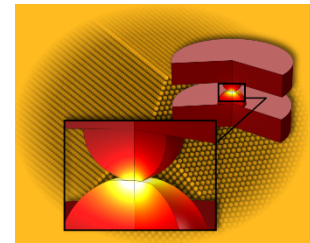
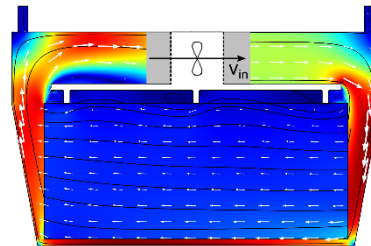
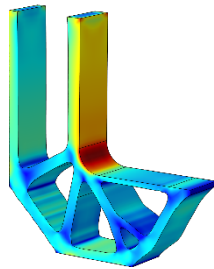
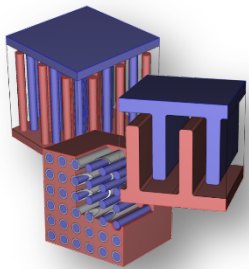


Hoone sisekliima ja süsteemide modelleerimine ning optimeerimine: arvutisimulatsioonide roll ja võimaluse



Vahur Zadin – vahur.zadin@ut.ee

Alvo Aabloo – alvo.aabloo@ut.ee

<http://ims.ut.ee>

Tallinn 27.05.2016



Ettekande ülevaade



- Lühiülevaade meie laborist
- Sisekliima modelleerimine
 - Õhu liikumine
 - Niiskusbalanss
 - Soojusbalanss
- Siseruumide akustika karakteriseerimine
 - Heli levik ruumides
 - Ehitus- või materjalidefektide mõju hindamine
 - Planeerimine



Valdkondade vahelise matemaatilise modelleerimise töörühm Tartu Ülikoolis



- koondab Tartu Ülikooli teaduskondade, instituutide ja muude üksuste arvutisimulatsioonide ja modelleerimisega tegelevaid eksperte
- teadustaristu efektiivsem kasutamine **Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020** (TAI) ja „Tartu Ülikooli arengukava aastateks 2015–2020“ (Ä2020) kohaselt **ettevõtluskoostöö arendamine**
- erialase oskusteabe eksportimine Ülikoolist **ettevõtluskeskkonda**, ettevõtetele arvutisimulatsioonide, modelleerimise, tööstusmatemaatika jms. teenuste pakkumine ning selle töö tulemusena Eesti ettevõtluskeskkonna arenduspotentsiaali parendamine
- Eesti majanduse arengule ning Ülikoolis tehtavale tegevustele soosiva fooni loomine Eesti ettevõtluses

IMS-i ülevaade

Inseneeria

- SHEE
- FITS.ME
- Suuremõõtmeliste seadmete disain (1MW tuulegeneraatori osad, martäänahjud,..)



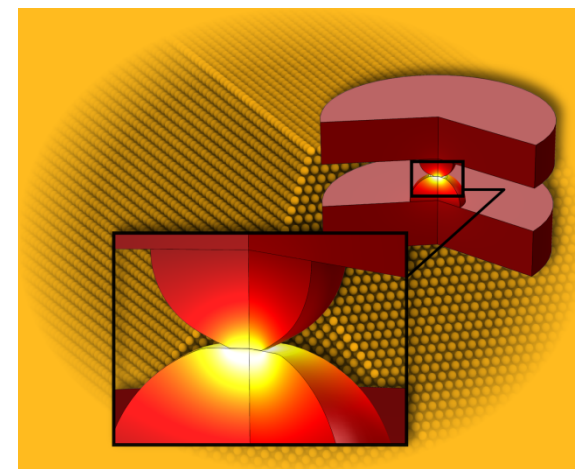
- **EAP kunstlihased**

- **Simulatsioonid**

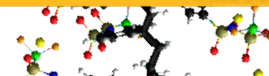
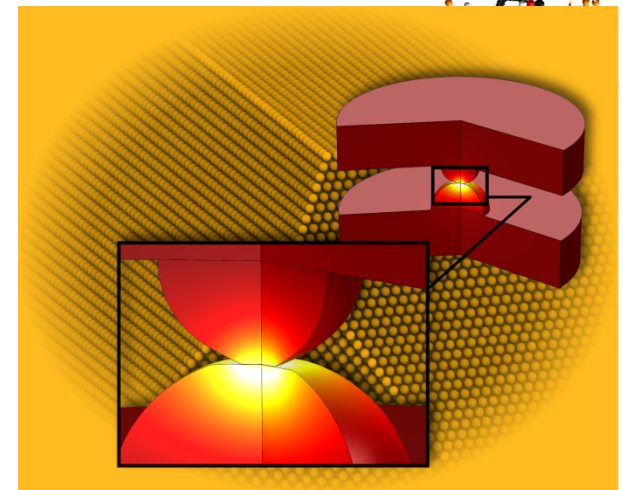
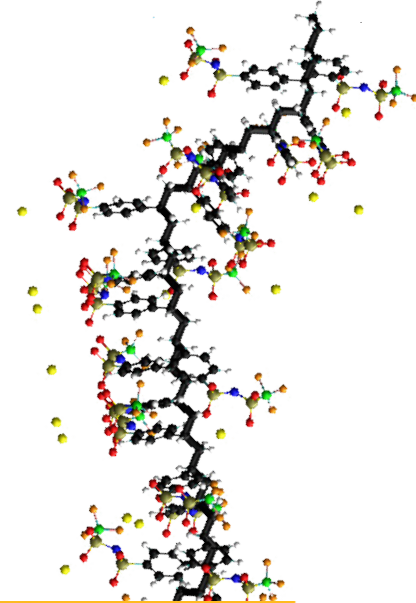
- Kompaktne lineaarpõrguti(CERN)
- Mikroakud
- Polümeer elektrolüüdid
- Kunstlihased
- Optimaalsed disainid
- Vedelikudünaamika

Kompuuternägemine:

- Pilditöötlus(superresolutsioon)
- Inimese-arvuti interaktsioonid (emotsioonide mõistmine)
- Arvutigraafika(3D kaart)



- Kõik simulatsioonid alates atomistlikest kuni makroskoopilisteni
 - DFT kuni FEM
- Võimekus arendada ja rakendada uusi meetodikaid
- Suutlikus läbi viia multiskaala arvutusi
 - Mehaanilised süsteemid
 - Soojuse ja laengu transport





IMS labor, projektid

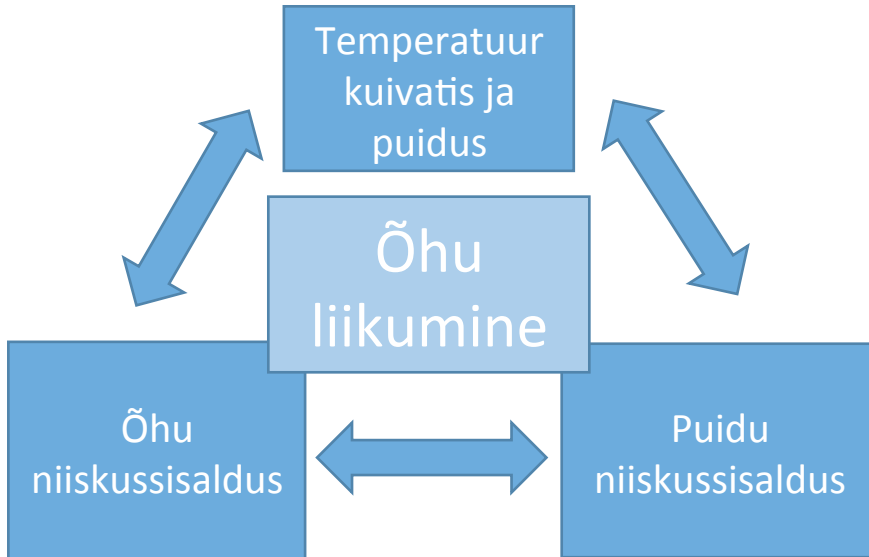


- Viimase 5 aasta jooksul läbi viidud projektid: **7 090 100 €** (www.etis.ee)
- 22 EASi toel läbi viidud ettevõtlusprojekti viimase 5 aasta jooksul: 191 985 EUR.

Viis olulisemat projekti viimase 5 aasta jooksul:

- **FP-7 projekt SHEE, Development of Self-deployable Habitat for Extreme Environments, 414 040 EUR.** Projekti kestus 01.01.2013-31.21.2015.
- **FITS.ME robotmannekeen, 398 808 EUR+1 663 010 EUR + 564 000 EUR.** Projekti kestus 01.01.2011-31.21.2017.
- **FP-7 project RADINTERFACES, 321 134 EUR.** Projekti kestus 01.09.2011–31.08.2014.
- **PUT 57 “Multiscale simulations of dislocation generation in rf electric fields in the linear accelerator design” 288 000 EUR.** Projekti kestus 01.01.2013-31.12.2016
- **MICACT (<http://www.micact.eu/>), 226 264 EUR.** Projekti kestus 2015-2018.

Sisekliima täielik modelleerimine: puidukuivati näide



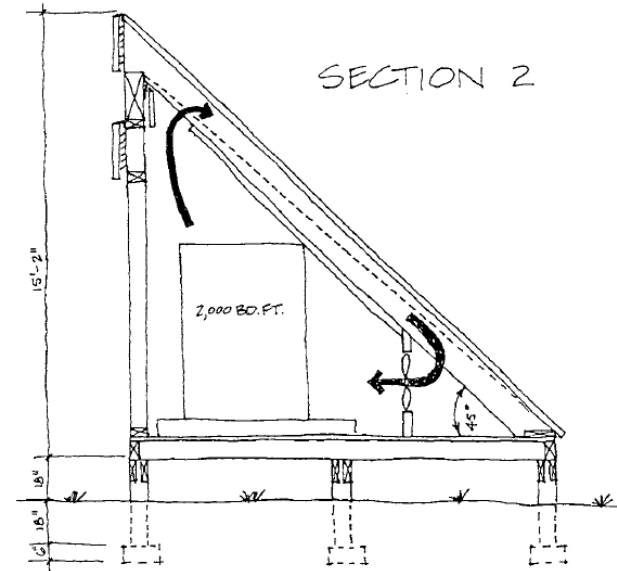
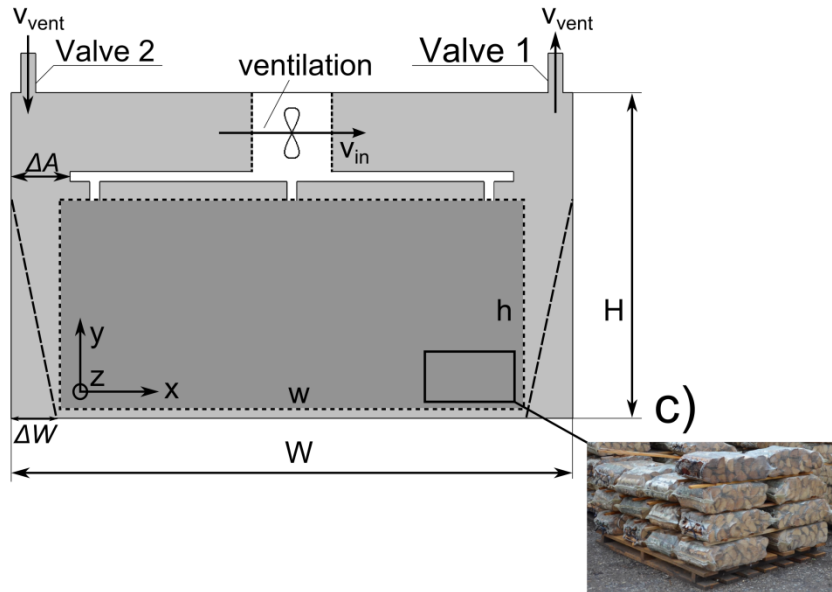
Kasutatav metoodika publitseeritud rahvusvahelises eelretsenseeritud teadusajakirjas*

*Zadin, V., Kasemägi, H., Valdna, V., Vigonski, S., Veske, M., & Aabloo, A. (2015). Application of multiphysics and multiscale simulations to optimize industrial wood drying kilns. *Applied Mathematics and Computation*.

Tihedalt pakitud materjali simuleerimine:

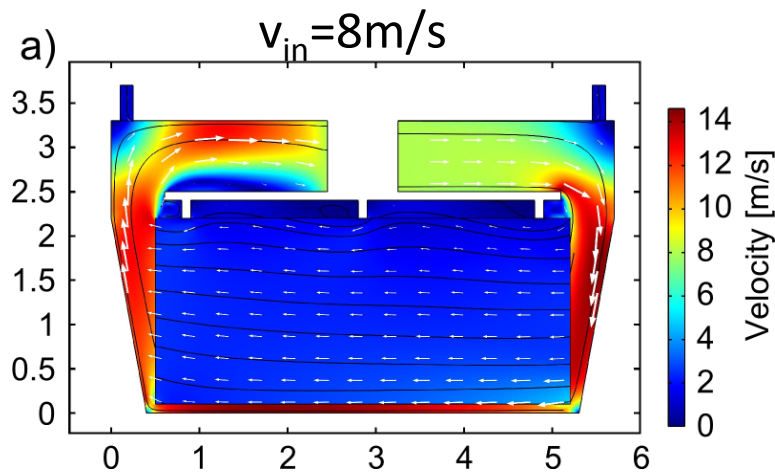
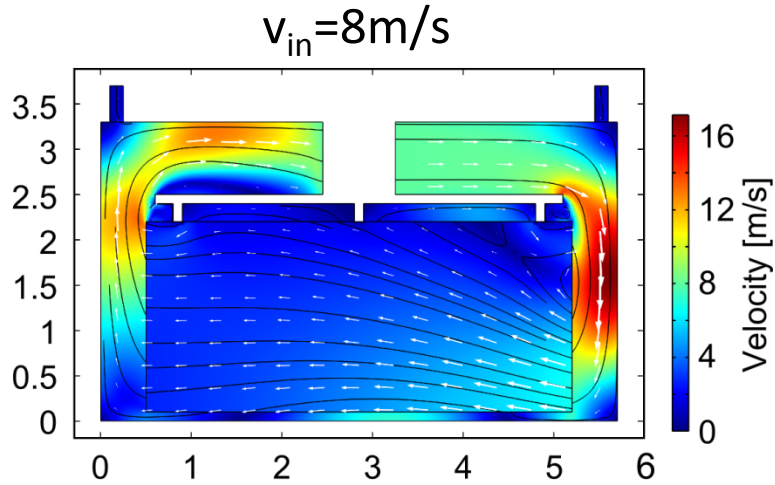
- Geomeetriline mudel kõigi detailide jaoks
- Keskmistatud materjali jaotus

Puidukuivati disaini optimeerimine



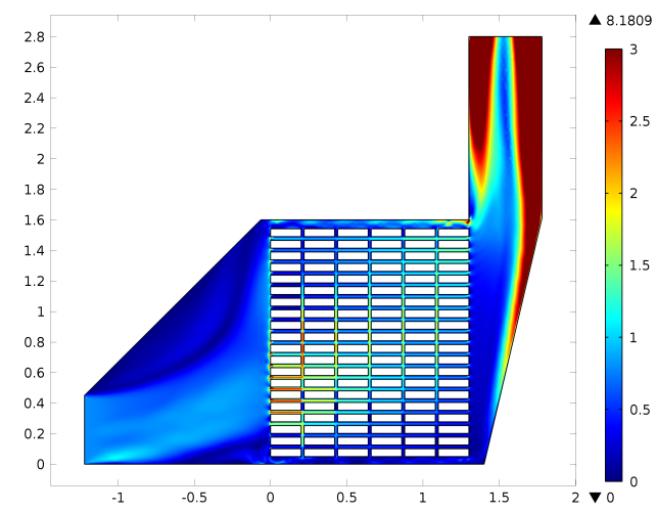
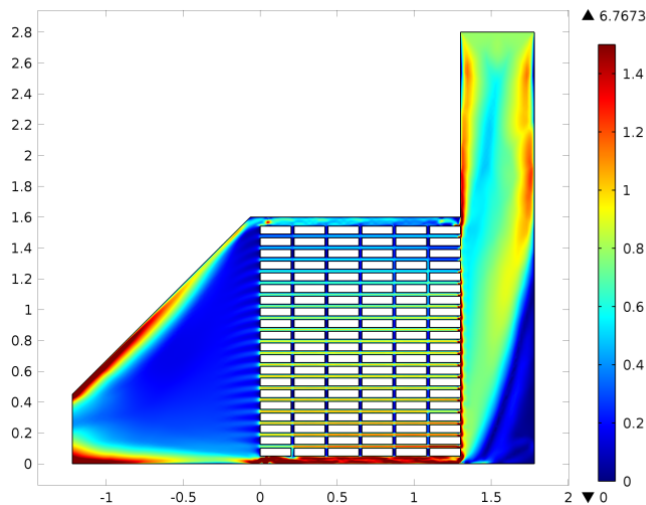
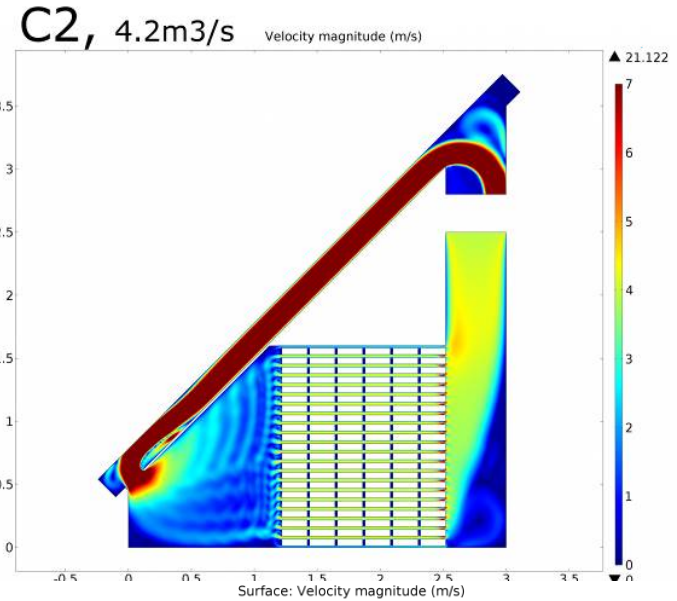
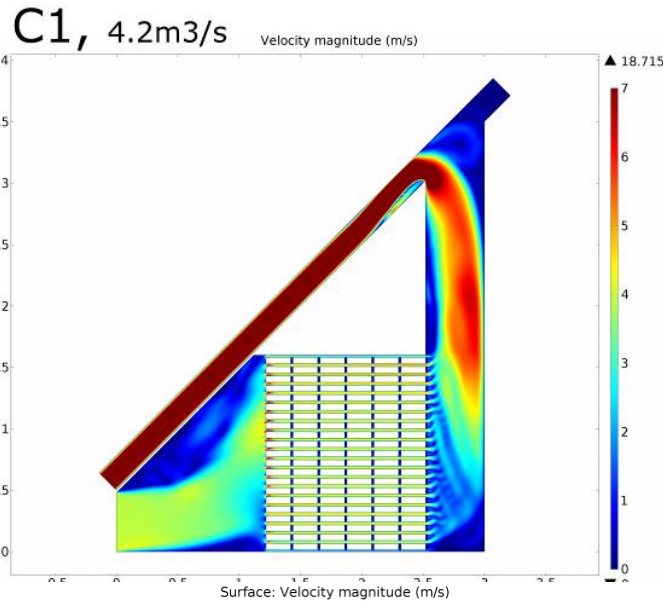
- Halupuidu kuivatamine – odav, lihtsalt ehitatav, samas vajadustele kohandatud kuivati
- Lahendatud **kuus** erinevat juhtumit Eesti väikeettevõtetele
- Kõik ettevõtted said EAS-i toetusi

Õhu liikumise ruumiline jaotus

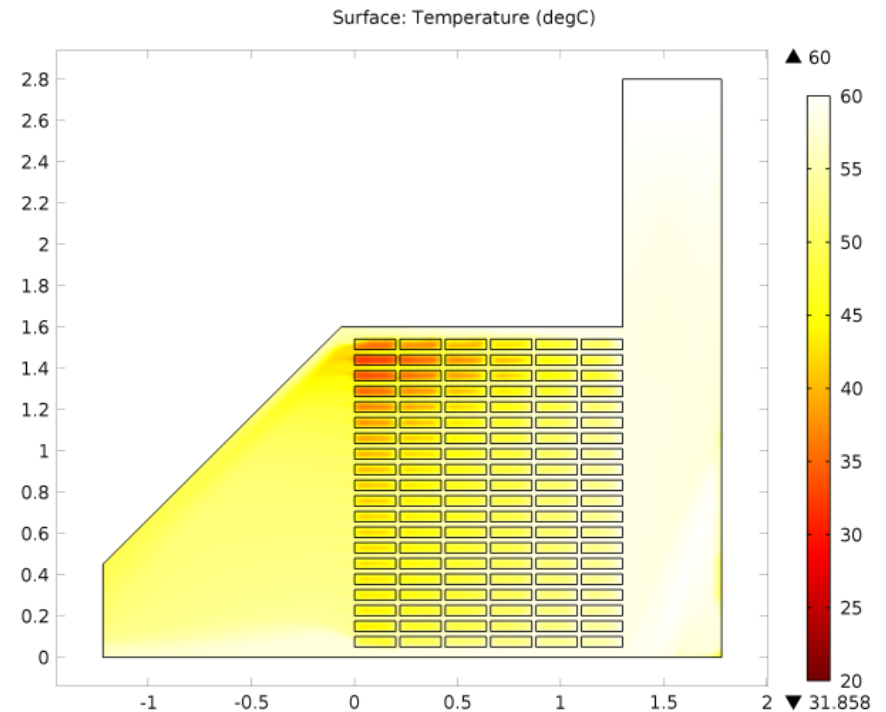
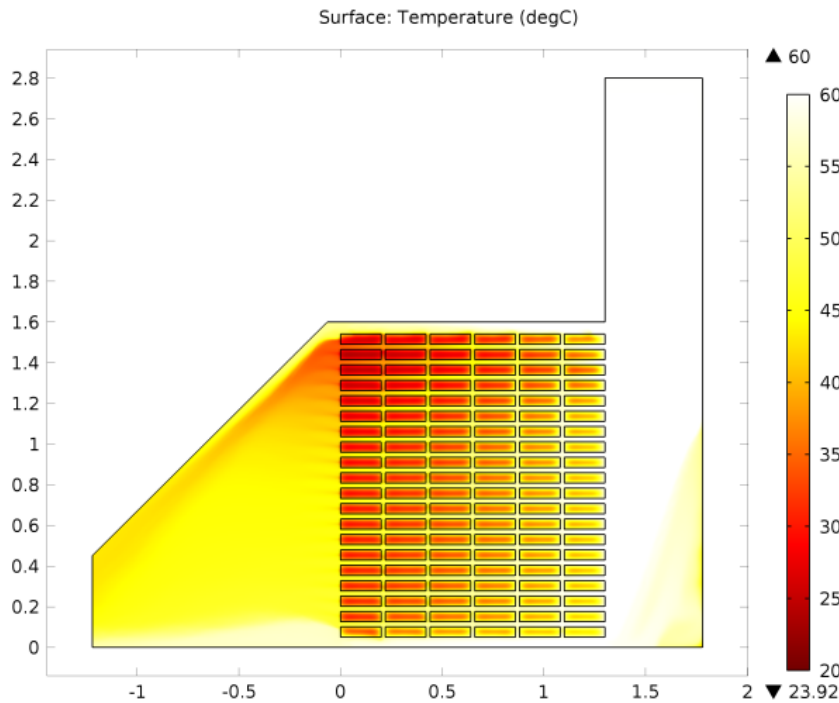


- Ühtlane õhuvool tagab ühtlase kuivamise!
- Õhu voolu jaotus on optimeerimise lähtepunkt
- Lõpptulemus sõltub olulisel määral nii kasutatavatest ventilaatoritest kui ka võimalikest geomeetrilistest piirangutest
- **Geomeetria optimeerimine aitab saavutada ühtlas õhu voolu jaotust kõrgetel vent. kiirustel**

Õhu liikumine kuivatis



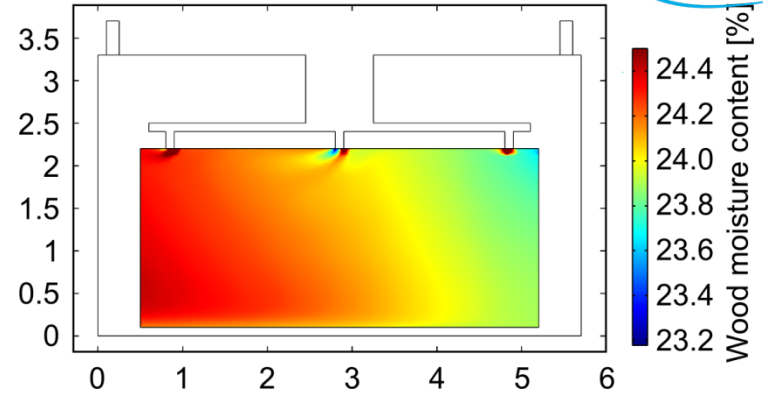
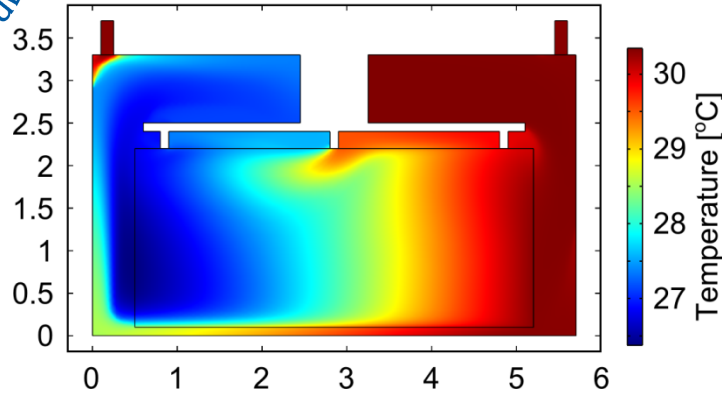
Temperatuuri ruumiine jaotus



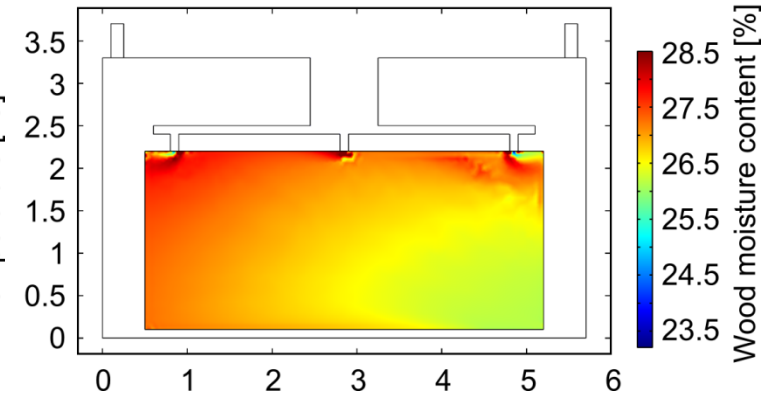
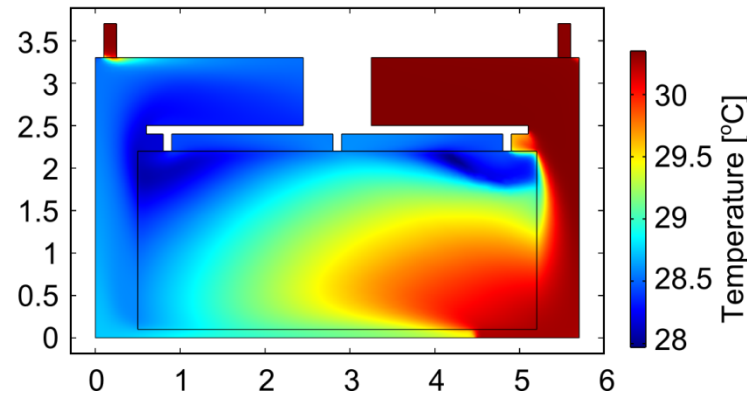
- sissepuhe peal, 1h ja 2h peale kütmise alustamist

Niiskusbalansi arvutused

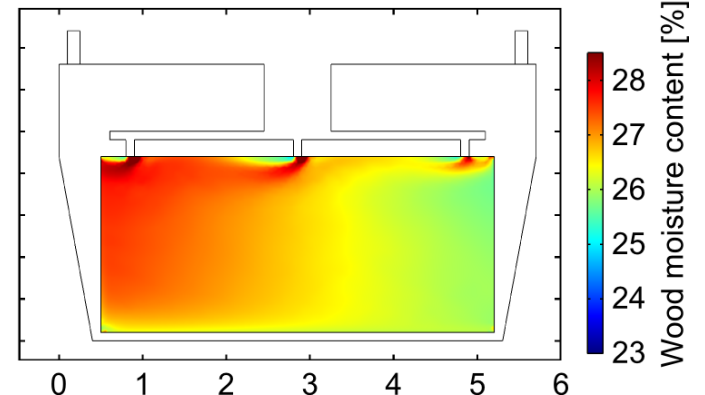
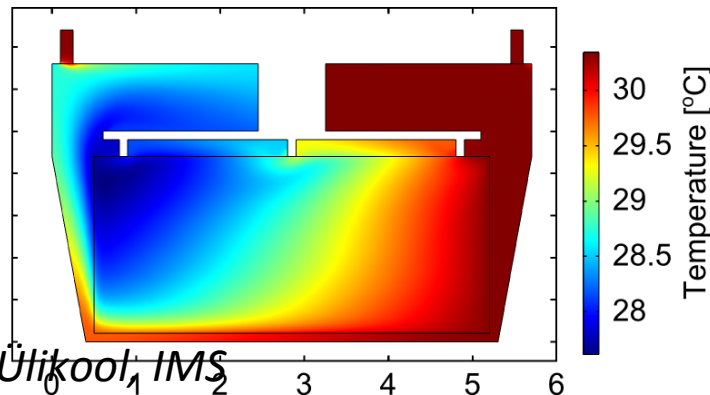
$v_{in}=5\text{m/s}$



$v_{in}=8\text{m/s}$

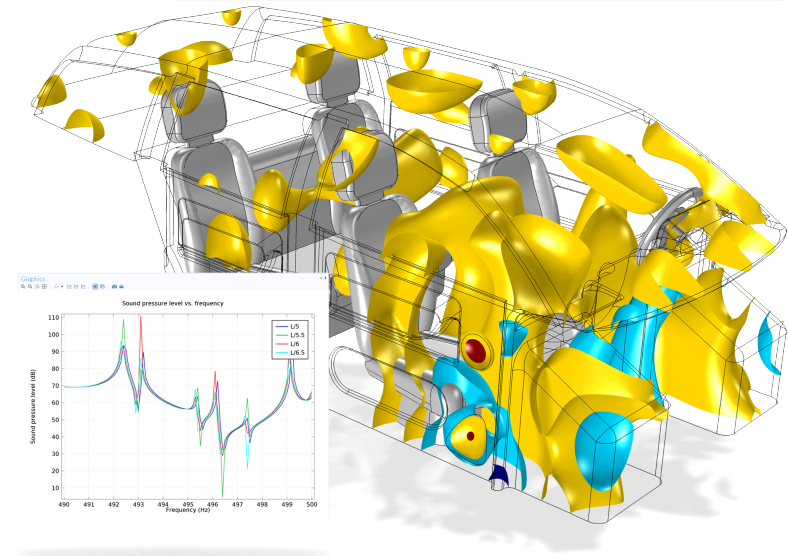
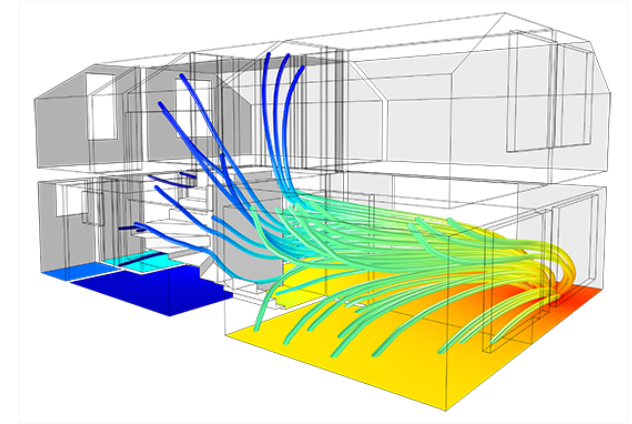


$v_{in}=8\text{m/s}$



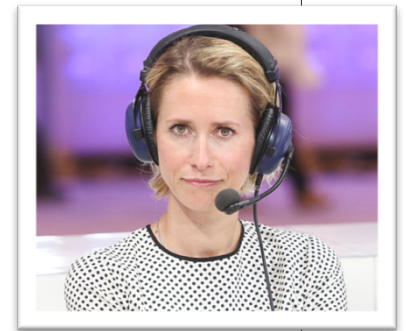
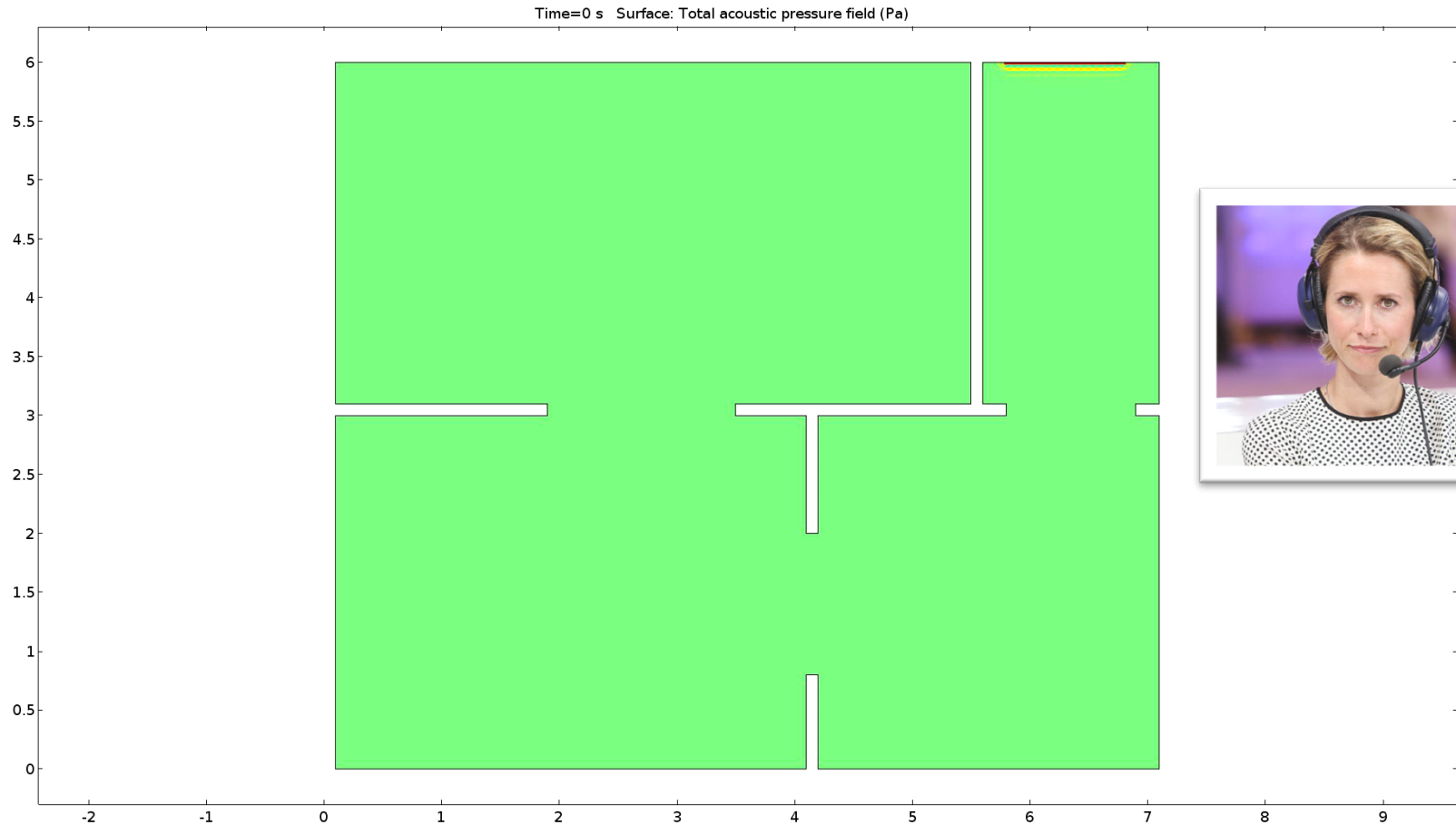
Akustika simulatsioonide võimekus

- Lainevõrrandi lahendamine nii ajas kui sagedusruumis
- Akustika-mehaanika vastastikmõju
 - Heli levik läbi seinte
 - Heli sumbumine
 - Kajade tekkimine ja sumbumine
- Geomeetriline akustika
 - Lainepikkus väike võrreldes ruumiga
 - Heli levik nii sise kui välitingimustes
- Akustilise difusiooni võrrand
 - Kõrgete sageduste simuleerimine
- Aeroakustika
 - Akustika voolavas vedelikus(gaasis)
- Termoakustika
 - Viskoossed efektid, väikesed objektid



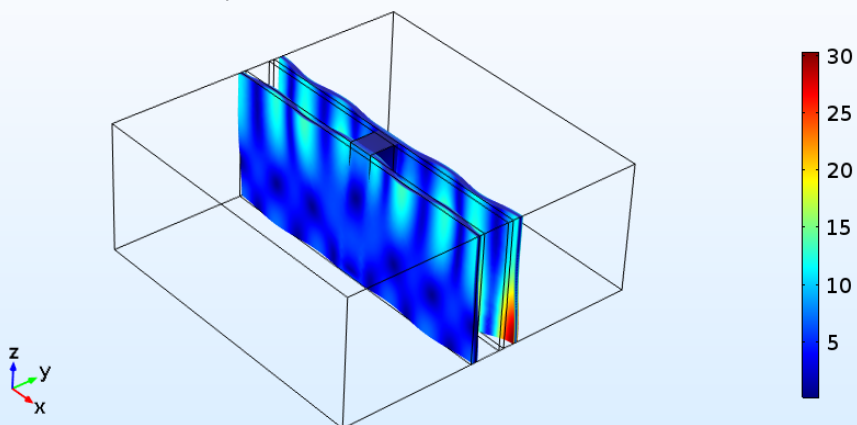
Kaetud on kogu ruumi ja ajaskaala akustiliste nähtuste modelleerimiseks!

Lainevõrrandi näide

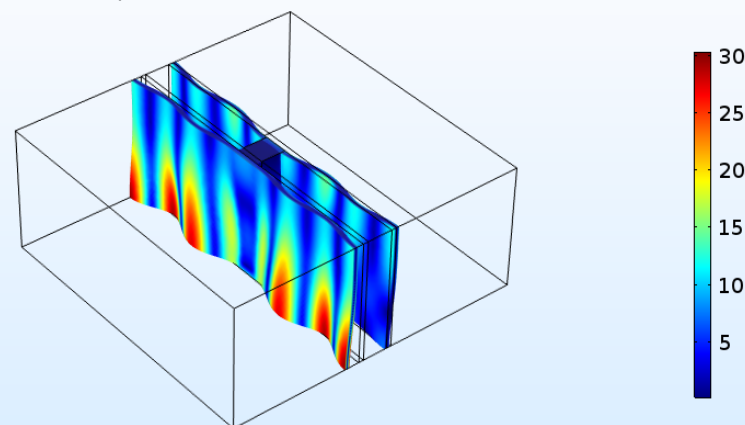


Akustika-mehaanika vastastikmõju: heli levik läbi vaheseinte

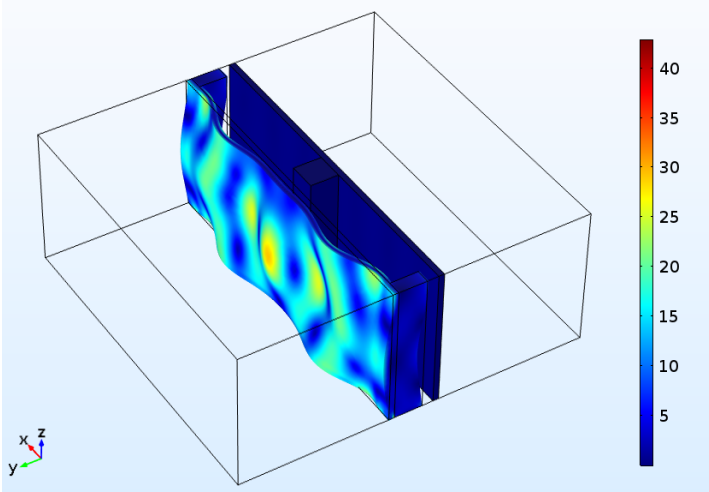
freq(10)=1000 Surface: von Mises stress (Pa)



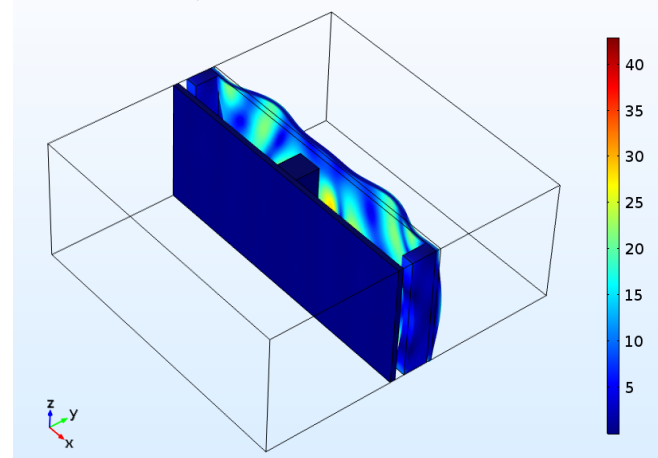
freq(10)=1000 Surface: von Mises stress (Pa)



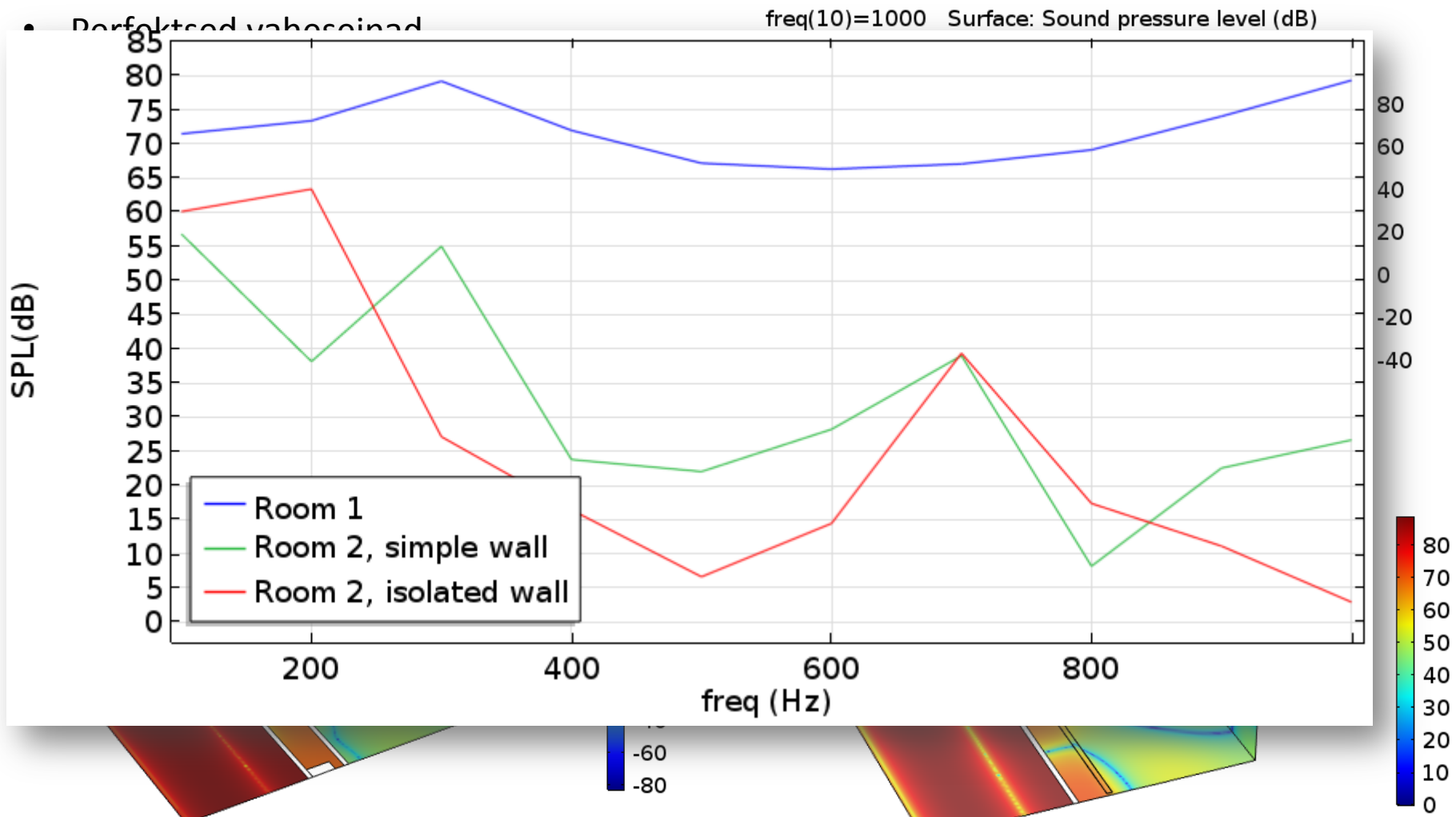
freq(10)=1000 Surface: von Mises stress (Pa)



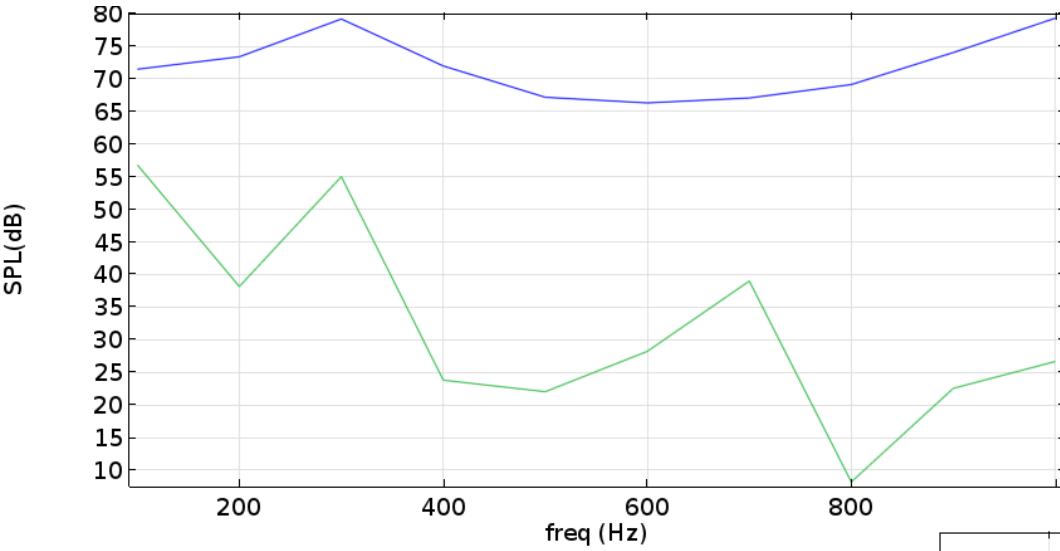
freq(10)=1000 Surface: von Mises stress (Pa)



Helirõhk erinevate vaheseinte puhul

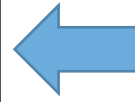
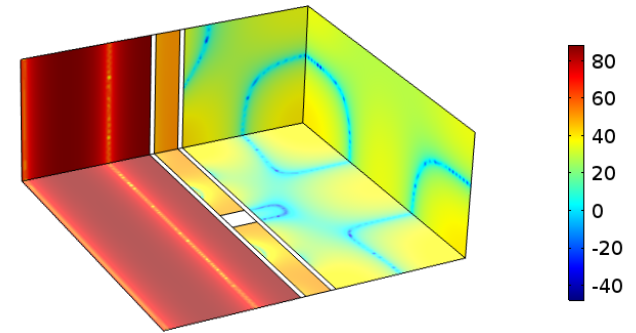


Ehituskvaliteedi mõju



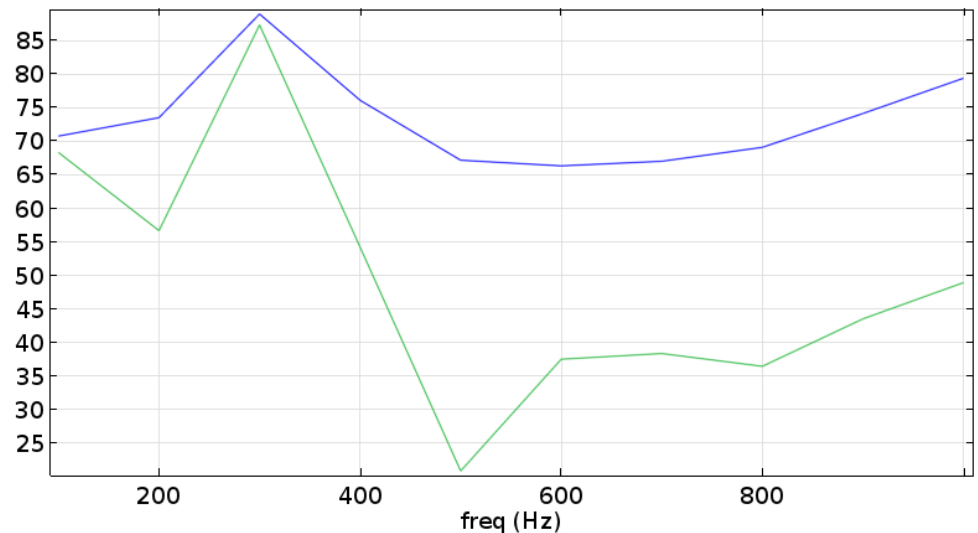
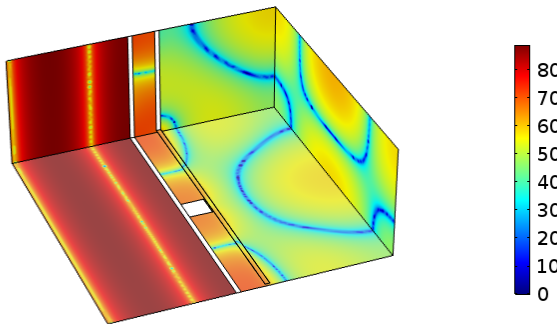
Perfektne sein

freq(10)=1000 Surface: Sound pressure level (dB)

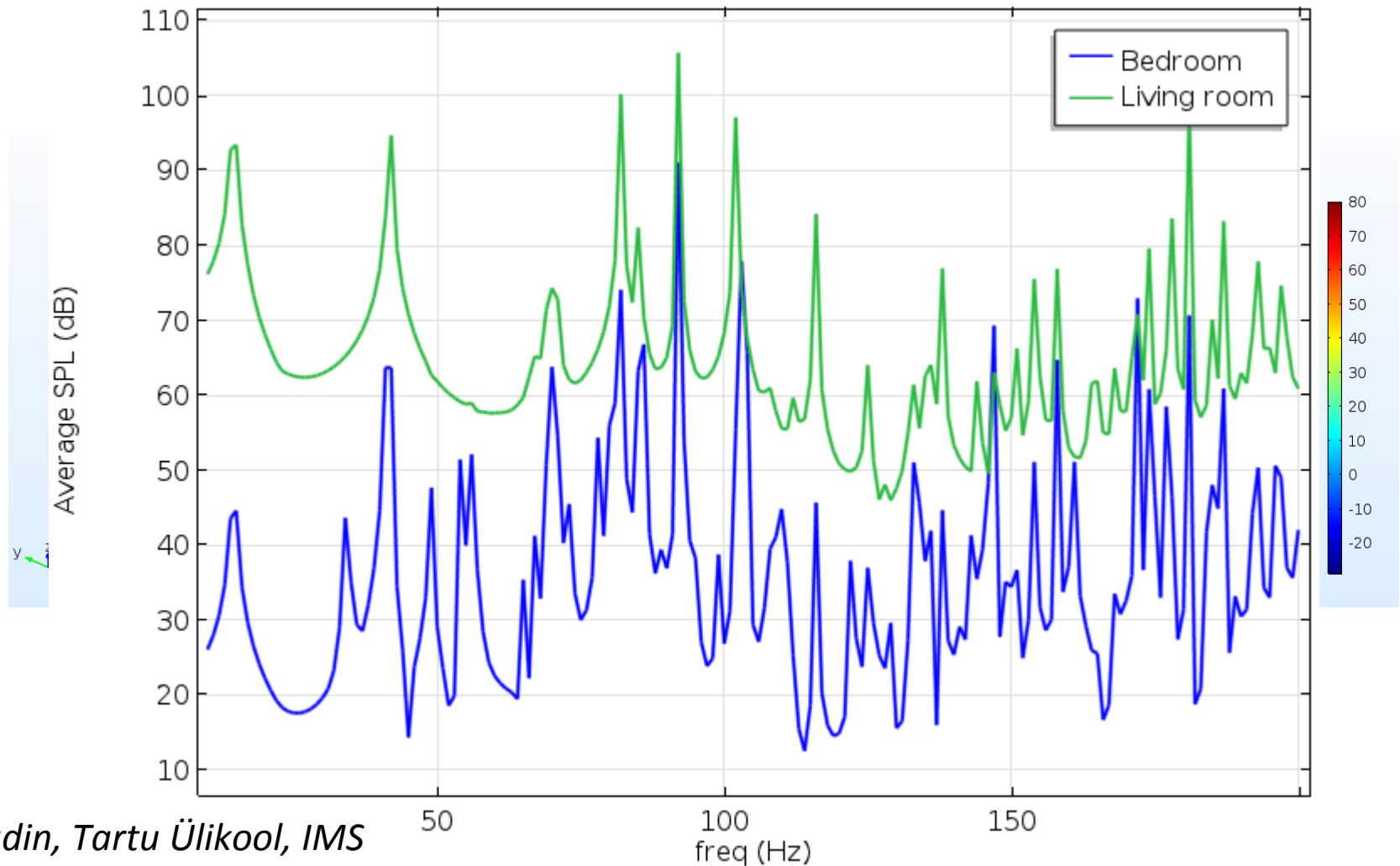


Praoga sein

freq(10)=1000 Surface: Sound pressure level (dB)

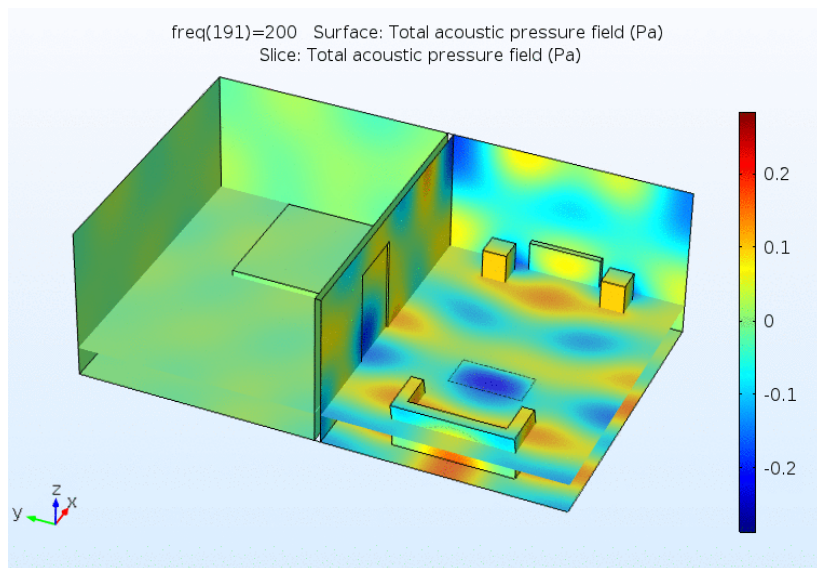


Helilainete levik: kahetoaline korter

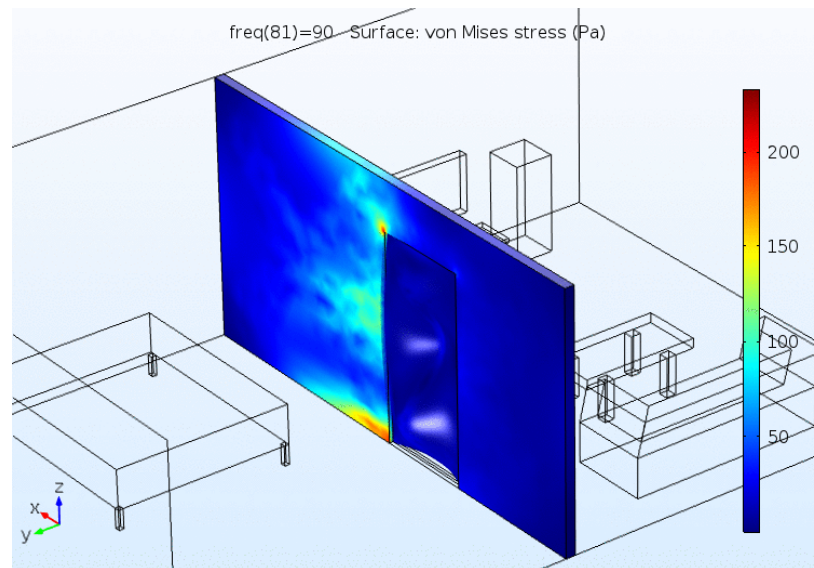


Helilainete levik: kahetoaline korter

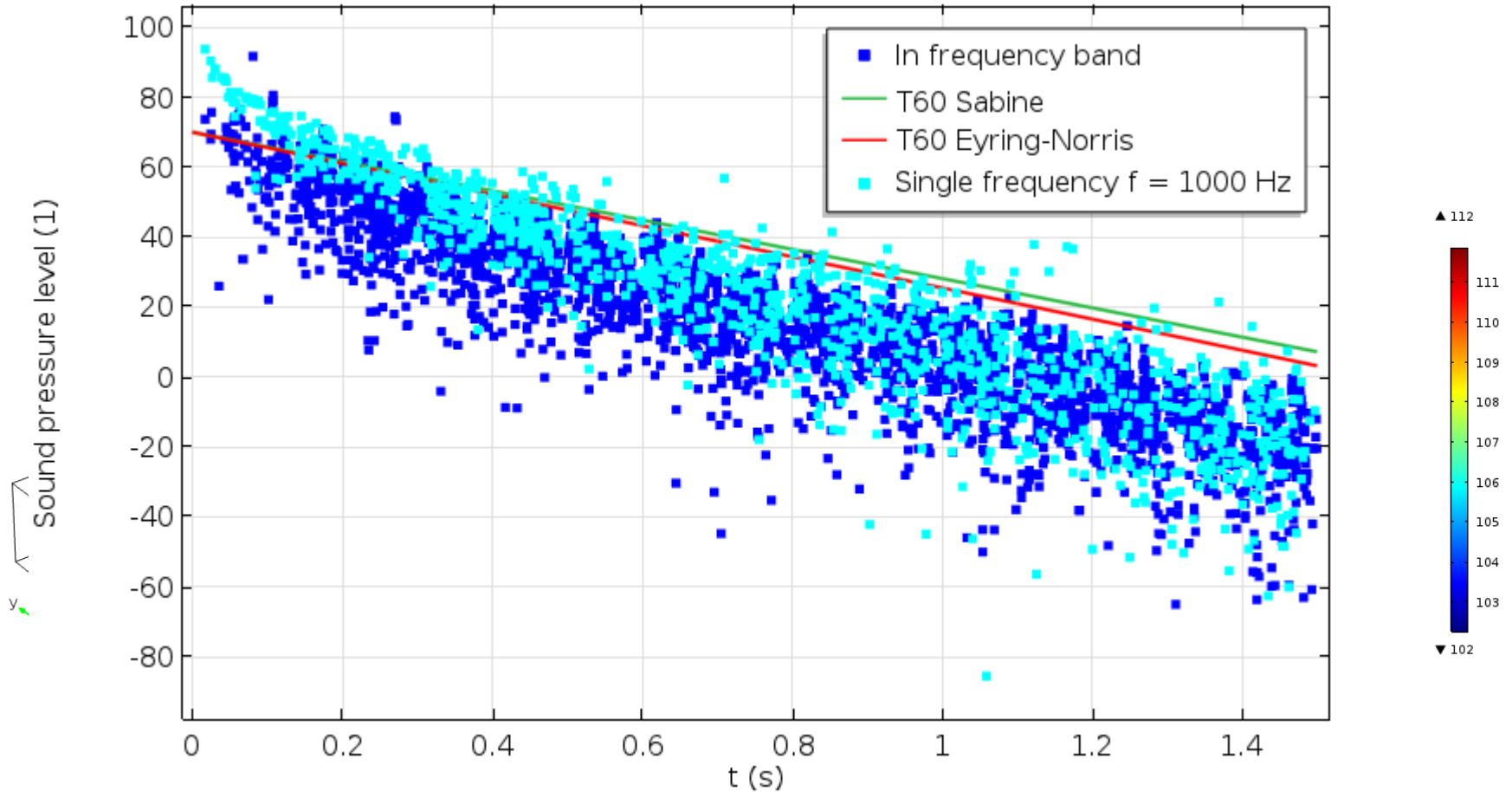
Sagedus: 200 Hz



Sagedus: 90 Hz

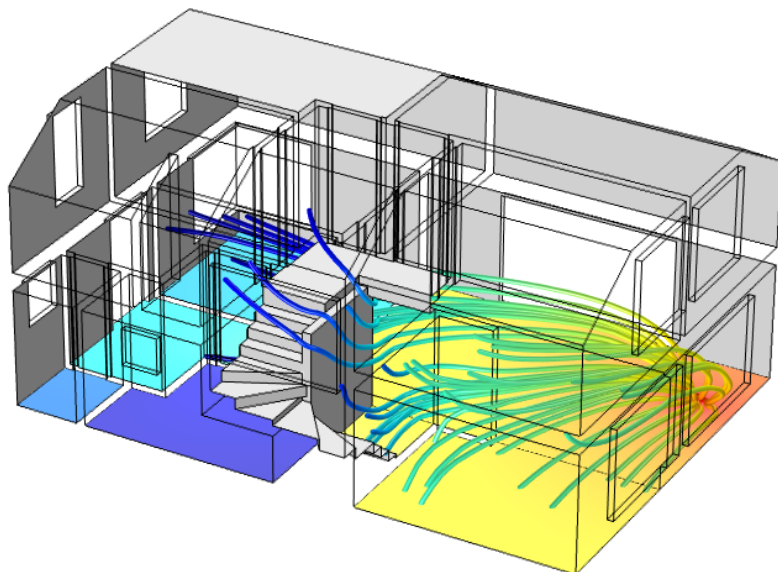


Geomeetriline akustika: väike kontserdisaal

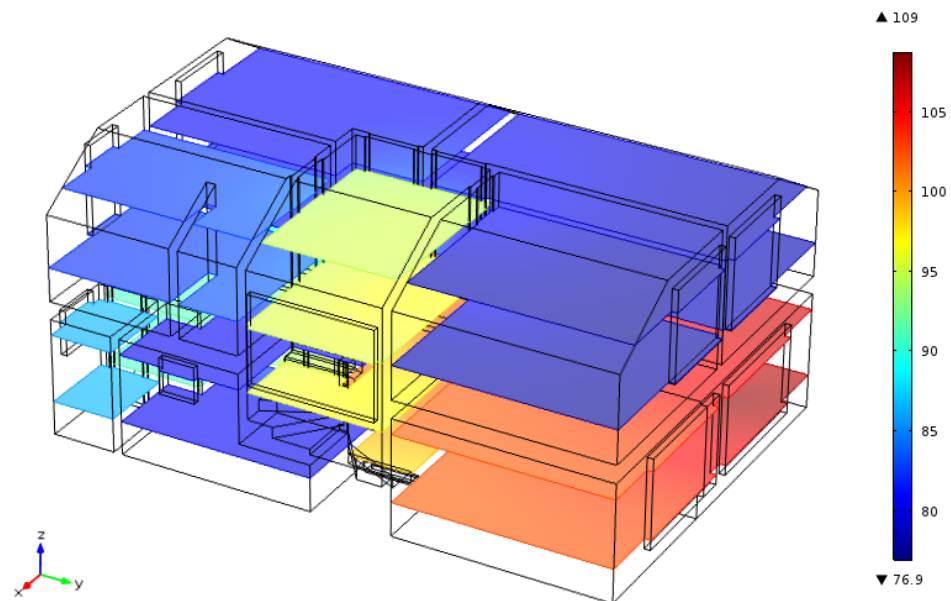


Akustilise difusiooni mudel: ühepereelamu

Streamline: Local energy flux Slice: Sound pressure level (dB)



Multislice: Sound pressure level (dB)





Kokkuvõte



- **Mehaanika, soojuse, õhu liikumise simulatsioonid**
 - Õhu liikumise, temperatuuri ja niiskuse jälgimine ruumi igas punktis
- Heli leviku simuleerimine kõigis aja ja pikkuse skaalades
 - Lainevõrrand
 - Geomeetriline akustika
 - Akustilise difusiooni mudel
- Heli leviku kombineerimine teiste füüsikatega:
 - Soojus
 - Õhu liikumine
- **Võimalus testida uudseid lahendusi enne tegeliku ehitust!**



Täna tähelepanu eest!