

HOST UNIVERSITY: ETH Zürich

FACULTY: Civil, Environmental and Geomatic Engineering

DEPARTMENT: Institute of Structural Engineering (IBK)

Academic Year 2021-2022

**Modelling of Timber Pyrolysis with FDS**

Sabrina Spörri

Supervisors:

Prof. Dr. Bart Merci (Ghent University), Dr. Andrea Lucherini (Ghent University),

Prof. Dr. Andrea Frangi (ETH Zürich), Karannagodage Chamith (ETH Zürich)

Master thesis submitted in the Erasmus+ Study Programme

**International Master of Science in Fire Safety Engineering**

**Disclaimer**

This thesis is submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of *The International Master of Science in Fire Safety Engineering (IMFSE)*. This thesis has never been submitted for any degree or examination to any other University/programme. The author(s) declare(s) that this thesis is original work except where stated. This declaration constitutes an assertion that full and accurate references and citations have been included for all material, directly included and indirectly contributing to the thesis. The author(s) gives (give) permission to make this master thesis available for consultation and to copy parts of this master thesis for personal use. In the case of any other use, the limitations of the copyright have to be respected, in particular with regard to the obligation to state expressly the source when quoting results from this master thesis. The thesis supervisor must be informed when data or results are used.

Read and approved,

****

Sabrina Spörri

(10th May 2022)

# Abstract

Timber is experiencing a revival in the construction area. However, as a combustible material it poses a risk in case of fire. The understanding of how it burns in non-standardized fires is actually limited, but with the evolution towards performance-based designs, such knowledge is of huge importance.

Wood burning is a complex process because of its inhomogeneous structure and the interlinked processes of material decomposition and gas-phase combustion. Further, the burning products such as char influence the fire dynamics. Therefore, this work studies the charring properties during the burning of timber by a FDS (Fire Dynamics Simulator) simulation. The goal is to use the complex pyrolysis model in FDS with appropriated input parameters together with gas phase combustion in simulations with a non-standardized environment and analyse the simulation results in view of the charring properties as well as compare them to experimental data. Additionally, the study also changed some input parameters to assess their influence on the simulation results and the usefulness of such changes compared to the experimental results.

The main finding of this study was that an appropriated mesh resolution is needed inside the timber sample to perform theses simulations. The simulation outputs showed relatively good values for the charring rates and the surface temperatures of the timber compared with the experimental results. However, the charring depth was overestimated. The changed input parameters for the simulations did not result in huge differences compared to the experimental data.

To conclude, the ability of FDS to include different submodels and to be used with different complexities, makes it an interesting tool to study charring properties during the burning of timber, even if until now the setup of the FDS code needs a lot of input data and is relatively time-consuming.

**Keywords:** Pyrolysis; timber; simulation; FDS; charring rate; charring depth

# Zusammenfassung

Holz erfährt im Moment einen neuen Aufschwung im Baugewerbe. Allerdings ist es auch ein brennbares Material, das eine Brandgefahr darstellt. Das Verständnis, wie sich Holz in nicht standardisierten Bränden verhält, ist im Moment begrenzt. Mit der Entwicklung in Richtung performance-basierenden Designen ist solches Wissen jedoch von enormer Wichtigkeit.

Der Abbrand von Holz ist ein komplexer Prozess wegen seiner inhomogenen Struktur und den ineinandergreifenden Prozessen von Materialzersetzung und Gasverbrennung. Zusätzlich beeinflussen Abbrandprodukte wie Kohle die Branddynamik. Daher wird diese Arbeit die Verkohlungseigenschaften während der Holzverbrennung mit dem Simulationsprogram FDS (Fire Dynamic Simulator) studieren. Das Ziel ist es, das komplexe Pyrolysemodel von FDS mit geeigneten Inputparametern sowie der Gasverbrennung und einer nicht-standardisierten Umgebung zu benutzen sowie die Simulationsresultate hinsichtlich der Verkohlungseigenschaften zu analysieren und mit experimentellen Resultaten zu vergleichen. Zusätzlich ändert die Studie auch einige Inputparameter ab, um deren Einfluss auf die Simulationsresultate und deren Nutzen im Vergleich mit den experimentellen Resultaten zu beurteilen.

Das Hauptresultat dieser Studie ist, dass eine geeignete Gitterauflösung in der Holzprobe für die Simulationen notwendig ist. Die Simulationsergebnisse zeigten relativ gute Werte für die Verkohlungsraten und die Oberflächentemperaturen des Holzes verglichen mit den Versuchsresultaten. Hingegen wurden die Verkohlungstiefen überschätzt. Die geänderten Simulations-Inputparameter resultierten in keinen grossen Unterschieden verglichen mit den besagten Versuchsergebnisse.

Abschliessend kann gesagt werden, dass die Fähigkeit von FDS, verschiedene Untermodelle einzubinden und mit verschiedenen Komplexitäten benutzt zu werden, es zu einem interessanten Instrument macht, um die Verkohlungseigenschaften während des Holzbrandes zu studieren, obwohl momentan das Simulationssetup noch eine Menge an Input-Daten braucht und relative zeitintensiv ist.

**Keywords:** Pyrolyse; Holz; Simulation; FDS; Verkohlungsrate; Verkohlungstiefe