern och dess beroende av bl a kompressionsgraden och fjäderns geometriska parametrar. Utifrån detta skall slutsatser dras om orsaken till den korta livslängden och eventuella förslag till en ny design ges.

Till beräkningsarbetet används ABAQUS och MATLAB



BvS10 är den typ av bandvagn som används som underlag för examensarbetet.



FE-modell av torsionsfjäder.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## MODELLING OF ELASTOMERIC COMPONENTS FOR VEHICLE SYSTEM DYNAMICS MODELS

Mikael Svensson och Kristian Bergdahl

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till mars, 2000.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5100

### Handledare

Per-Erik Austrell, *TeknD*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Peter Davidsson, *Civ.ing.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

### I samarbete med

Per-Olof Sturesson  
Saab Automobile AB in Trollhättan

### BACKGROUND

Elastomeric (rubber) components are used in automotive vehicle for vibration isolation. These components exhibit non-linear stiffness behaviour both statically and dynamically. Properties like stress strain relationship as well as pre-load, frequency, amplitude and maybe temperature dependency may be included in a analysis model. Usually, in vehicle system dynamics models linear properties are used. The thesis work is limited to a frequency range that is below the first eigenfrequency of the bushing.

### OBJECTIVE

The objective with the project is:

1. Gain insight in pre-load, frequency and amplitude dependency of elastomeric components.
2. Give directions for future modelling of elastomeric components in vehicle system dynamics models.

### METHODS

The thesis project consists of the following main parts:

- *Litterature study.*
- *Description of elastomeric components frequency, amplitude and temperature dependent properties.*
- *Modelling of these properties to systems with few degrees of freedom. Calibration to experiment.*
- *Experimental investigation of cylindrical bushing element. Radial and axial dynamic stiffness and damping are measured. As test specimen the front control arm bushing can be used. The experiment will take place at SAAB NVC.*
- *Implementation of the model in a finite element model. A simple problem in MSC/Nastran is investigated. Especially the amplitude dependency is studied.*



LUNDSTECNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## UTVECKLING AV TAKSTOLSPROGRAM

Peter Berglund och Jonas Holmberg

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till december 1999.

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5099.

### *Handledare*

Jonas Lindemann, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Anders Olsson, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Examensarbetet går ut på att utveckla ett takstolsprogram som tar hänsyn till styvheten i spikplåtsförband.

Dagens kommersiella takstolsprogram räknar med antingen fullständig samverkan eller helt eftergivliga knutpunkter, detta är en förenkling då styvheten i spikplåtsförbandet i själva verket ligger mellan dessa ytterligheter.

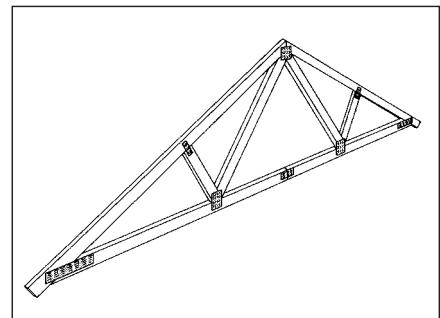
Vår uppgift är att med hjälp av en beräkningsmodell, utvecklad på Avd. för byggnadsmekanik, ta hänsyn till vekheten i spikförbandet.

En del beräkningsalgoritmer för att behandla t.ex. balkar är utvecklade på samma avd. Dessa algoritmer ska vi översätta från CALFEM till vår beräkningskod.

För att klara beräkningsdelen med hög noggrannhet och precision, utnyttjas Fortran 90.

Projektet omfattar också utveckling av ett grafiskt användargränssnitt och för det använder vi Borland Delphi.

```
unit frmGridProp;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;
type
  TfrmGridProp = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    btnCancel: TButton;
    btnOK: TButton;
    procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
    procedure btnOKClick(Sender: TObject);
  private
    FGridSize: Double;
    procedure SetGridSize();
    public
      property GridSize: double read FGridSize write FGridSize;
  end;
var
  frmGridProp: TfrmGridProp;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TfrmGridProp.SetGridSize();
begin
  FGridSize:=GridSize;
end;
end.
```



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## ANALYS AV LEDPROTES FÖR METACARPOPHALANGEALLEDEN

Mattias Månsson och Anders Olsson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till hösten 1999.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5098

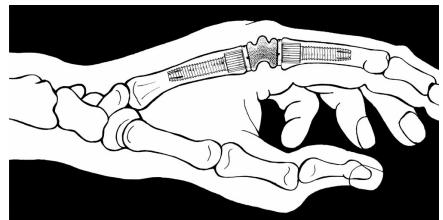
### Handledare

Per-Erik Austrell, *Tekn.dr.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

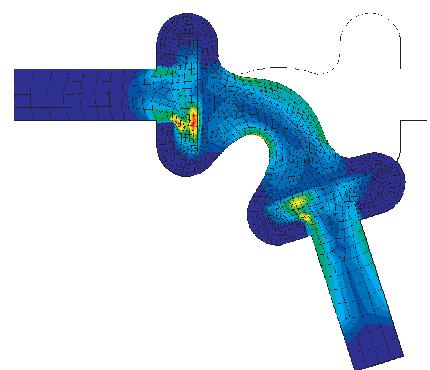
### I samarbete med

P-I Bränemark

I Sverige finns ca 25000 personer som på grund av reumatism har så kraftigt deformerade och förstörda leder att det kraftigt begränsar deras förmåga att leva ett normalt liv. För att öka livskvalitén för dessa individer kan den förstörda leden ersättas med en protes.



Den befintliga fingerledsprotesen som projektet avser att förbättra är konstruerad och utprovad av P-I Bränemark m fl. Protesen är tillverkad i silikongummi med titanstift som fästs in i titanhyllor i handen respektive fingrarna. Protesen har under ett antal år framgångsrikt givit förbättrade villkor för patienter med svår reumatism. Problemet med leden är att gummiträmmaterialet efter några år spricker och går sönder.



Syftet med examensarbetet är att med hjälp av nya material och ny utformning öka livslängden för protesen. Den befintliga leden analyseras genom finita element beräkningar med hjälp av ABAQUS. Nya förslag på utformning och material tas fram för att sedan analyseras. Slutligen skapas ett förslag på ny design av protesen.

Ökad livslängd för fingerledsprotesen skulle resultera i färre operationer vilket skulle minska lidandet för patienten samt reducera vårdkostnaderna.



LUND'S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete

## vid Byggnadsmekanik och Teknisk geologi



## STOKASTISK FE-MODELLERING AV GRUNDVATTENFLÖDE I SPRICKAKVIFER

Henrik Wall och Jonas Andersson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till december 1999.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5097, och  
report TVTG-5069.

### Handledare

Karl-Gunnar Olsson, *Tekn.lic.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Anders Olsson, *Civ.ing.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Gerhard Barman, *Tekn.dr.*  
*Avd. f. teknisk geologi*

Åsa Håkansson, *Tekn.lic.*  
*Avd. f. teknisk geologi*

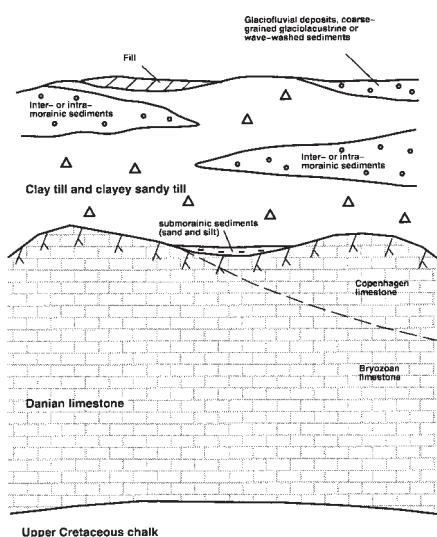
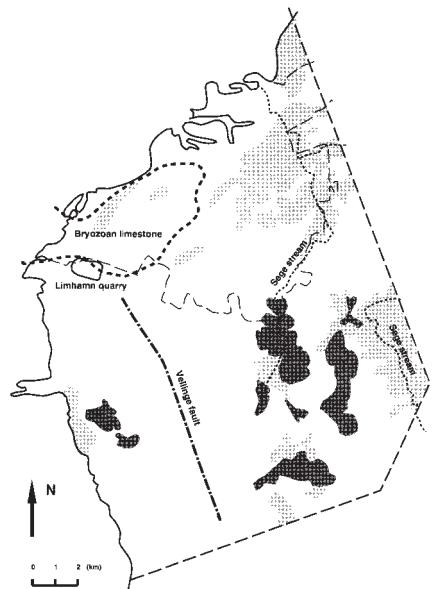
### I samarbete med

Elisabet Hammarlund, *Civ.ing.*  
*SCC Sverige AB*

Syftet med detta examensarbete är att utveckla en metod som med hjälp av data från uppmätta grundvattennivåer kan karakterisera en akvifers strömningsegenskaper.

Akviferens hydrauliska konduktivitet kommer att betraktas som ett stokastiskt fält med vilka effekter av grundvattensänkning och inflöde av grundvatten vid markarbete kan beräknas med hjälp av sannolikhets-teoretiska fördelningar. Metoden kommer att utvecklas med hjälp av uppmätta grundvattennivåer i Malmö-området.

Metoden i detta examensarbete kommer att bestå av tre delar. Först bestäms akviferens konduktivitet med hjälp av invers FE-modellering. Därefter tillämpas en beräkningsmetod som med hjälp av sannolikhetsteoretiska fördelningar kan beskriva akviferens konduktivitet. Slutligen visas hur metoden kan användas på ett verkligt objekt, i detta fall den planerade Citytunneln i Malmö.



LUND'S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## ANALYS AV TELESKOPSPEGEL FÖR ETT "VERY LARGE TELESCOPE" (VLT)

Hanna Johansson och Andreas Jilsmark

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till hösten 1999.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5096

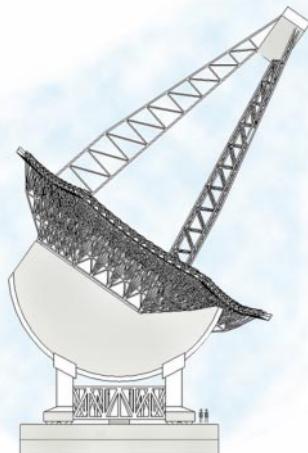
### Handledare

Göran Sandberg, *tf Professor*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Torben Andersen, *Professor*  
Avd. f. astronomi

Arbetet avser att analysera deformationerna som uppkommer i huvudspiegeln på ett astronomiskt teleskop då teleskopet vrids runt horisontaxeln. Spiegeln hålls uppe med hjälp av ett stort antal justerbara upplagspunkter, och målet är att finna ett samband mellan spegelns optiska kvalitet och dessa upplagspunkters konfiguration.

Beräkningsarbetet bygger på finita elementmetoden och som hjälpmittel används programmen NASTRAN, ABAQUS och MATLAB.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FEM ANALYSIS AND VISUALISATION OF SHAPE STABILITY IN WOOD

Rikard Larsson

### Presentation

av examensarbetet är beräknad till hösten 1999.

### Rapport

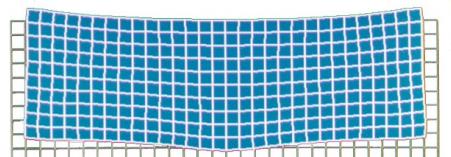
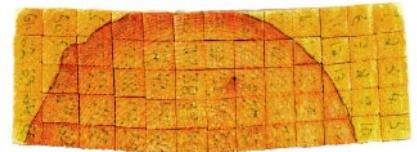
kommer att utges som report TVSM-5095.

### Handledare

Ola Dahlblom, *TeknD*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Jonas Lindemann, *Civ.ing.*  
Avd. f. Byggnadsmekanik

Wood deforms when it is subjected to changes in moisture contents. Moreover, wood is an orthotropic material with different properties in radial, tangential and axial directions. Due to these facts the deformations of wood are asymmetric in all directions. The size of the asymmetric deformations depends on the amount and rate of change in moisture contents and the surrounding temperature. This behaviour can be calculated with FEM (finite element method) and that is the essence of this dissertation.



The major parts of this dissertation are:

- *Design and implementation of a user-friendly interface for an FEM program.*
- *Encapsulation of existing FEM code. The encapsulation is going to be implemented as a Corba or DCOM object.*
- *Visualisation of the deformations using VRML or OpenGL*

The goal with this program is to be able to make good estimations of the deformations of a dried piece of wood in a simple way.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## VISUALISERING AV TAKKONSTRUKTIONEN PÅ GLIMMINGEHUS

Carl Thelin

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till maj -  
juni 1999.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5094.

### Handledare

Karl-Gunnar Olsson, *Tekn.lic.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

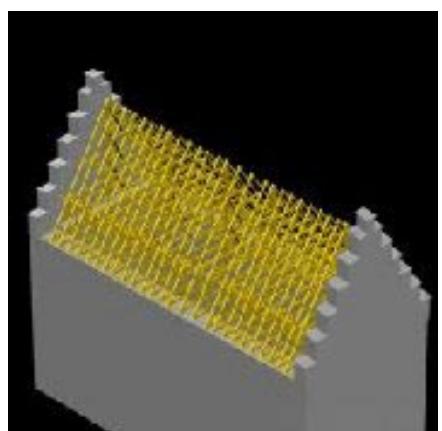
Jonas Lindemann, *Civ.ing.*  
*Avd. f. Byggnadsmekanik*

Glimmingehus uppfördes 1499, för femhundra år sedan, och är känt som nordens bäst bevarade medeltidsborg. 1991 upptäckte man vid inspektion skador på takkonstruktionen. Dessa skador ökade gradvis i omfattning. 1994 gjordes en analys av kraftspelet i konstruktionen. Reparation och restaurering av konstruktionen påbörjades under sommarhalvåret 1998.

Examensarbetets syfte är att genom tredimensionella datormodeller av uppbyggnaden och av kraftspelet i takkonstruktionen, göra denna mer lättöverskådlig och begriplig.

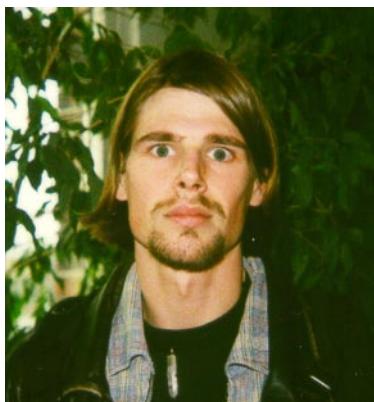
I modellen visas hur konstruktionen kan ha byggts upp, hur den har förändrats och hur den ser ut idag. I modellen kan man också visa vilka skador som fanns innan restaureringen och hur dessa påverkade konstruktionen, vad som har gjorts vid den senaste restaureringen och hur detta förändrade kraftspelet. Tanken är att modellen skall presenteras via en webbsida.

Program som används är MATLAB, AutoCad, 3D-Studio och VRML. VRML är en kod för att visa tredimensionella modeller på internet.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## KOMPOSITMATERIALS HYGROMEKANISKA EGENSKAPER

Björn Andersson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till augusti -  
september 1999.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5093.

### Handledare

Per Johan Gustafsson, Docent  
Avd. f. byggnadsmekanik

Christer Nilsson, Tekn.Dr.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Kristian Stålne, Civ.ing.  
Avd. f. byggnadsmekanik

### I samarbete med

Perstorp AB, Perstorp

Vid konstruktion, tillverkning och applicering av produkter är det ibland av intresse att veta hur de ingående materialen uppträder vid fuktpåverkan, exempelvis får det vid användning av beklädnad till byggnader inte förekomma någon krökning av materialet. Det är även vid forskning på mikronivå viktigt att ha tillgång till verifierande provresultat så att framtagna teorier och antaganden kan kontrolleras.

Detta examensarbete har till uppgift att mäta samt beräkna vilken påverkan fukt har på de mekaniska egenskaperna hos laminat som pressats ihop under högt tryck. Laminaten som undersöks är melanin- eller fenol-impregnerade papperslaminat som används vid golv tillverkning hos Perstorp AB.

De materialparametrar som mäts vid olika fuktnivåer kommer att vara elasticitetsmoduler, fuktutvidgning samt temperaturutvidgning. När dessa parametrar är kända kan beräkningar göras för att se hur ett godtyckligt uppbyggt laminat kommer att uppträda vid olika fukt- och belastningsfall. Intressanta värden är t.ex. krökningsradie samt inre spänningar i laminatet. Beräkningarna kommer att utföras dels med finita elementmetoden (FEM), dels med balkteori.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Håkan Svensson

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 1999

## Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5092

## Handledare

Per-Erik Austrell, *TeknD.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Carl Johnsson, *Civ.ing.*  
Skanska Teknik AB

## Arbetet utföres vid

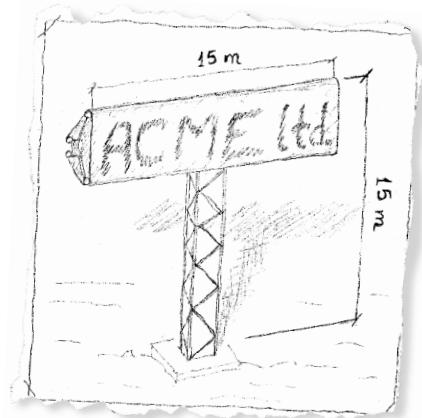
Avdelningen för  
Byggnadsmekanik, LTH

## I samarbete med

Skanska Teknik AB

## ANALYS AV VINDBELASTAD REKLAMSKYLT

Examensarbetet syftar till att designa och dimensionera en stor reklamskylt som är billigare att tillverka än konventionella utföranden. Arbetets innebörd är att undersöka och förutsäga olika lastfall som konstruktionen utsätts för och vilka effekter de medför. De problem som främst skall behandlas är vindlast rakt framifrån eventuellt med excentricitets och stabilitets-problem i ramverket. Statisk buckling (knäckning), vindinducerade torsionssvängningar med eventuell resonans och relaxationsfenomen i duken är några av de fenomen som skall analyseras.



balk. Undersökning av vilka störningsfrekvenser som kan förekomma.  
Litteraturstudie om turbulens.

- **Grundläggande dimensionering**

Dimensionering med avseende på vindlast rakt fram- och bakifrån.

- **Statisk stabilitetsanalys av skytstruktur**

Analys av en tvådimensionell modell. Kontroll av vilken typ av analys som krävs för snittmodellen, andra ordningen eller tredje ordningens teori. Undersökning av modellens stabilitetsegenskaper med avseende på ändringar i geometrin. Påverkan av omgivningens temperaturändringar.

- **Modalanalys**

Egenvärdesanalys av approximativ modell, där stativet behandlas som en

- **Tredimensionell analys**

Analys av en tredimensionell modell med hjälp av PATRAN / NASTRAN.

- **Dimensionering**

Jämförelse med dimensionering med hänsyn till EuroCode.

- **Mätdataprootyp**

Utvärdering av mätdata från prototyp med vindlast.

- **Dukens materialegenskaper**

Undersökning av hur dukens olinjära materialegenskaper påverkar beräkningsmodellen.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA

Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## MISSILVERKAN MOT BETONGKONSTRUKTION

Björn Thunell och Magnus Brommesson

### Presentation

av examensarbetet är beräknad till våren 1999.

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5091.

### Handledare

Göran Sandberg, *tf Prof.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Jan-Anders Larsson, *Civ.ing.*  
Scanscot Technology AB

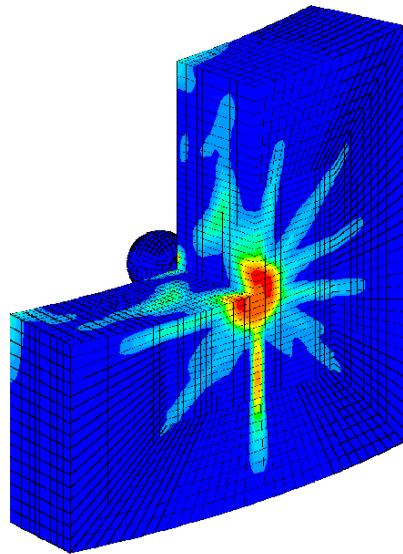
### I samarbete med

Scanscot Technology AB,  
Lund.

Examensarbetets syfte är att studera armerade betongkonstruktioners respons på grund av missilverkan. Detta är aktuellt vid till exempel plötsliga rörbrott, så kallade pipe-whip effekter, brott i höghastighetsturbiner eller splitterverkan mot betongkonstruktioner.

Med hjälp av finita elementmodeller kan förslagsvis rörbrottsslasters påverkan på fria rörändar studeras, varvid plastisering av rörsystem samt betongkonstruktioner kan beaktas.

Examensarbetet skall behandla lokalt olinjär analys av problemställningen samt verifiering av resultatet.



Respons av missilverkan mot betongmur.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FE-SIMULERING AV VINDBELASTAD TORNKONSTRUKTION

Magnus Johansson och Niclas Ivarsson

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till april 1999.

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5090.

### Handledare

Göran Sandberg, *tf Prof.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Roberto Caprile, *Civ.ing.*  
Telia Mobile Torn & Mast AB

Carl-Göran Nyrell, *M.sc.*  
Telia Mobile Torn & Mast AB

### I samarbete med

Telia Mobile Torn & Mast AB

Telia Mobile ansvarar för tusentals  
master och torn runt om i Norden.  
Dessa måste kontinuerligt verifieras för  
nya laster, speciellt i samband med att  
ny utrustning monteras.

Examensarbetet består i att simulera  
dynamiska vindförflopp för ett av Telias  
tornkonstruktioner i datormodeller.  
Tornet är 72 m högt och är beläget i  
Källstorp strax utanför Varberg. Ett  
antal tänkbara vindlastspektra bestäms  
ur insamlade mätdata. Detta torn är  
förutom vindmätningsutrustning även  
utrustat med trådtöjningsgivare och  
accelerometrar som används till vidare  
detaljanalys.

Beräkningsteorin bygger på finita  
elementmetoden och som hjälpmittel  
används programmen PATRAN /  
NASTRAN och CALFEM / MATLAB. Ur  
simuleringsresultaten räknas den  
dynamiska vindstötsfaktorn fram och  
jämfördes med de angivna enligt norm  
Boverkets "Snö och Vind".



Bilden ovan visar det aktuella tornet i Källstorp.



Bilderna visar en trådtöjningsgivare på ett av rambenena och tornet sett från ca 18 m uppåt.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FINIT ELEMENT ANALYS AV EN FENDERKONSTRUKTION MED GUMMIELEMENT

Peter Dobszai och Martin Jönsson

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till dec. 1998

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5089

### *Handledare*

Per-Erik Austrell, *TeknD*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Lars Jönsson, *Tekn. chef*  
Svedala-Trellex

### *Arbetet utföres vid*

Avdelningen för  
Byggnadsmekanik, LTH

### *I samarbete med* Svedala-Trellex

Arbetet avser simulering av en stor fenderkonstruktion med gummielement som utsätts för transient last.

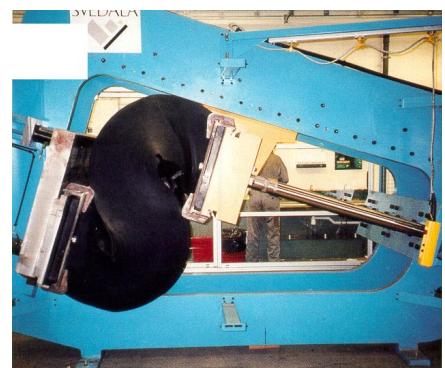
Bilderna visar Trellex provrigg med ett av gummielementen som ingår i konstruktionen.

Elementet, enligt bilderna, bucklar till en S-form under stora deformationer.

Examensarbetet innebär i första hand en analys med en hyperelastisk materialmodell där enbart pålastningsförfloppet simuleras och jämförs med provningsresultat från fullskaleprov utförda av Trellex.

Andra materialmodeller, som också modellerar materialdämpning kan också komma i fråga.

Det kommersiella FE-programmet ABAQUS används i analysen. Som pre-processor utnyttjas PATRAN.



LUNDST TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FE-SIMULERINGAR OCH EXPERIMENTELLA PROVNINGAR AV KARTONGFÖRPACKNINGAR

*Tommy Wågsäter och Andreas Palenryd*

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till nov. 1998

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5088

### *Handledare*

Göran Sandberg, *tf Professor*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Per Johan Gustafsson, *Docent*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Johan Tryding, *TeknD*  
*Stora Paperboard AB*

### *I samarbete med*

Stora Paperboard AB

Examensarbetet innebär att utifrån experimentella kompressionstester av förpackningar, se nedanstående bild, göra jämförelser med Finita Element (FE) simuleringar och se hur pass väl man kan följa deformationsförfloppet. I examensarbetet ingår såväl att utföra experimentella kompressionstester av förpackningar i förpackningslaboratoriet vid Stora Paperboard samt att utföra FE-simuleringar på byggnadsmekanik.



Den materialmodell som kommer att användas i FE-simuleringarna är en nyutvecklad materialmodell för papper.

Nyckelord för arbetet är stora deformationer och instabilitet.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## MODELLERING AV TAKKONSTRUKTIONER I REFORMERTA KYRKAN

Petra Dike och Sara MacDonald Malmberg

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till november -  
december 1998.

### *Rapport*

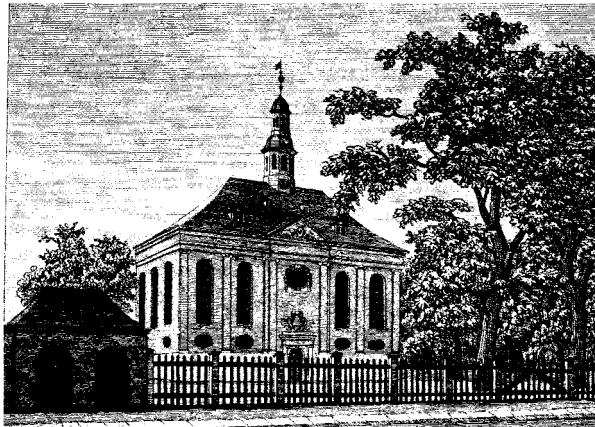
kommer att utges som  
report TVSM-5087

### *Handledare*

Karl-Gunnar Olsson, *Tekn.lic.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Svend Jacobsen

*Eduard Troelsgård rådg. ingenjörer*



Reformert kirke 1843. Efter stik af Anders Hansen.

Den Reformerta Kyrkan är belägen i centrala Köpenhamn. Byggåret är 1689 och den senaste restaureringen gjordes 1988-1989, med hjälp av Eduard Troelsgårds ingenjörsbyrå.

Examensarbetet går ut på att med hjälp av datorberäkningar modellera takkonstruktionen via tre beräkningsmodeller. En fackverksmodell och en rammodell kommer att utföras för hela konstruktionen. Vissa detaljer kommer även att modelleras med en solidmodell. Resultaten skall jämföras och utvärderas gentemot den handberäkningsmetod som konstruktionsbyrån använder vid restaureringsarbetet. Denna metod gick ut på att förenkla ned konstruktionen och dess laster så att taket kunde behandlas som statiskt bestämt.

I examensarbetet ingår även att med hjälp av visualisering på ett tydligt vis åskådliggöra resultat och verkningsätt för konstruktionen.

Lämpligt datorprogram vid modelleringen är CALFEM respektive ABAQUS.  
Visualiseringen utförs med hjälp av AutoCAD.



**LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA**  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## VISUALISERING AV DEFORMATIONS- OCH BROTT- FÖRLOPP I NÄTVERKSMATERIAL

Pierre Olsson

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till våren 1999.

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5086.

### *Handledare*

Susanne Heyden, *Tekn.lic.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Anders Follin, *Tekn.lic.*  
Silicon Graphics AB

Per Johan Gustafsson, *Docent*  
Avd. f. byggnadsmekanik

Jonas Lindemann, *Civ.ing.*  
Avd. f. Byggnadsmekanik

### *I samarbete med*

Silicon Graphics AB,  
Göteborg.

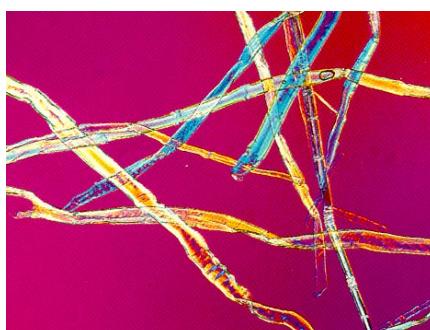
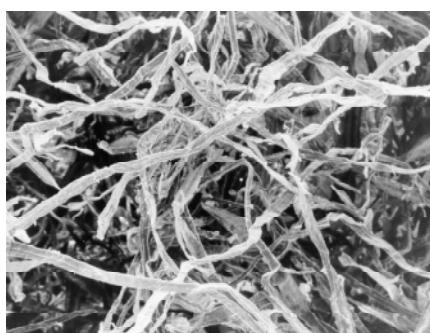
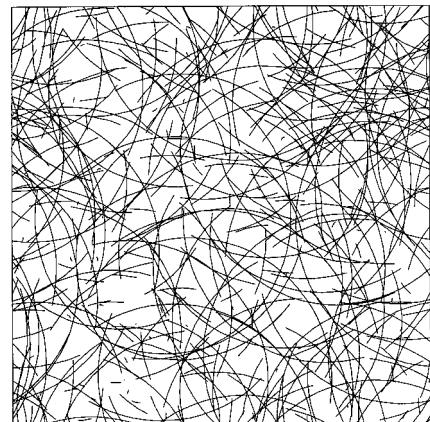
Examensarbetet går ut på att utveckla / anpassa avancerad grafisk programvara för att visualisera deformations- och brottförlopp i ett nätverksmaterial.

Målet är att skapa ett verktyg för att producera animeringar som visar förloppet när ett material belastas och går sönder. Nätverksmodeller används när man vill beskriva materialegenskaper med hänsyn till materialets mikrostruktur.

Nätverksmodeller kan användas för material som har en tydlig fiberstruktur, som tex mineralull, papper och cellulosa-fiberfluff, men används också för att studera andra heterogena material som tex betong.

Vid en nätverksmekanisk beräkning byggs en modell upp av tex stänger eller balkar, som kopplas samman i en struktur som motsvarar det verkliga materialet. Därefter studeras beteendet hos den belastade strukturen med hjälp av finita elementmetoden.

Resultaten från dessa beräkningar innehåller mycket information, särskilt vid 3D-modellering, och därför finns behov av nya visualiseringssverktyg.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik

## VISCOELASTIC MATERIAL MODELS FOR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF RUBBER COMPONENTS

*Krister Eriksson*

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till mars 1998

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5085

### *Handledare*

Per-Erik Austrell, *TeknD*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

The purpose of this master's thesis work is to investigate the possibilities and limitations to model transient and harmonic loads for solid rubber, in the FE-program ABAQUS. The constitutive linear viscoelastic material model in conjunction with large deformations that is implemented in ABAQUS, can for a one-dimensional case be illustrated with the rheological generalized Maxwell model. Evaluation of this rheological model is an illustrative way to interpret and describe the behaviour of the three-dimensional viscoelastic material model in ABAQUS.

This master's thesis contributes furthermore with a connection between the theoretical linear viscoelastic material in ABAQUS and the physical viscoelastic material rubber. The static and dynamic behaviour of rubber components is compared with the results from the computation model. The discussion is held with reference to experimental tests performed [Harris 86].



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## KARAKTERISERING AV ICKE-LINJÄRT VISKOELASTISKT MATERIAL MED SCHAPERY'S MODELL

Damir Krusvar

### Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till årsskiftet  
1997/98

### Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5084

### Handledare

Tomas Nordstrand och  
Poorvi Patel  
*Paper Physics and Fibre Technology*

Per Johan Gustafsson  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

### I samarbete med

Paper Physics and Fibre  
Technology, SCA Research  
AB, Sundsvall

Papper är ett material som till stor del används för lastbärande ändamål i förpackningar. När papper utsätts för varaktig belastning kan det uppkomma stora krypdeformationer som begränsar förpackningens livslängd. Detta kan studeras genom livslängdmätningar. Sådana rent empiriska studier är emellertid mycket tids- och kostnadskrävande. Därför önskar man att istället kunna göra datorsimulerar av krypbeteendet. För detta krävs en materialmodell som beskriver hur töjningarna i papper påverkas av last, belastningstid och fukt.

En sådan modell, som idag används framgångsrikt för att beskriva egenskaperna hos vissa plaster och kompositer, är Schapery's modell. Denna modell har väckt intresse hos SCA Research AB, som önskar att utveckla modellen för wellpapp. I detta arbete kommer endast liner-delen i wellpapp att studeras.

Schapery's modell är en icke-linjär viskoelastisk modell. Examensarbetet består av att för denna modell fastställa de tre materialfunktionerna  $g_0$ ,  $g_1$  och  $g_2$  som alla beror av spänningen och funktionen  $a_s$  som beror av både spänning och fukt. Schapery's modell beskrivs av ekvationen:

$$\dot{\epsilon} = g_0 D_0 \sigma + g_1 \int_0^t \Delta D(\psi - \psi') \frac{dg_2 \sigma}{d\tau} d\tau$$

Kryp- och återhämtningskurvor kommer att tas fram experimentellt. För bearbetning av experimentella data och bestämning av materialfunktionerna kommer därefter ett datorprogram att skrivas i Matlab. Modellen kommer att prövas genom att teoretiskt prediktera töjningen för en viss belastningshistoria och jämföra denna prediktion med provningsresultat.



LUND TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Peter Davidsson

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till januari 1998

## Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5083

## Handledare

Göran Sandberg, tf Professor  
Avd. f. byggnadsmekanik

## JORDBÄVNINGSLAST PÅ VATTENCISTERN

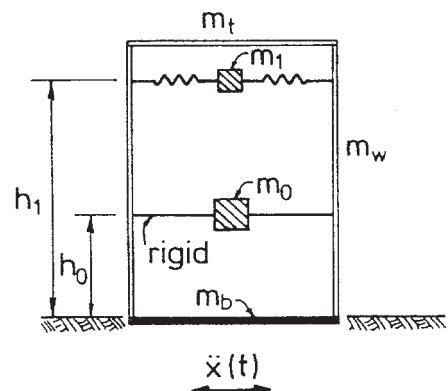
Examensarbetets syfte är att studera olika sätt att beräkna en jordbävning påverkan på cisterner. Detta är ett kopplat problem, dvs det innehåller två matematiska beskrivningar. En för strukturen och en för fluiden.

Examensarbetet ska behandla tre olika metoder att se på detta problem:

- Praxis för hur jordbävningslaster på vattencisterner behandlas genom enkla fä-frihetsgradsmodeller.
- Noggrann FE-modell där förstyrningar och grundläggnings förhållanden tas med.  
Beräkning sker i ABAQUS.
- Förenklad CALFEM-modell som bygger på reducerad modell.

Arbetet ska innehålla en animering av en sekvens där den fulla modellen ut- sätts för en syntetisk jordbävning.

Arbetet är en uppföljning av ett nyli- gen avslutat forskningsprojekt som av- sett riskanalys för byggnader och an- läggningar.



Vid handräkningar kan konstruktionen förenklas genom att fluiden ersätts med ett massa-fjädersystem.



En vanlig skada på tunnväggiga stål- cisterner, utsatta för jordbävning är s k elefantfotsbuckling.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## FARTYGSKOLLISION MED BROPELARE - Speciell hänsyn till jordegenskaper kring pelarfundament

Martin Edberg och Anders Svensson

### Presentation

av examensarbetet är beräknad till jan. 1998

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5082

### Hållandeare

Ole Hedeland, *TeknD*  
COWI konsult

Göran Sandberg, *tf Professor*  
Avd. f. byggnadsmekanik

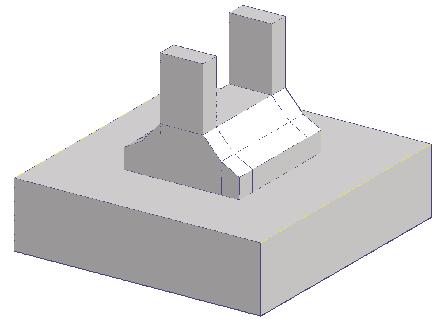
### I samarbete med

COWI konsult,  
Lyngby, Danmark

Vid dimensionering av pelare och dess grundläggning används idag förenklade beräkningsmodeller för att få fram bl a snittstorheter i pelaren och sättningar hos grunden. Att göra en noggrann analys är både tidskrävande och komplicerat, speciellt när man har dynamiska laster i form av fartygskollisioner. Man väljer därför ofta att överdimensionera konstruktionen genom att använda jordparametrar som ger ett sämre värde än verkligheten.

Detta examensarbete går ut på att undersöka hur en mer avancerad och realistisk modell av pelare och dess undergrund skiljer sig från de förenklade modellerna. Speciellt kommer valet av jordparametrar och dess konstitutiva samband att studeras.

Modellering och beräkning kommer att utföras med en FEM-analys i PATRAN respektive ABAQUS.



Modell av pelarfundament på undergrund.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## JORDBÄVNINGSANALYS

*Jesper Bengtsson och Patrick Anderson*

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till januari 1998

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5081

### *Handledare*

Göran Sandberg, *tf Professor*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Carl Jonsson, *TeknD*  
*Skanska Teknik AB*

### *I samarbete med* Skanska Teknik AB

I Sverige är erfarenheten av jordbävningsdimensionering begränsad vilket har sin naturliga förklaring i det geografiska läget, långt från seismiskt aktiva områden.

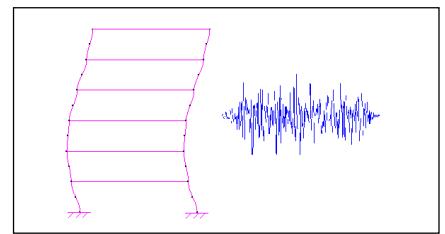
Många svenska företag har dock ambitionen att konstruera och bygga projekt inom områden som kräver jordbävningsresistenta konstruktioner, det finns därför ett stort intresse för att öka förståelsen och kunskapen inom detta område.

Målsättningen med detta arbete är att beskriva och utvärdera olika dimensioneringsmetoder som finns för jordbävningsanalys.

Arbetet kommer att bestå av litteraturstudier av normer och allmän praxis. Det skall också ingå en jämförande FEM-analys, där intresset främst ligger i att visa hur kvasidynamiska beräkningar överensstämmer med mer omfattande dynamiska analyser.



Ej så jordbävningsresistenta byggnader;  
Hibernia bank building, San Francisco, 1906.

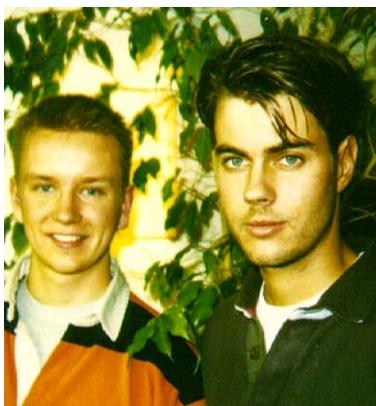


Jordbävningsbelastad sexvåningsram.



LUNDSTEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## PYLON OCH FARTYG - Simulering av kollisionsförföll

Anders Wirje och Magnus Nyberg

### *Presentation*

av examensarbetet är  
beräknad till april 1998

### *Rapport*

kommer att utges som  
report TVSM-5080

### *Händlare*

Ole Hedeland, *TeknD*  
COWI konsult

Göran Sandberg, *tf Professor*  
Per-Anders Hansson, *Civ.ing.*  
Avd. f. byggnadsmekanik

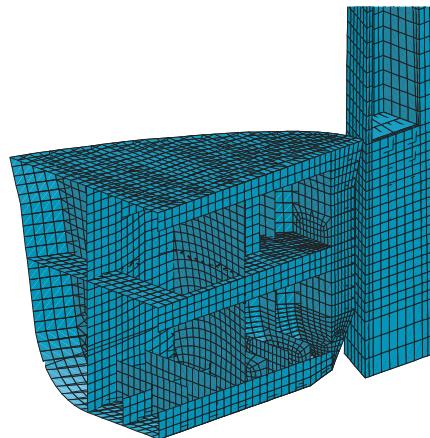
### *I samarbete med*

COWI konsult,  
Lyngby, Danmark

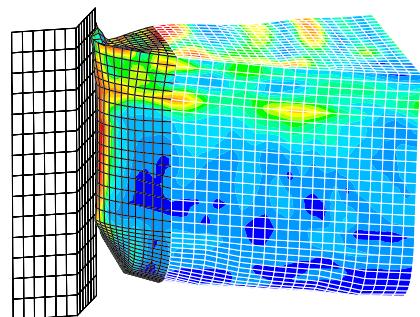
Stora fartyg som kolliderar med brokonstruktioner är ett olycksscenario som ingår i designkriteriet vid dimensionering av broar. Kunskapserna om vad som egentligen händer vid dessa kollisioner är ganska små, varför beräkningsmetoderna ofta är grova och innebär stora generaliseringar.

Efterstråvansvärt är att få en uppfattning om strukturens beteende under hela kollisionsförföllpet och därmed kunna svara på frågor av typen: Vilka krafter uppstår mellan båt och bropelare? Hur varierar dessa krafter med tiden? Vilken energiöverföring sker till pelare respektive fartyg? Hur stora blir de permanenta deformationerna på bron?

Aviskten med arbetet är att i detalj studera kollisionsförföllpet med hjälp av Finita elementmetoden. Särskild vikt läggs vid det globala beteendet hos strukturen samt de kontaktkrafter som verkar mellan båt och pelare. Olika modeller för att simulera fartygskollision mot bropelare kommer att studeras. De mer avancerade modellerna görs i LSDYNA/Patran medan Calfem används till de enklare modellerna. LSDYNA är ett explicit program för analys av icke-linjära dynamiska strukturer i tre dimensioner. Datorberäkningarna utföres vid Nationellt SuperdatorCentrum i Linköping (Cray C90).



Ovan; Vy från symmetrisnitt.  
Nedan; Fartygskollision mot stelkropp.



Målsättningen är också att presentera en realistisk animering över förföllpet i pelare och fartyg.

Det är först under senare år som tillräckligt stor datorkapacitet har varit tillgänglig för att beräkna stora dynamiska kontakt-/kollisionsproblem. Detta innebär att det delvis är orörd mark som bryts...



LUNDST TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Mattias Johansson

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till våren 1999.

## Rapport

kommer att utges som  
report TVSM-5079.

## Handledare

Per-Erik Austrell, *Tekn.Dr.*  
*Avd. f. byggnadsmekanik*

Anders Lindqvist  
*Electrolux-Wascator AB*

Göran Uhlin  
*Electrolux-Wascator AB*

## I samarbete med

Electrolux-Wascator AB,  
Malmö.

## SIMULERING AV EN TVÄTTMASKINS MASSA- FJÄDER-DÄMPARSYSTEM

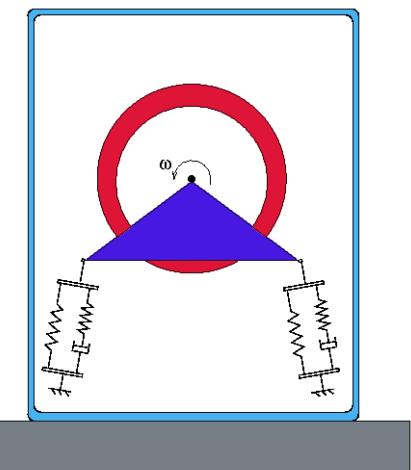
I en modern tvättmaskin centrifugeras tvätten kraftigt före torkning i avsikt att förbruka så lite energi som möjligt för hela tvätt-torkprocessen.

Tvädden kan ge avsevärda obalanser i rotationssystemet. Med stora obalanser och högt varvtal genereras kraftiga vibrationer. För att minimera påverkan i tvättmaskinens ytterstruktur samt i omkringliggande byggnads struktur, ställs rotationssystemet upp på ett anpassat fjäder dämparsystem.

Uppgiften är att åstadkomma en modell för simulering av svängkroppens (rotationssystemets) rörelse samt transienter via fjäderdämpare. Modellen skall medge en globalt fri placering av fjäder och dämpare, samt med en enkel hantering av varierande parametrar klara olika maskingeometrier.

Simuleringsmodellen skall också användas för att undersöka om det nuvarande fjäder-dämparsystemet helt eller delvis kan ersättas av gummidämpare.

Lämplig programvara: MATLAB och SIMULINK.



Modell av tvättmaskins roterande trumma och fjäder-dämparsystem.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



## UTMATTNING AV GUMMI-KOMPONENTER

Jörgen Nilsson

### Presentation

av examensarbetet är beräknad till årsskiftet 1997/98

### Rapport

kommer att utges som report TVSM-5078

### Handledare

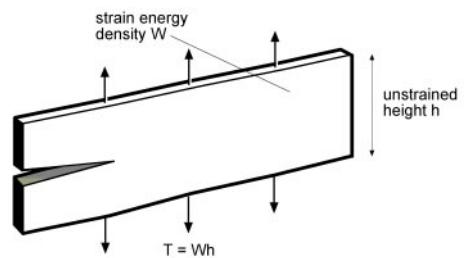
Christer Holst  
Trelleborg Corporate Research

Per-Erik Austrell, TeknD  
Avd. f. byggnadsmekanik

### I samarbete med

Trelleborg Corporate Research

Gummi är ett material som används vid olika konstruktionstillämpningar som t ex dämpning, vibrationsreduktion, tätning och kraftöverföring. Vid större belastningar eller under sämre miljöer uppstår små sprickor i gummimaterialet. Efter en initiering av en spricka sker ökningen av sprickan snabbt om gummit utsätts för en cyklisk belastning.



Intresse ligger i att kunna förutse och beräkna en kropps livslängd, map utmattning. Hur uppstår dessa sprickor? Hur snabbt sker spricktillväxten? Är gummits belastningshistoria beroende av hur snabbt spricktillväxten skett och i så fall hur? Kan man med olika utformningar av konstruktionen undvika eller minska risken för att detta sker?

Målsättningen med arbetet är att ta fram en eller flera teoretiska modeller som sedan kan tillämpas praktiskt. Arbetet är också till för att öka kunskapen om gummi inom utmattningsområdet.

Arbetet består av litteraturstudie, brottmekaniska och finita element beräkningar.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

# Examensarbete vid Byggnadsmekanik



Fredrik Berlin

## Presentation

av examensarbetet är  
beräknad till feb. 1998

## Rapport

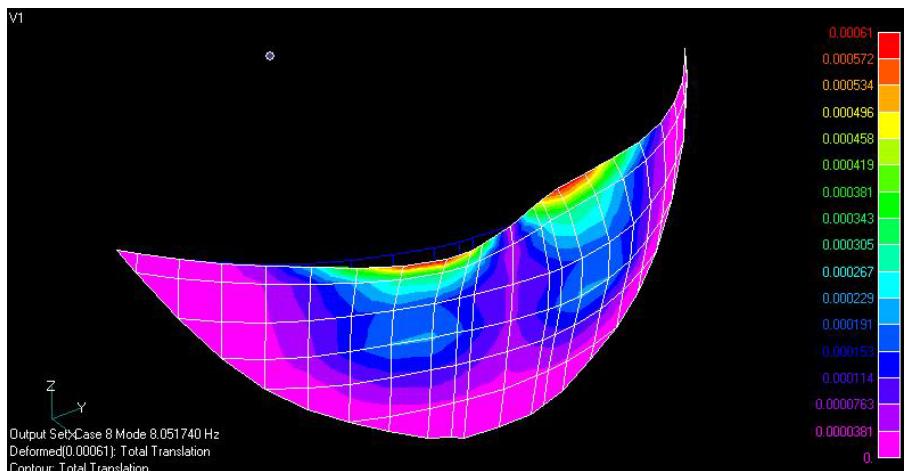
kommer att utges som  
report TVSM-5077

## Handledare

Karl-Gunnar Olsson, Tekn.lic.  
Avd. f. byggnadsmekanik

Göran Sandberg, tf Professor  
Avd. f. byggnadsmekanik

## UTVÄRDERING AV MSC/NASTRAN FÖR WINDOWS



Åttonde egenmoden för en dammkonstruktion beräknad i MSC/NASTRAN för Windows.

Arbetet går ut på att undersöka om FE-programmet MSC/NASTRAN för Windows lämpar sig för undervisning. Ett antal uppgifter kommer att utföras i programmet.

Områdena som behandlas är:

- Grundvattenströmning
- Skivor och plattor
- Ramar och fackverk
- Strukturdynamik

MSC/NASTRAN är ett generellt program för beräkningar enligt finita elementmetoden. Programmet innehåller pre- och post-processor samt beräkningsmodul. Skulle det visa sig att programmet är lämpligt för undervisning finns det en möjlighet att programmet används i någon av Byggnadsmekaniks kurser.

Tyngdpunkten kommer att läggas på modelleringen av modellerna då det är främst här MSC/NASTRAN kan komplettera CALFEM i undervisningen.



LUND S TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet