

# Sadarbība ar industriju LU Skaitliskās modelēšanas institūtā

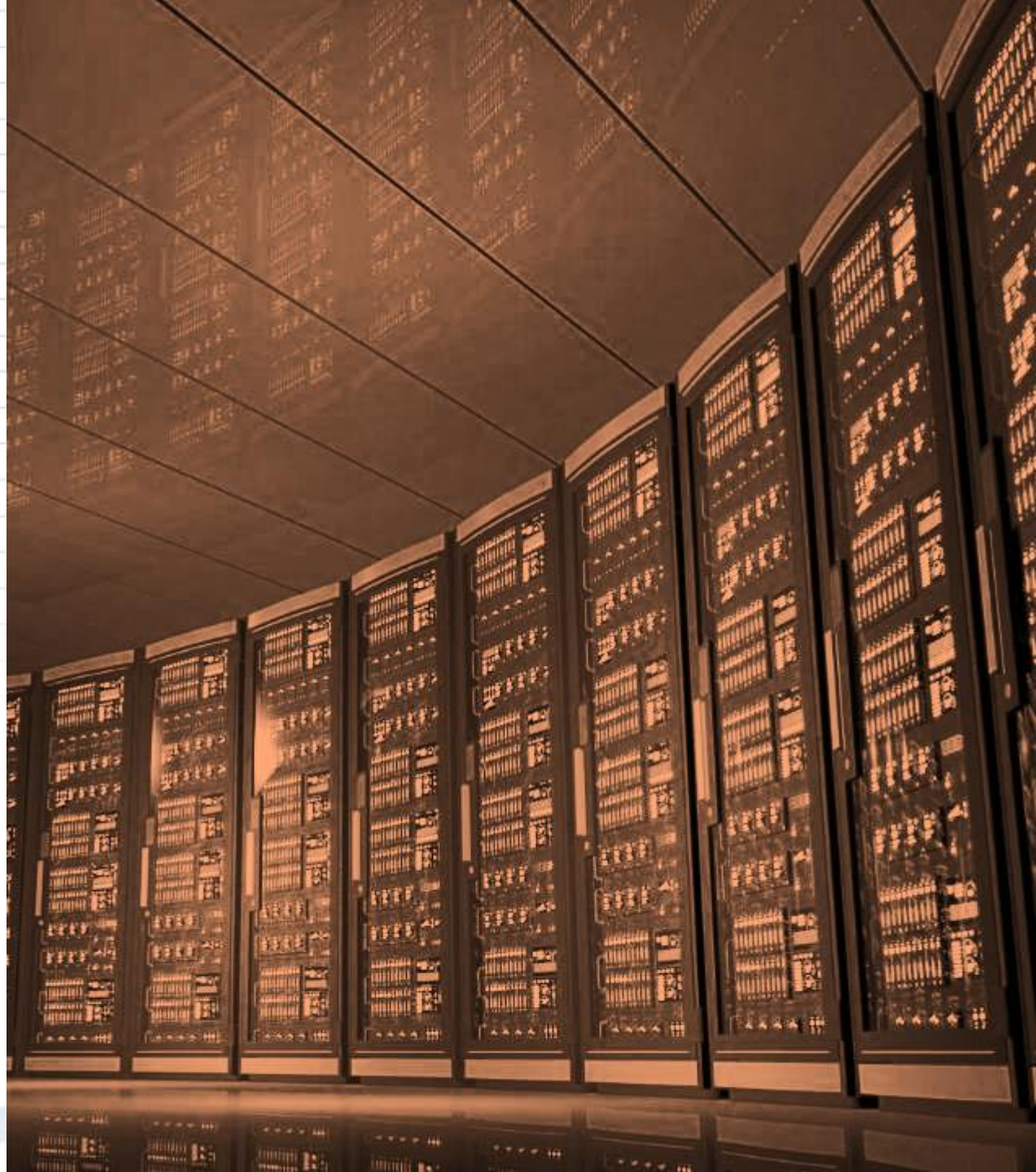


**Jānis Virbulis**  
Pusvadītāju tehnoloģiju laboratorijas vadītājs  
Seminārs par iesaisti Latvijas HPC centra izveidē, 9.10.2020

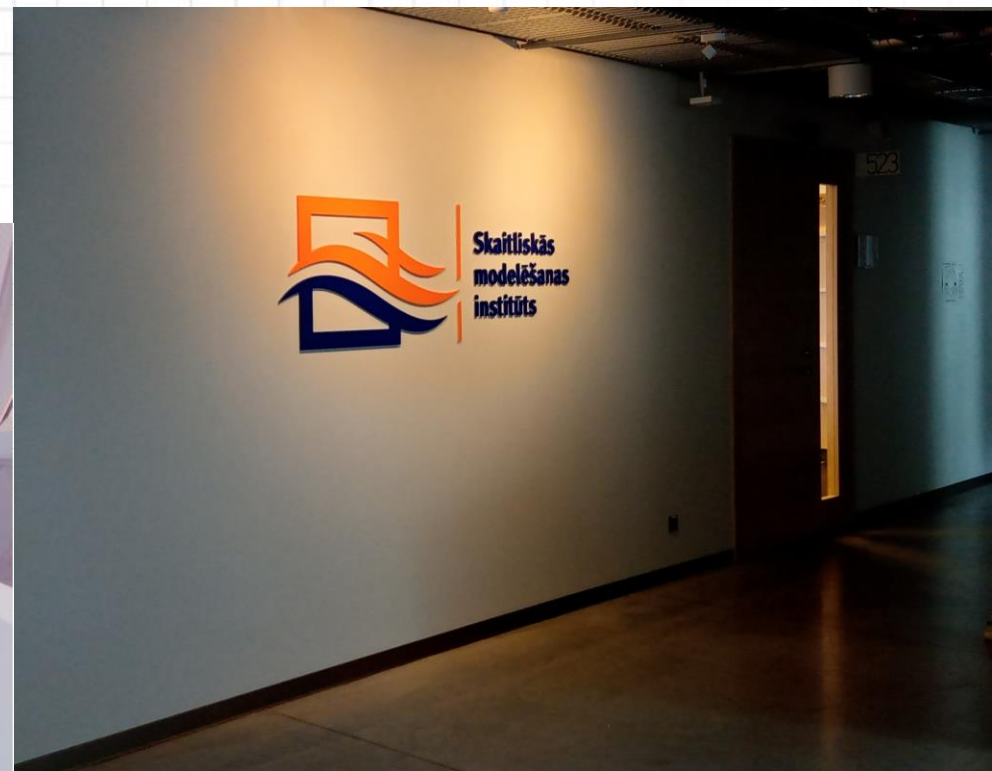
# Saturs

- Skaitliskās modelēšanas institūts
- Ievads: vēsture un datoru jaudas
- Sadarbības piemēri ar industriju

Bieži ar LU Efektīvas  
Sadarbības Projektu atbalstu



- Izveidots 2019. gada decembrī uz *Vides un tehnoloģisko procesu matemātiskās modelēšanas laboratorijas* bāzes kā LU FMOF struktūrvienība
- Institūta darbības mērķis ir sekmēt inženierfizikāli orientētus nepārtrauktas vides procesu pētījumus industrijas vajadzībām un sekmēt speciālistu sagatavošanu šajā jomā
- Vairāk kā 30 zinātnieki (10 zinātņu doktori, 3 PostDoc studenti, 7 doktoranti)
- *Vides procesu, Multifizikālo procesu un Pusvadītāju tehnoloģiju laboratorijas*
- Apgrozījums 1 000 000 EUR
- HPC klāsteris ar 256 kodoliem.



# Ievads

Pirms 20 gadiem ...

## The use of modelling in crystal growth

J. Virbulis, E. Dornberger, D. Zemke, Wacker Siltronic AG, Burghausen

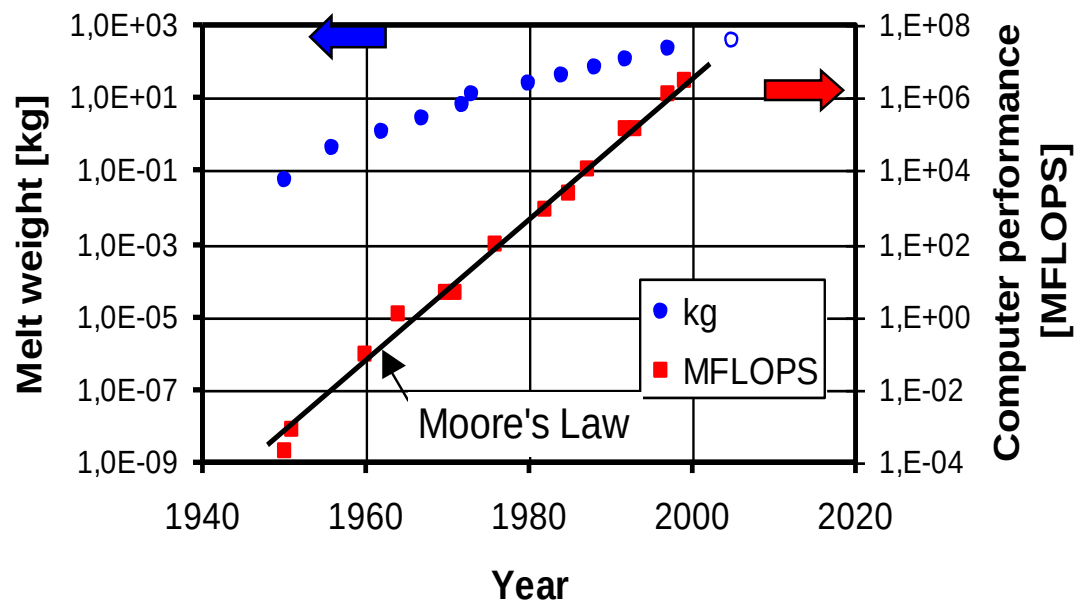
Workshop Applied Simulation in Crystal Growth, 14.-15. February 2001, Aufseß, Germany



## Computers get faster

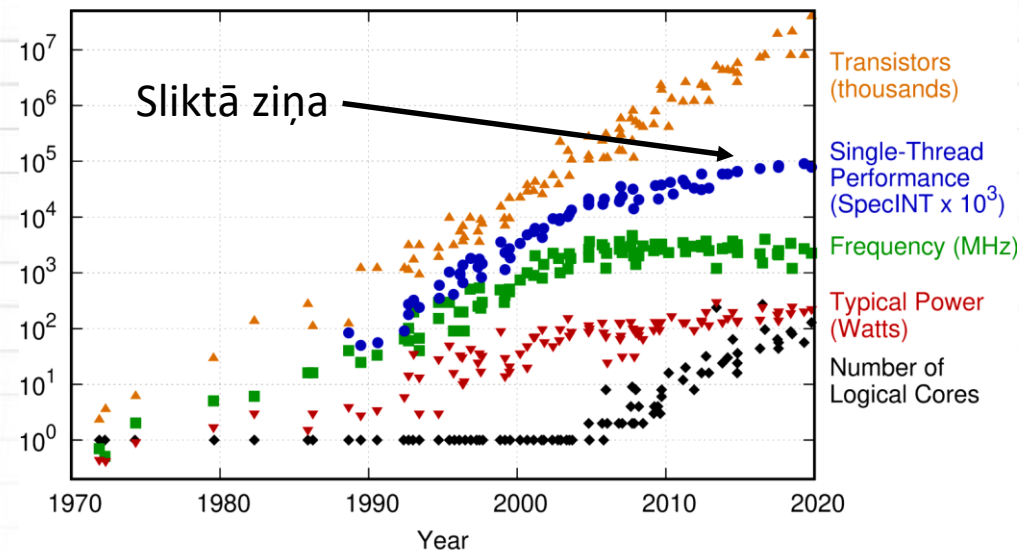
The most time consuming simulation is DNS for Si melt flow

Melt weight  $\sim r^3 \sim Gr \sim$  Computing time  $(\sim r^3-r^5)$



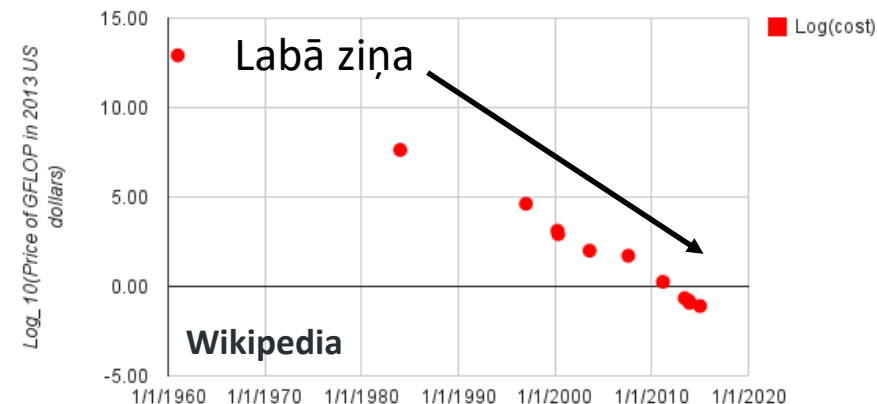
Direct Numerical Simulation of Si melt flow will be possible !

48 Years of Microprocessor Trend Data



Original data up to the year 2010 collected and plotted by M. Horowitz, F. Labonte, O. Shacham, K. Olukotun, L. Hammond, and C. Batten  
New plot and data collected for 2010-2019 by K. Rupp

Price of GFLOPS



# Siltronic AG, Vācija

Sadarbība ~20 gadu garumā, līgumdarbi > 1Mio EUR

Silīcija kristālu  
audzēšanas modelēšana

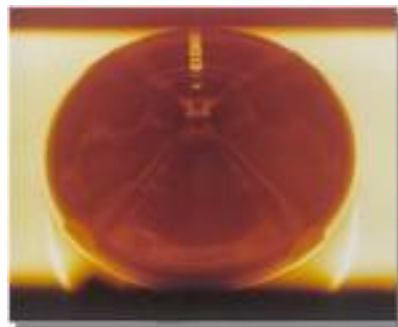
Skaitliskās  
modelēšanas  
institūts

t = 00:01:40

kristāls

kausējums

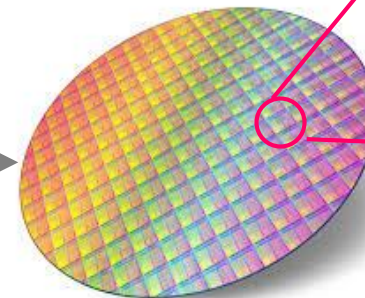
**siltronic**  
perfect silicon solutions



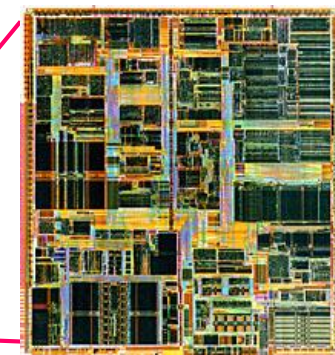
Single Silicon  
Crystal Growth



Wafer  
Preparation



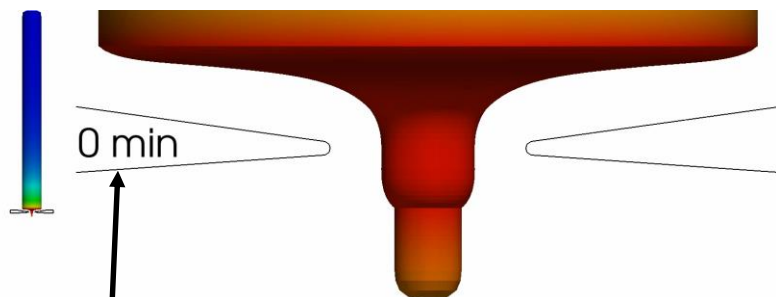
Device  
Fabrication



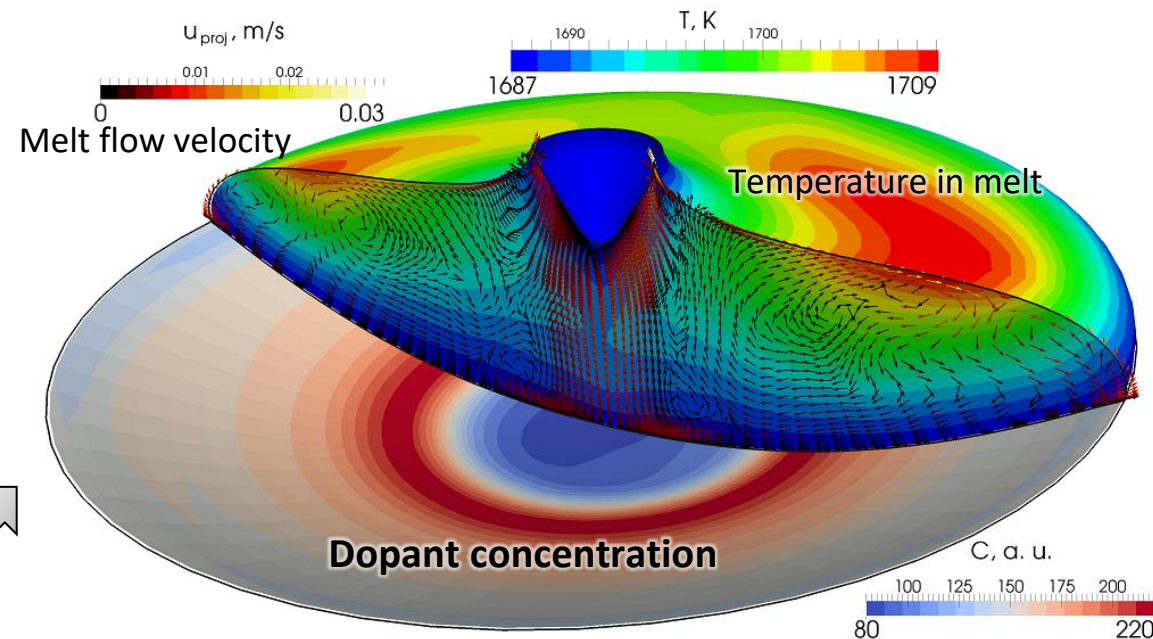
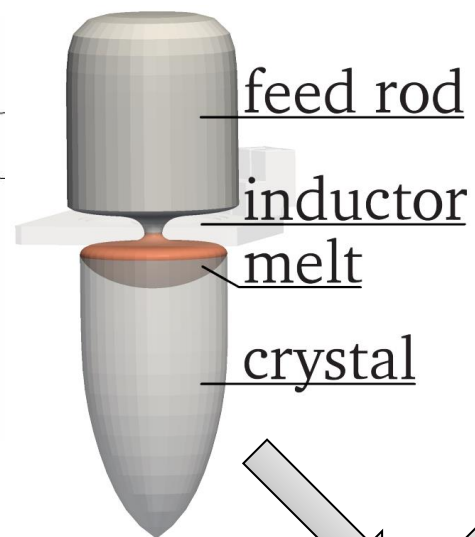
# Siltronic AG, Vācija

## Peldošās zonas kristālu audzēšanas procesa modelēšana

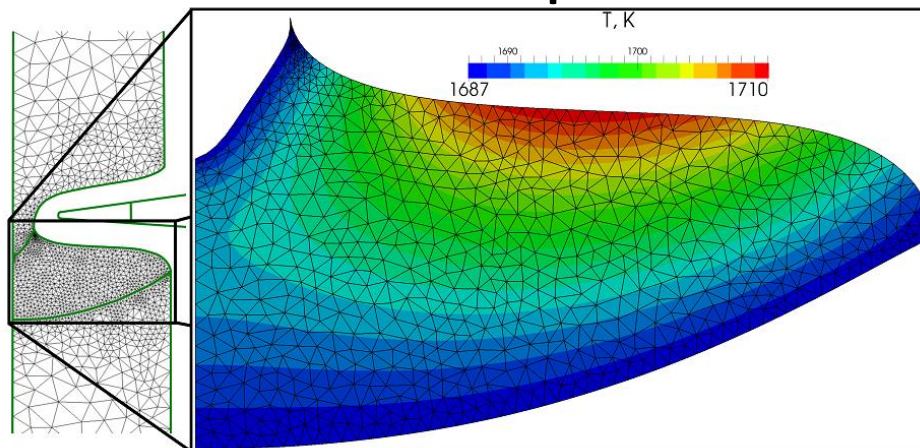
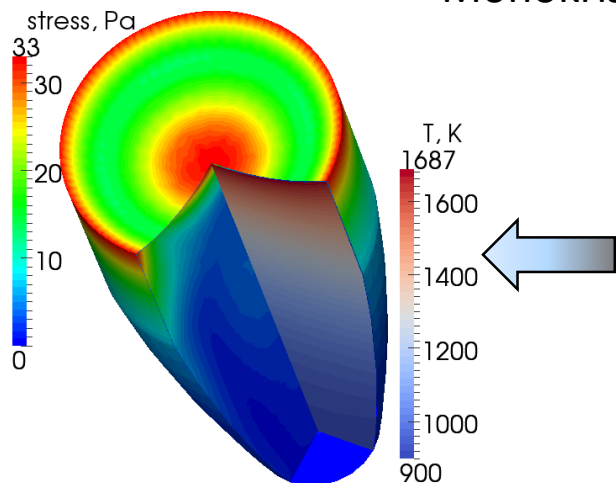
Polikristāls



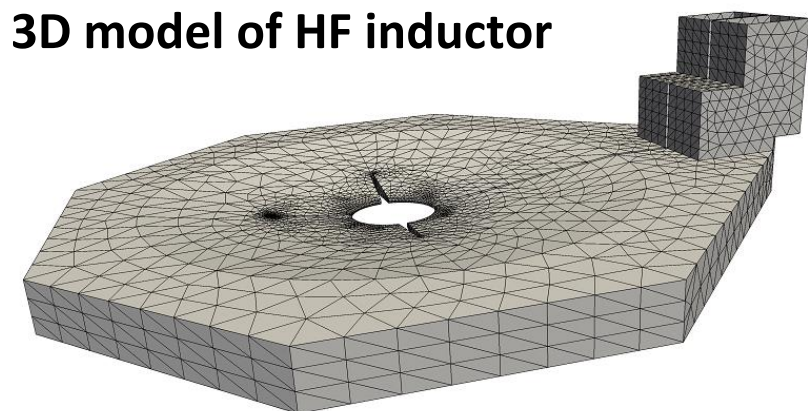
Monokristāls



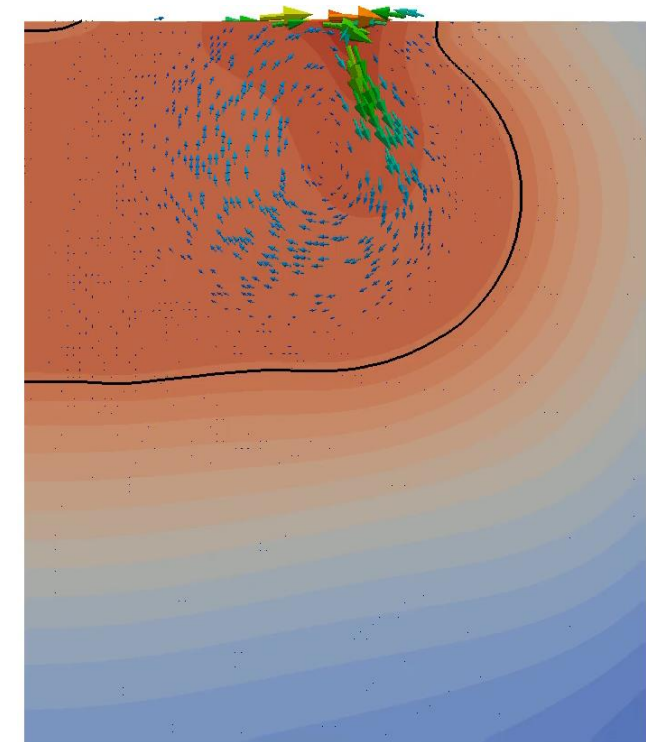
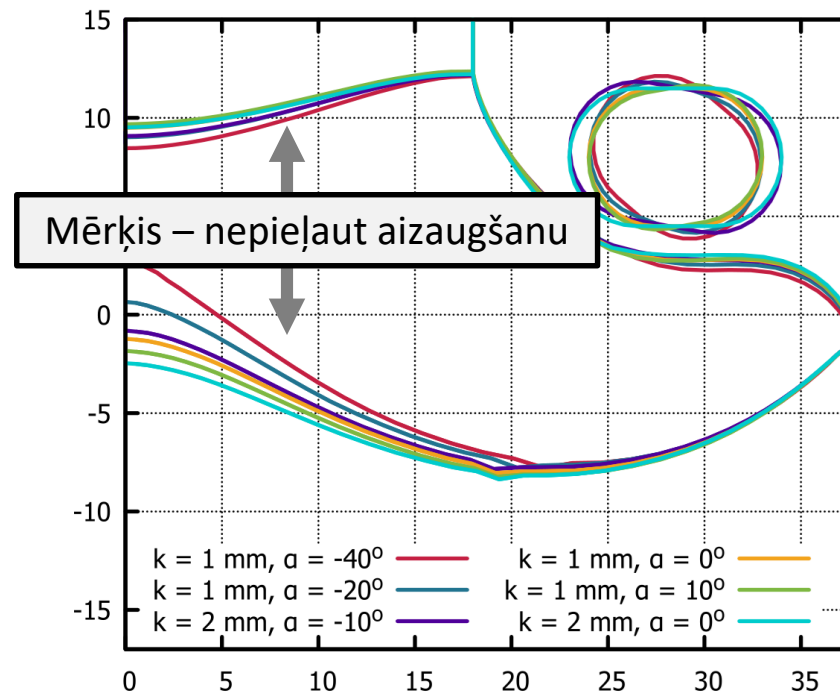
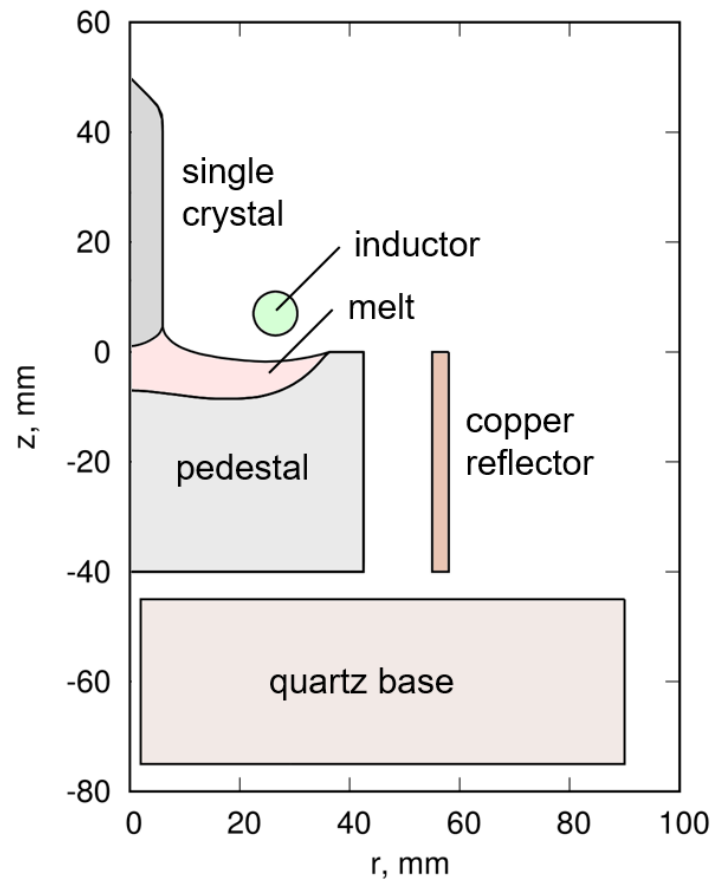
Calculated shape of interfaces



3D model of HF inductor



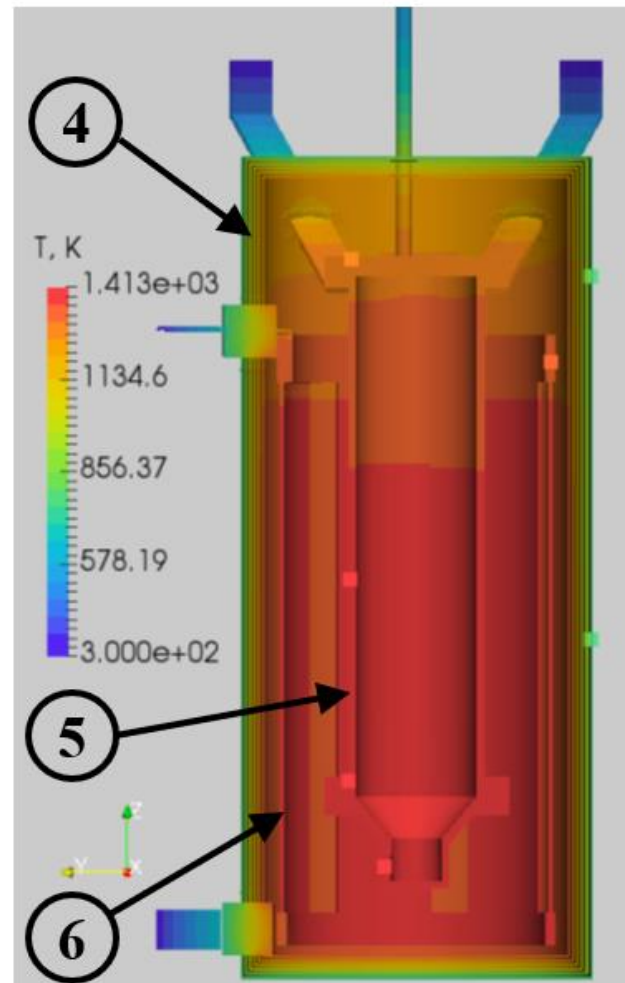
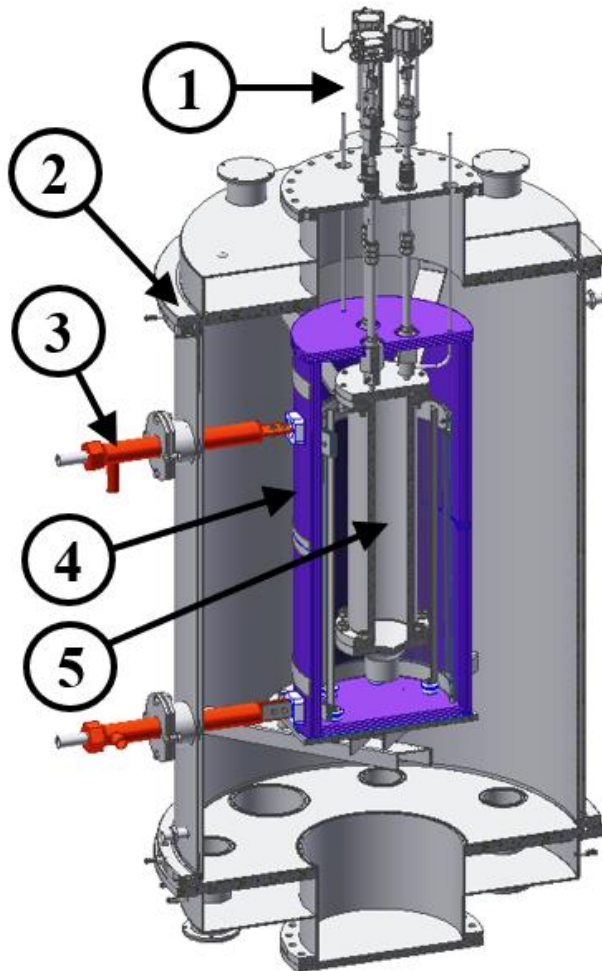
- Induktora formas optimizācija



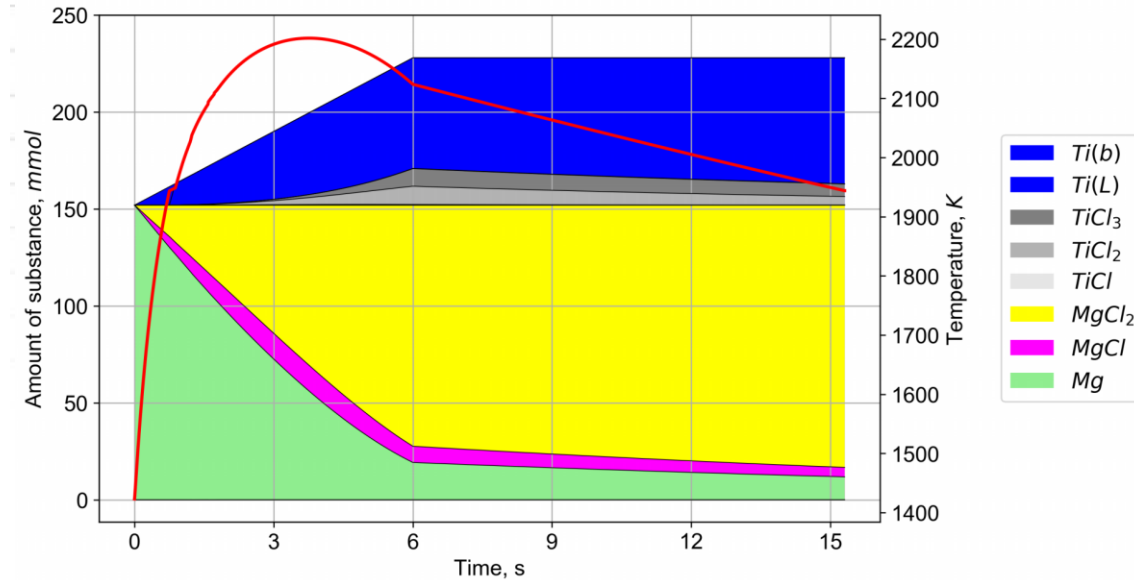
## Titāna reducēšanas iekārtas modelēšana

- Eksperimenti - LU  
Fizikas institūts

3D termiskais modelis

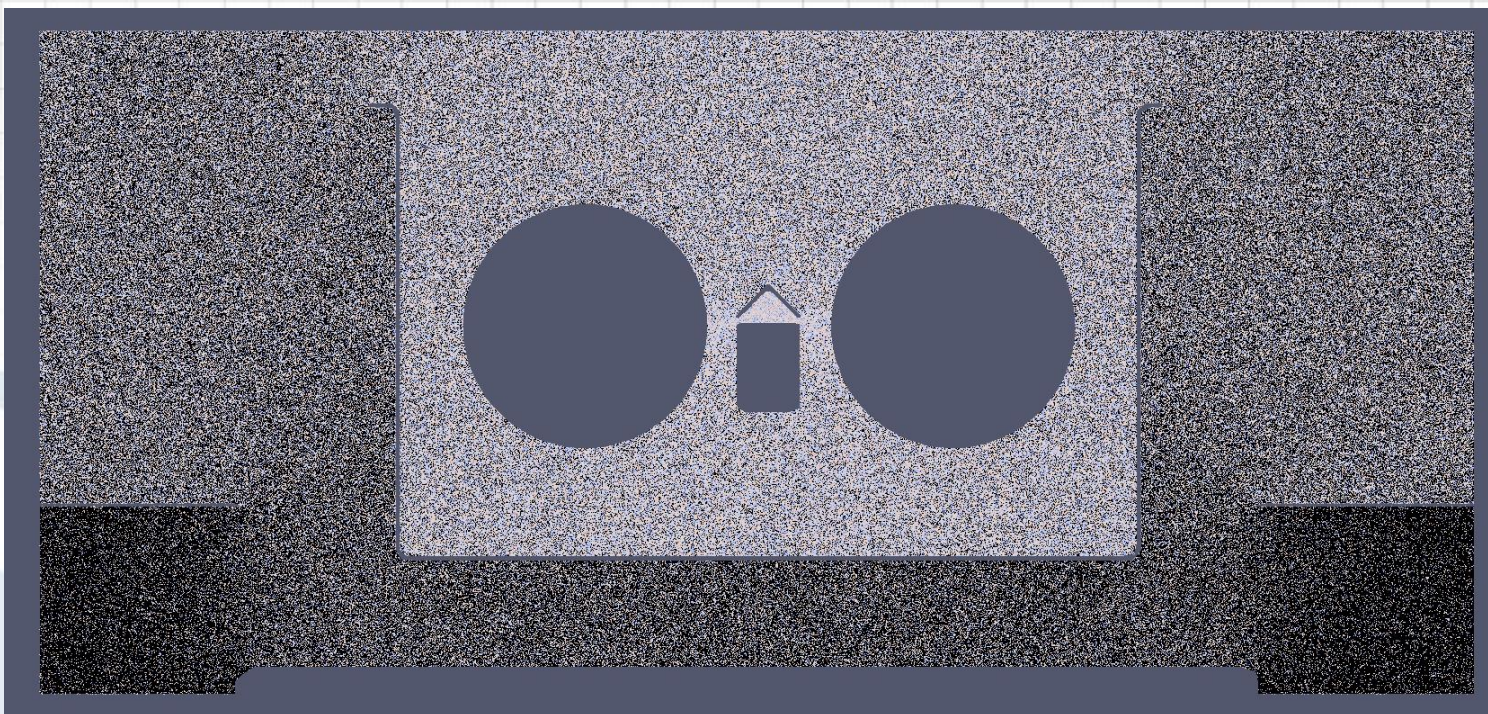


## Ķīmisko reakciju modelēšana

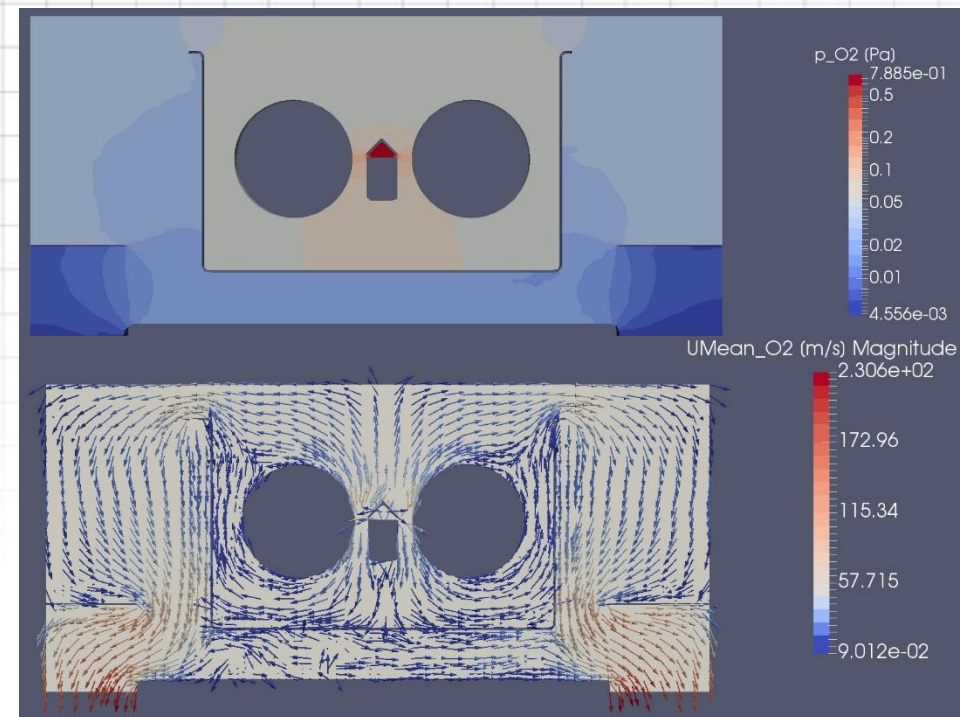


## Direct simulation Monte Carlo vakuuma putināšanas iekārtai

- Daļiņas (uz melna fona)



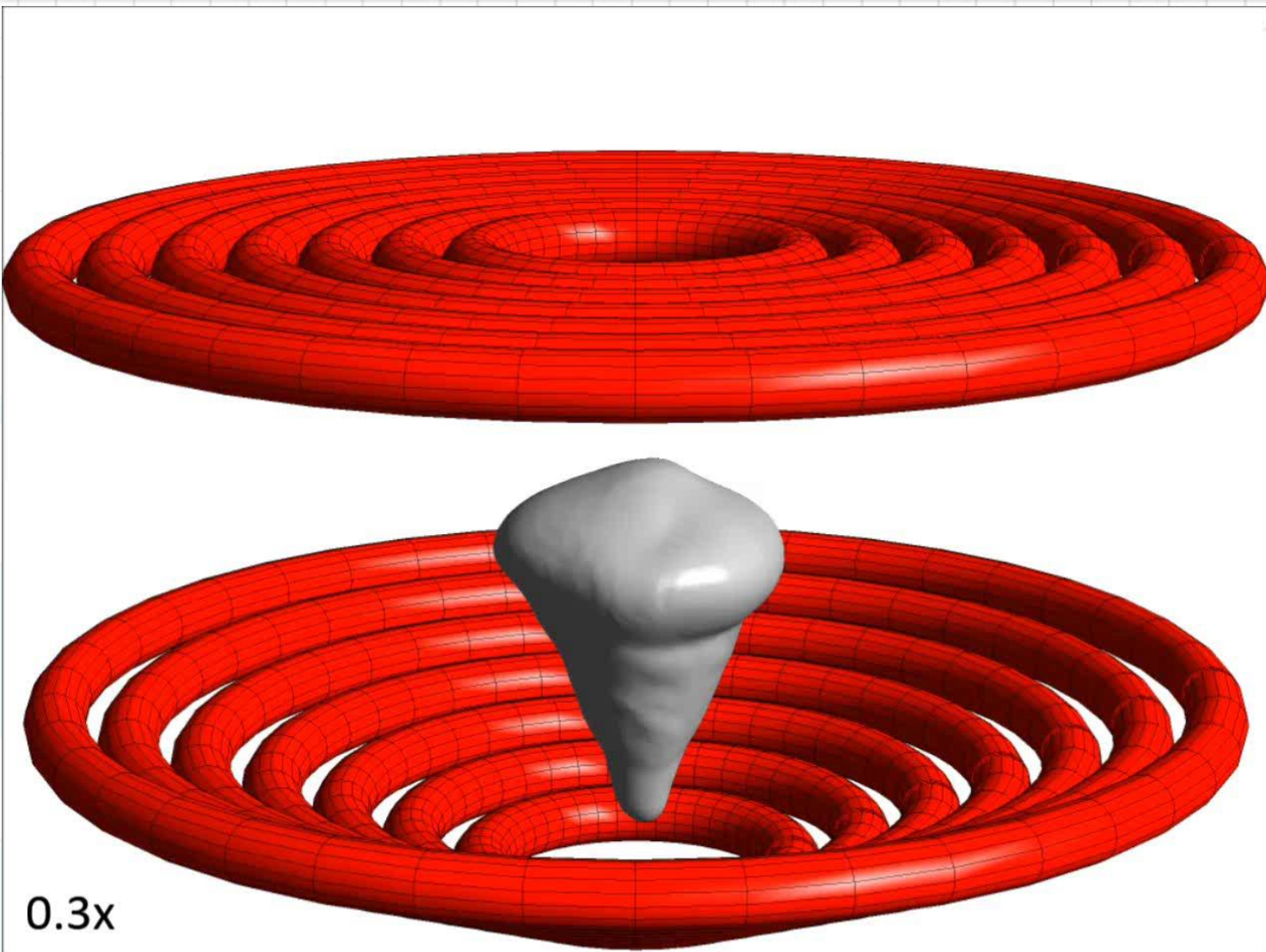
O<sub>2</sub> spiediens



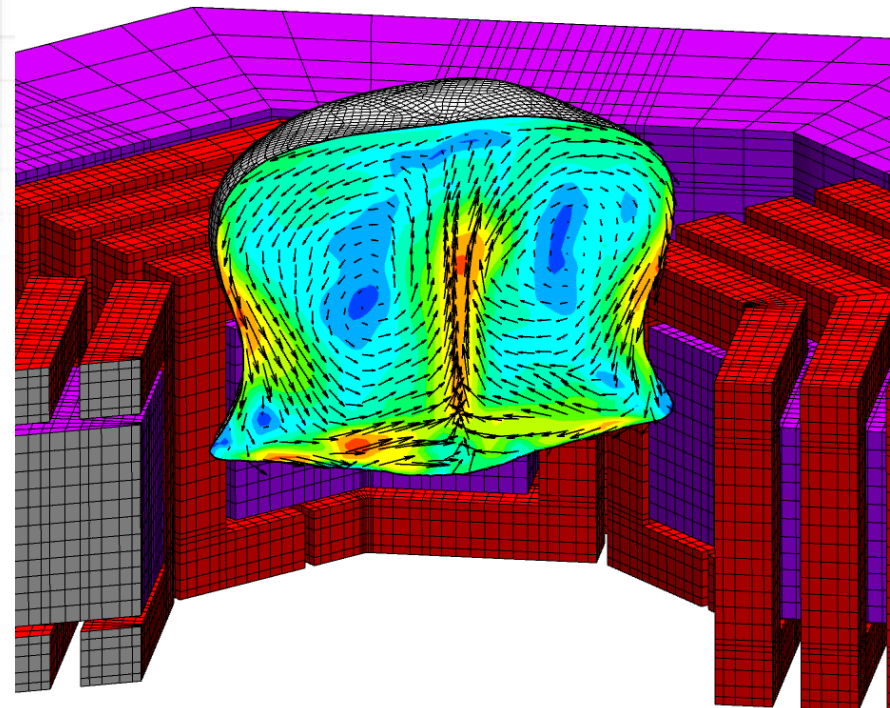
Plūsmas ātrums

## Elektromagnētiskās levitācijas kausēšana

3D VOF LES modelis

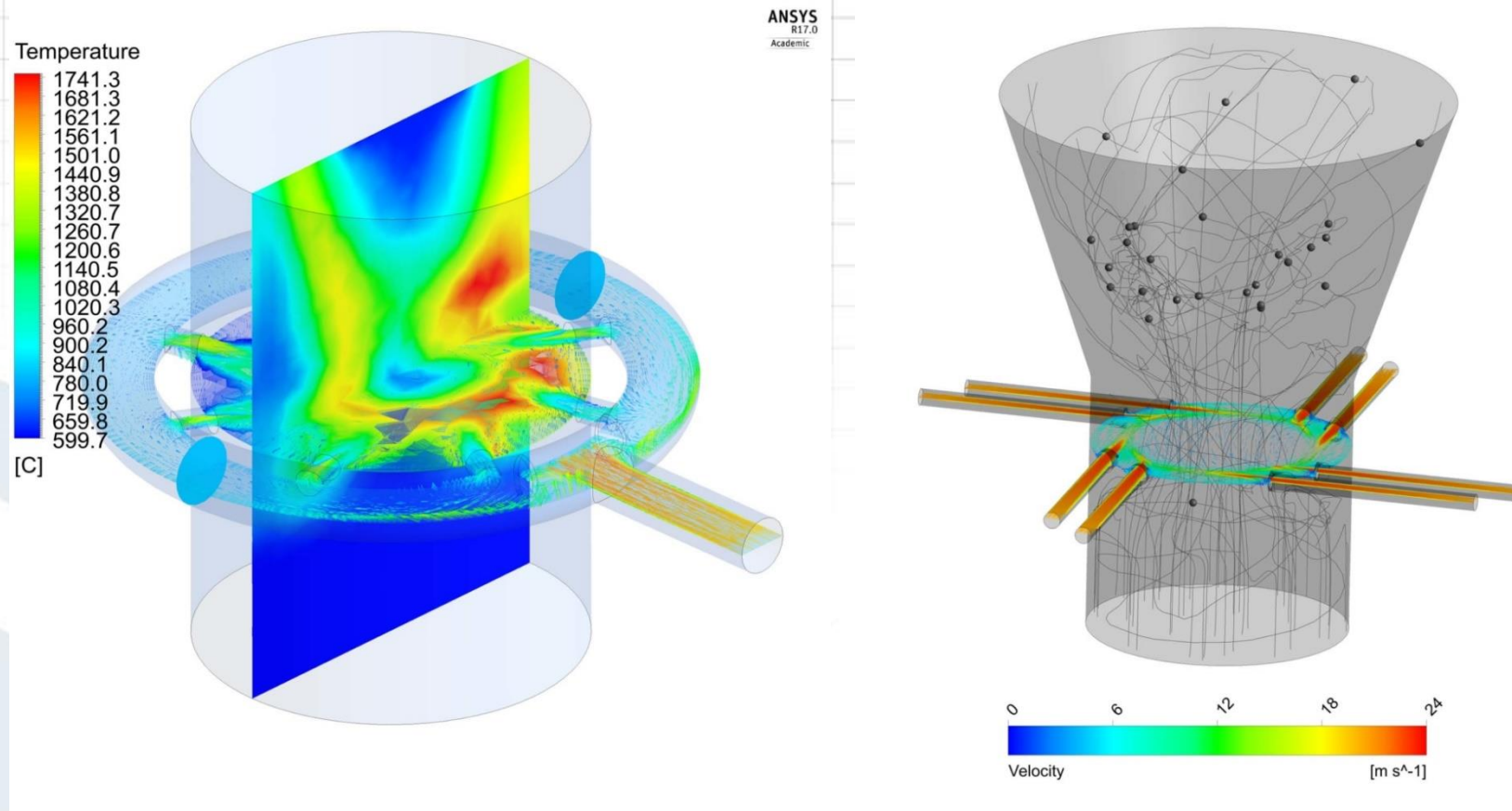


Alumīnijs 500 g



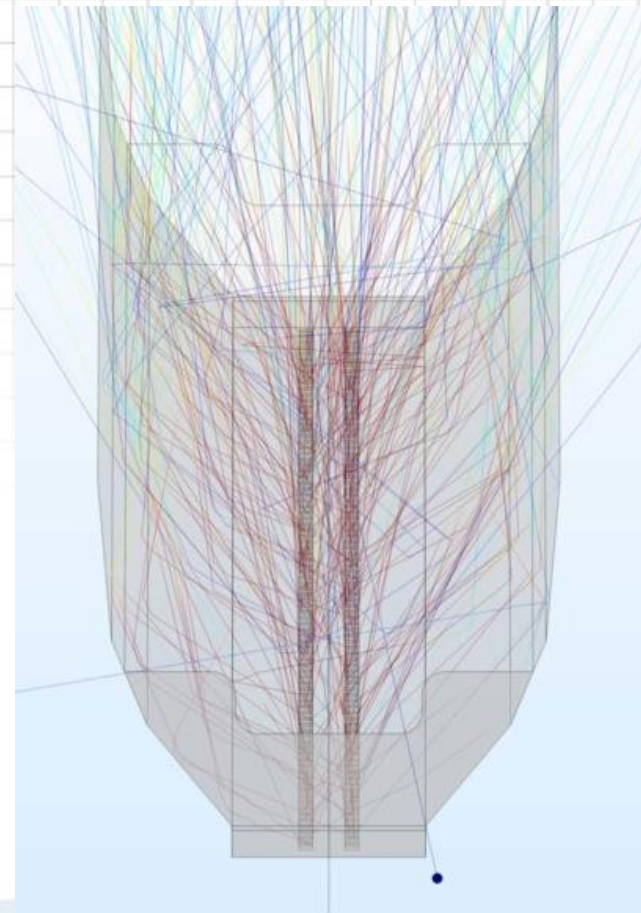
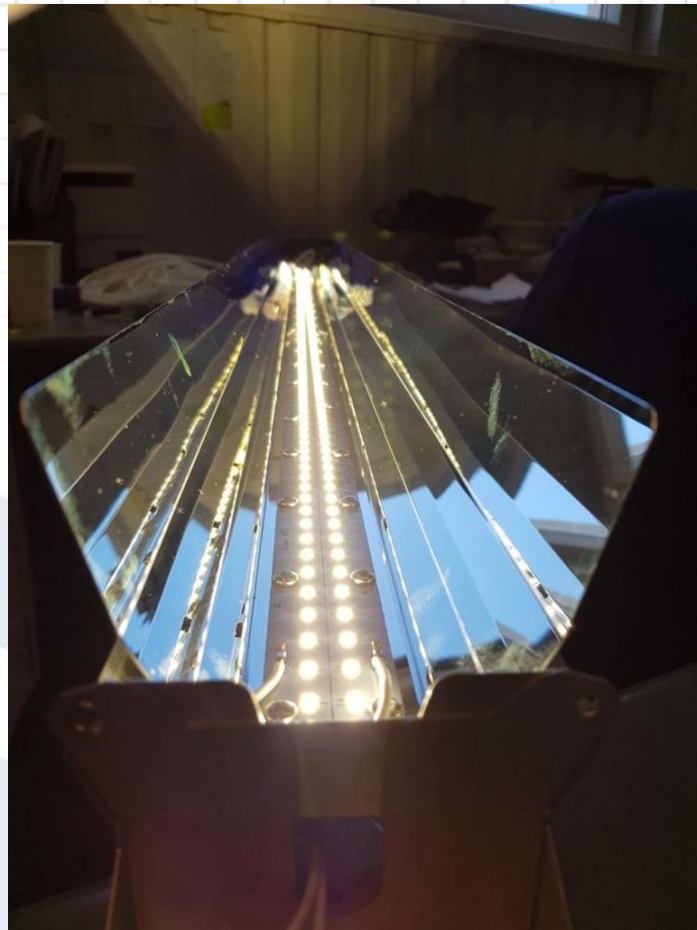
Gāzu plūsmas, temperatūras, koncentrācijas kā arī cieto daļiņu kustības skaitliskā modelēšana

- gazifikācijas iekārta



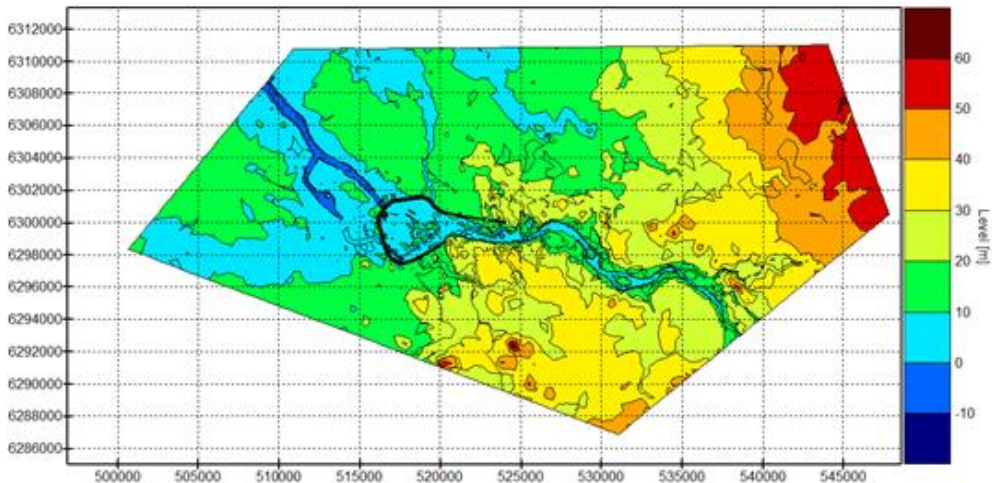
## Apgaismojuma intensitātes sadalījuma modelēšana

Staru izsekošanas modeļu izstrāde rūpnieciskajiem gaismekļiem un telpiskā apgaismojuma sadalījumu optimizācijas modeļu izveide

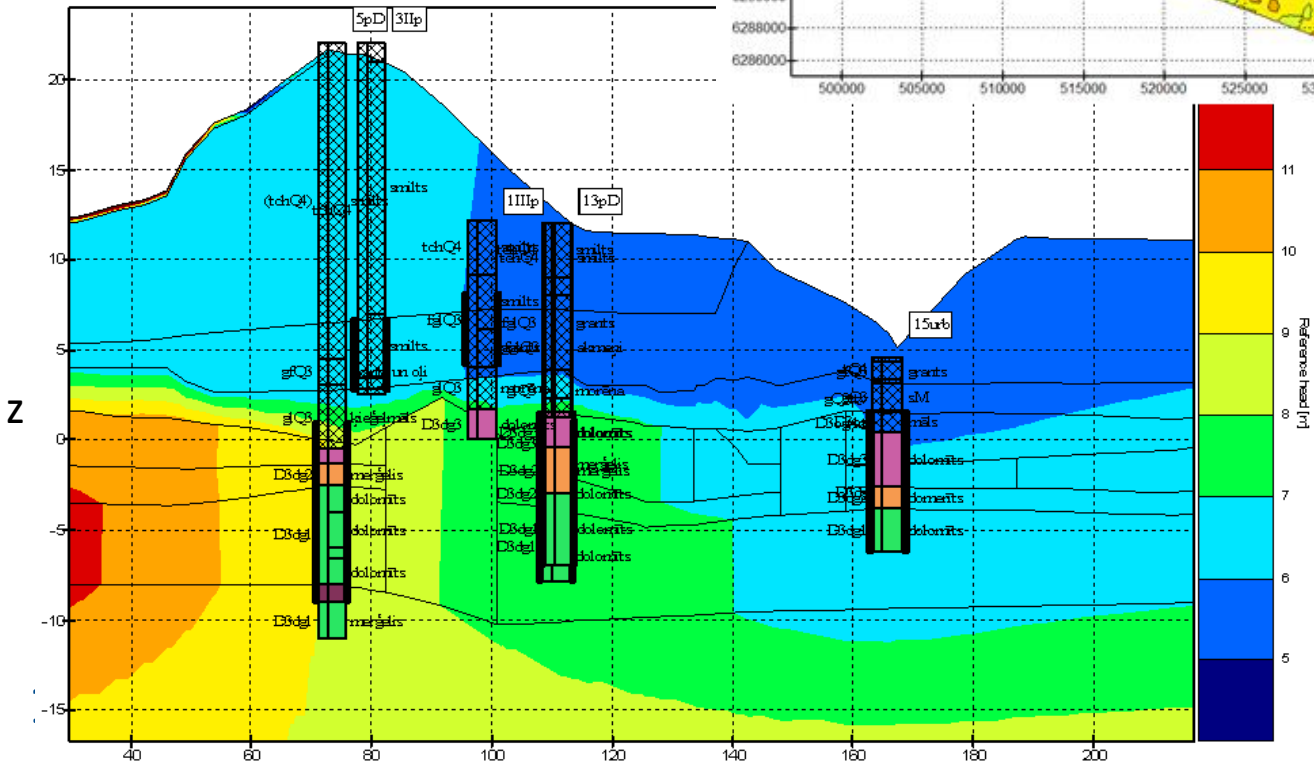


## Rīgas HES apkārtnes hidroģeoloģiskā modeļa izveide

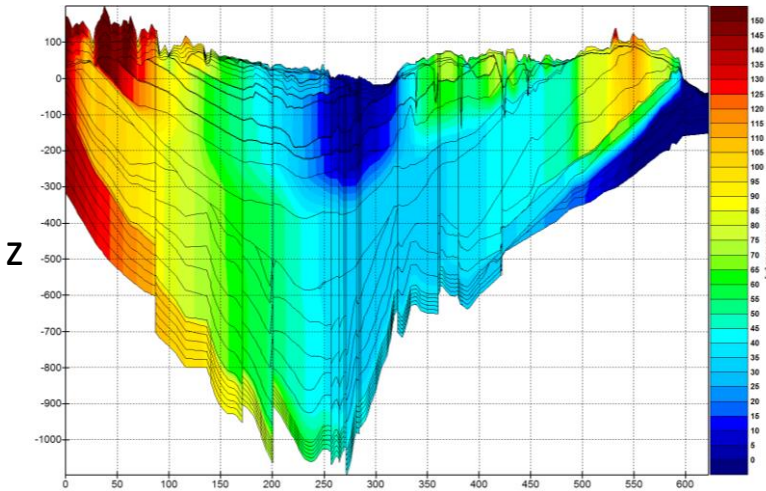
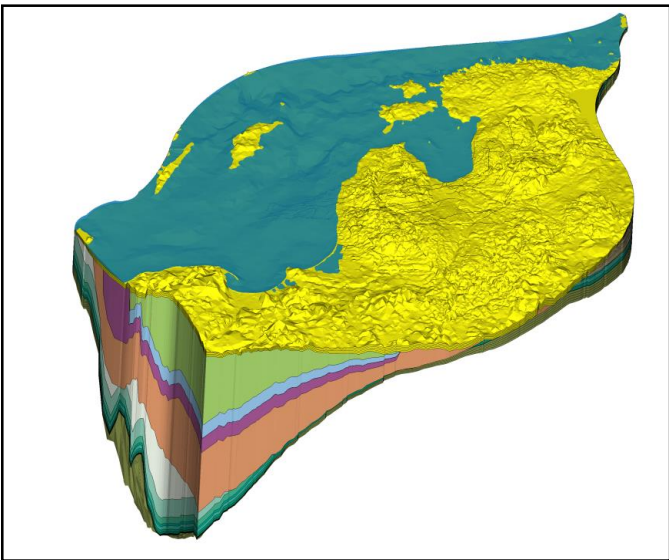
Modeļapgabals



Šķēsgriezums,  
pjezometriskais spiediens

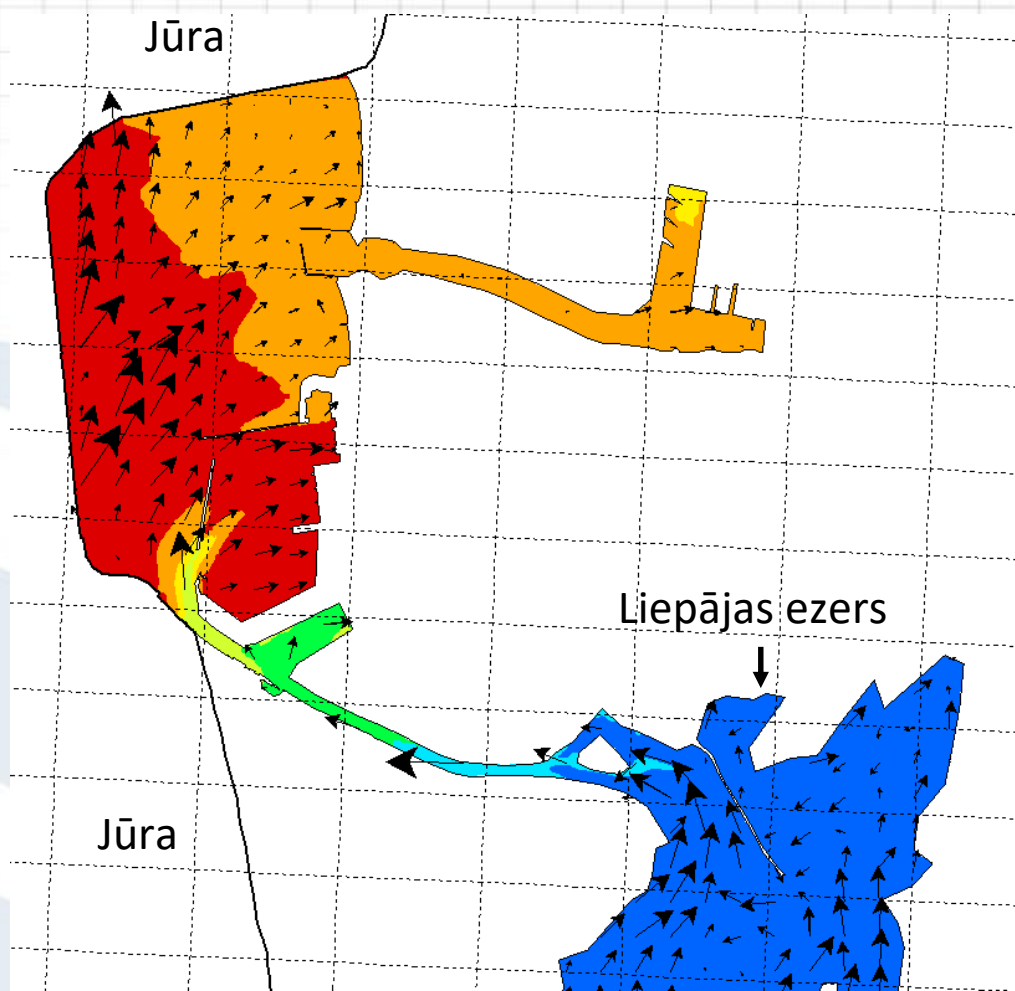


Pazemes ūdeņu filtrācija  
Baltijas artēziskajā baseinā

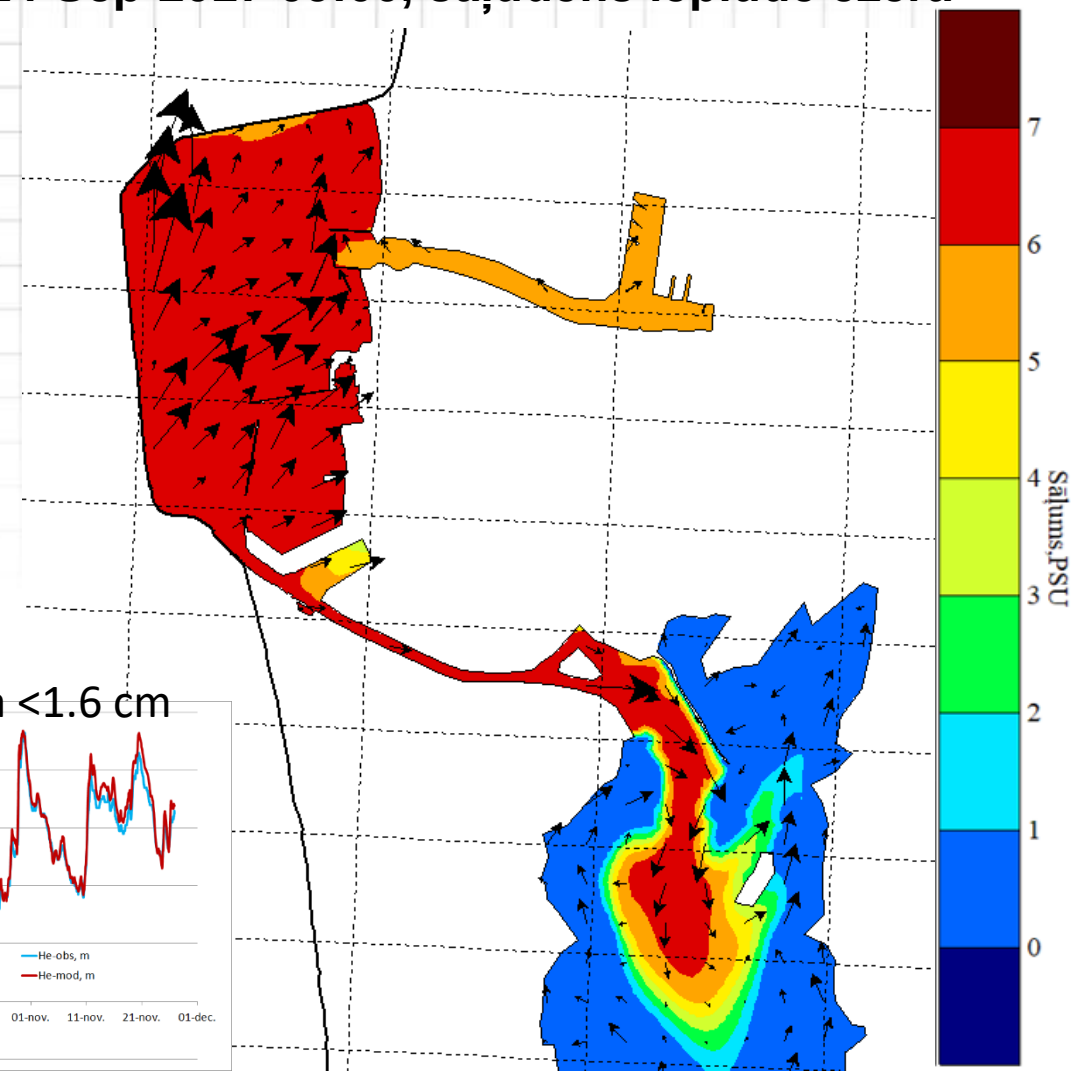


## Sistēmas «jūra-priekšosta-kanāls-ezers-Bārta» hidrodinamikas modelēšana

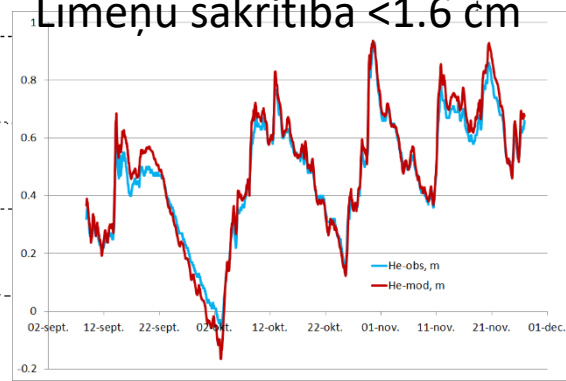
12-Sep-2017 16:00, Maza notece



14-Sep-2017 09:00, sāļūdens ieplūde ezerā



Līmeņu sakritība <1.6 cm



# Operacionālie modeļi

water.lv

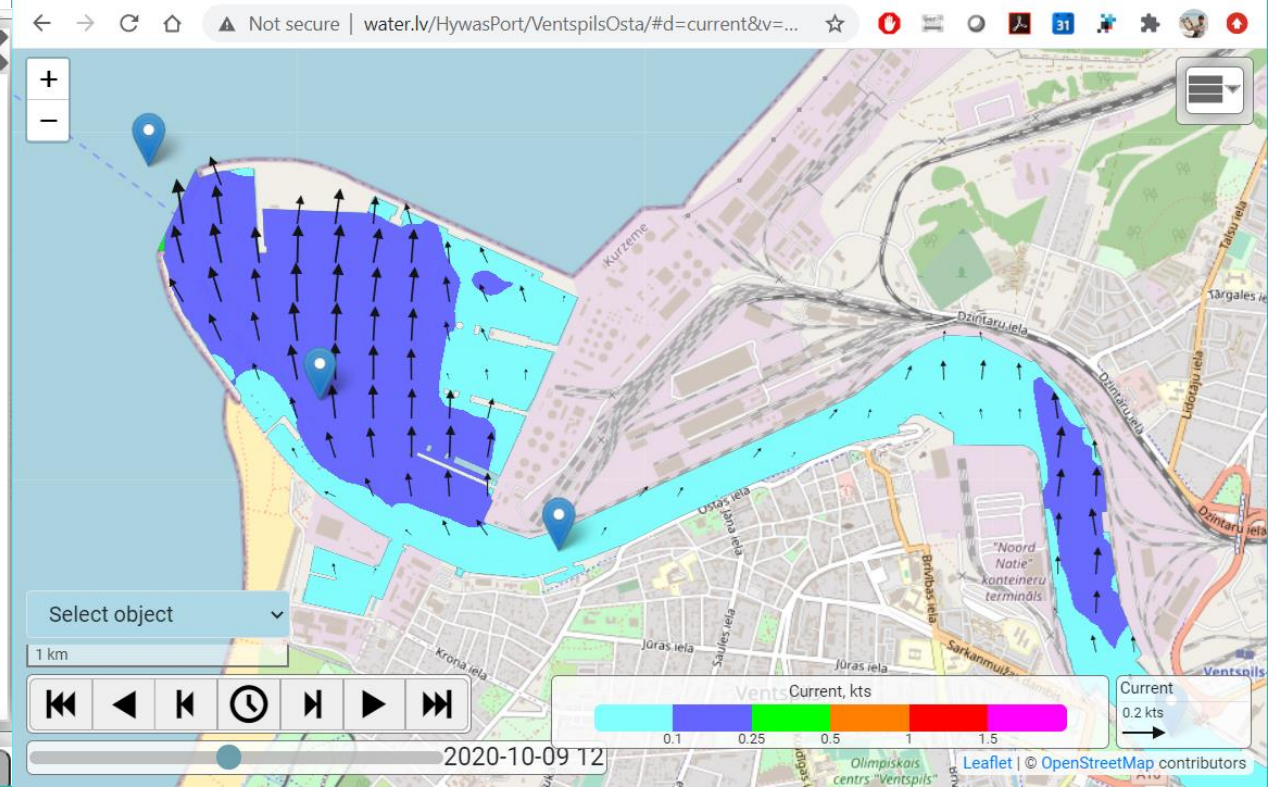
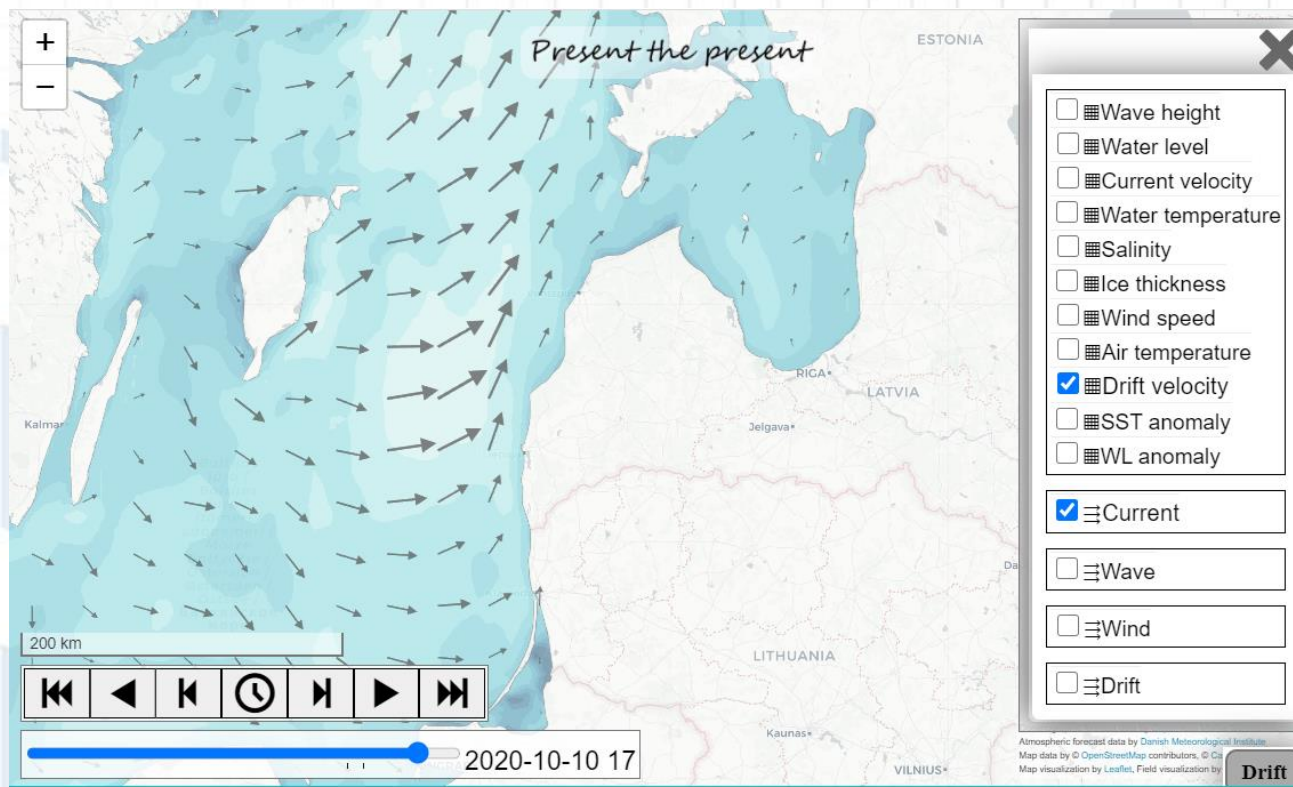
- Fimar for Web – Baltijas jūrai



Piegādā arī LBS un MRCC

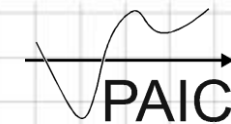
- HYWASPORT – Latvijas ostām

Rīga, Ventspils, Liepāja, ...



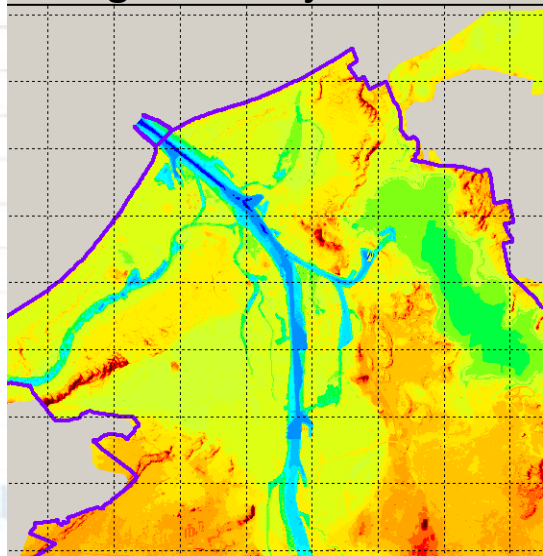
# Rīgas dome

## Plūdu modelēšana

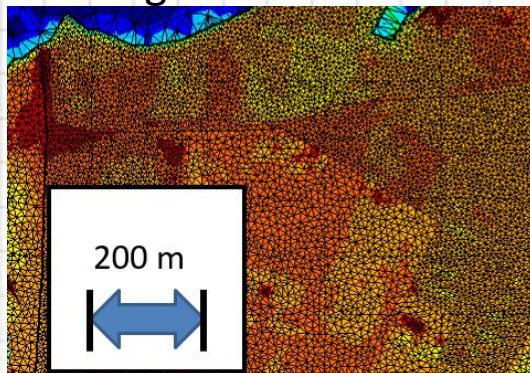


Vētras uzplūdi varbūtība x200 gados +276 cm

Digitālais reljefa modelis

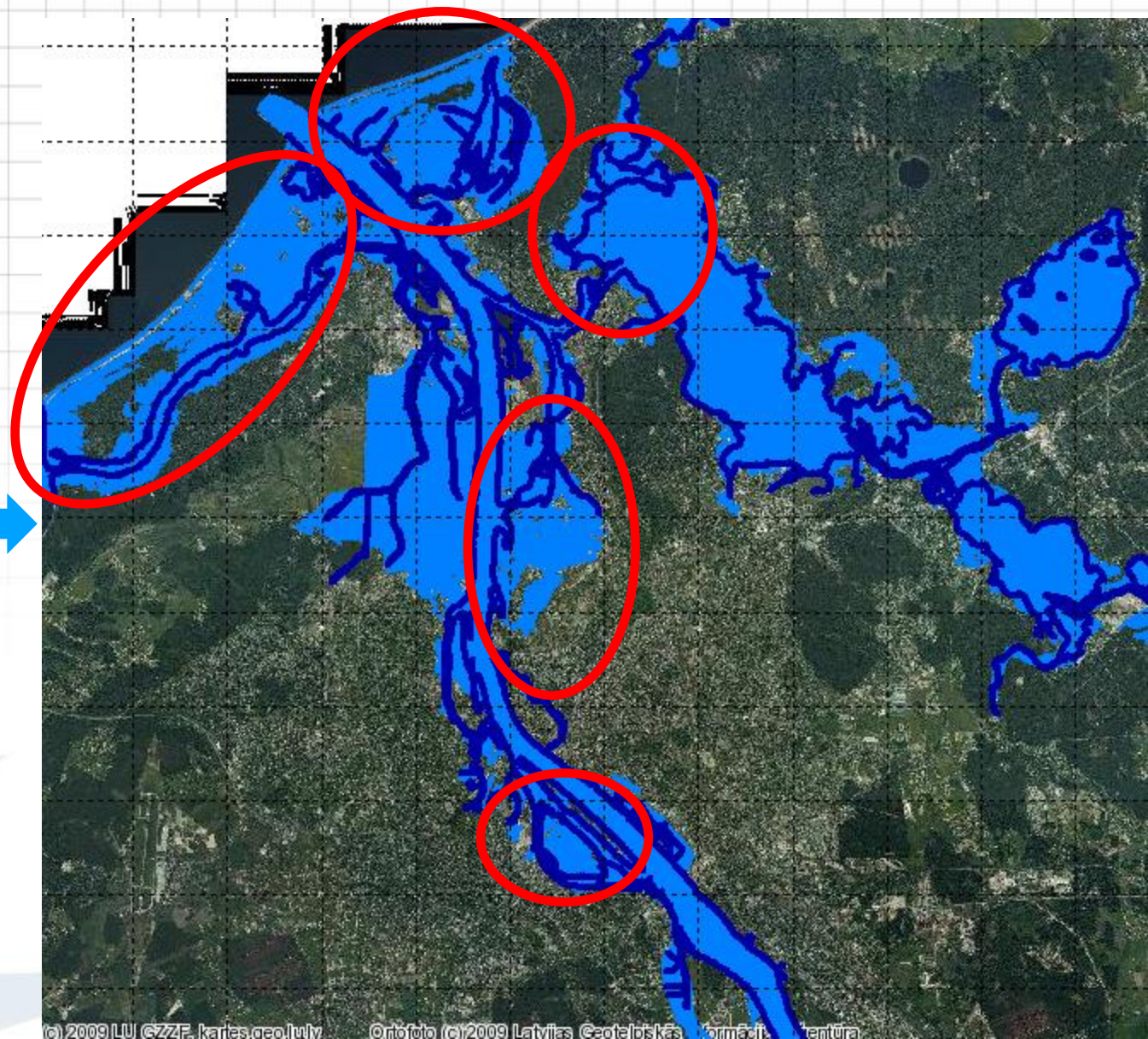
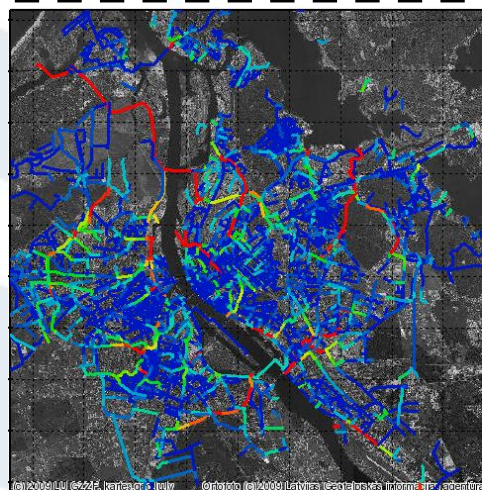


2D režģis



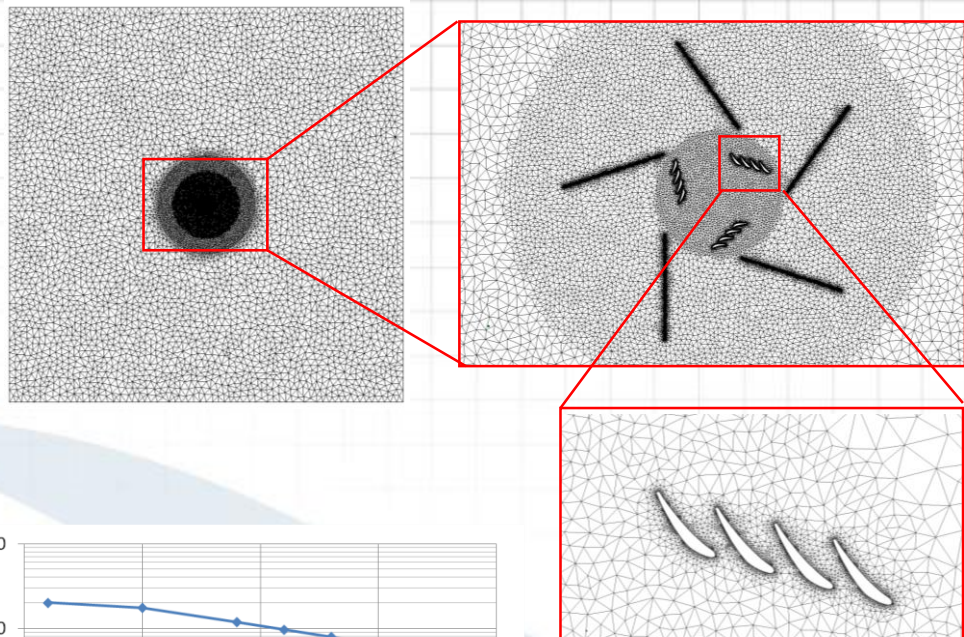
SwEvolver 3.2 (PAIC, 2004)  
HD seklā ūdens tuvinājums

Rīgas lietus  
kanalizācijas plūsmas  
m<sup>3</sup>/s x5 gados

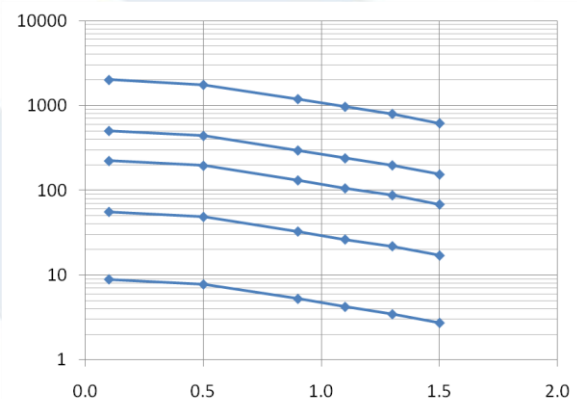


# SIA GM Helicopters

## Vertikālās vēja turbīnas efektivitātes uzlabošana

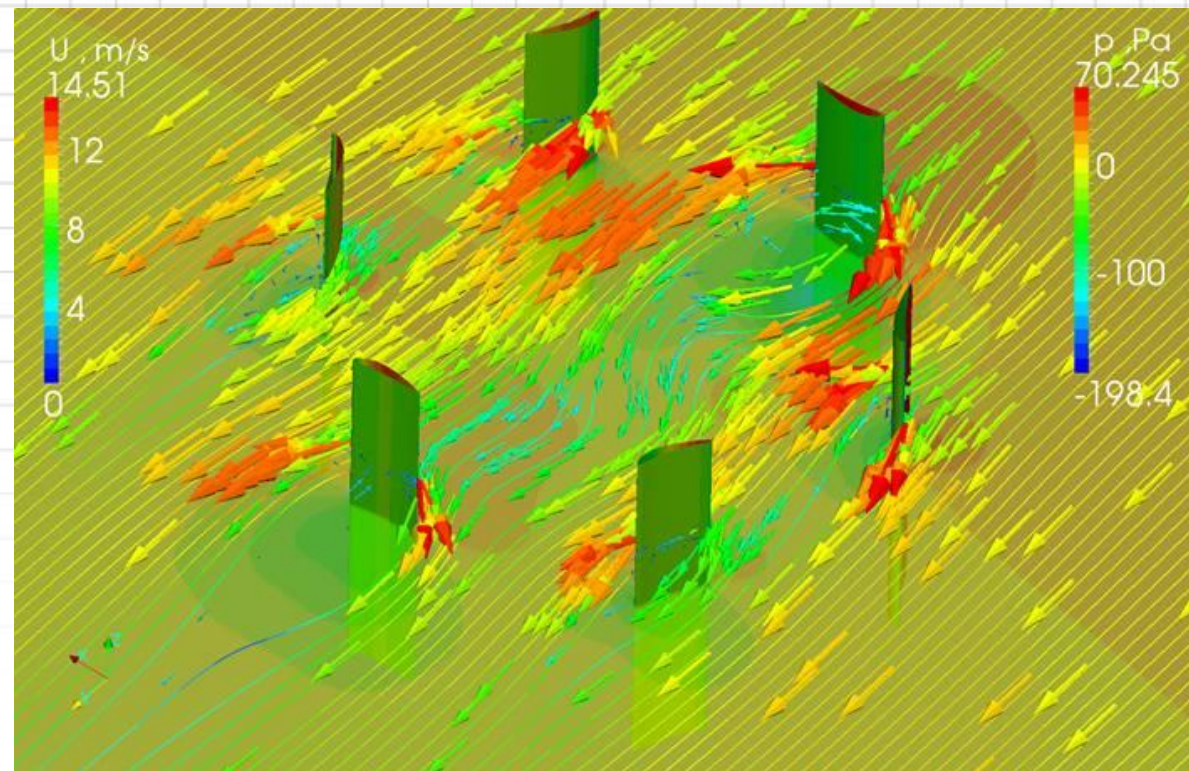


Griezes moments, Nm



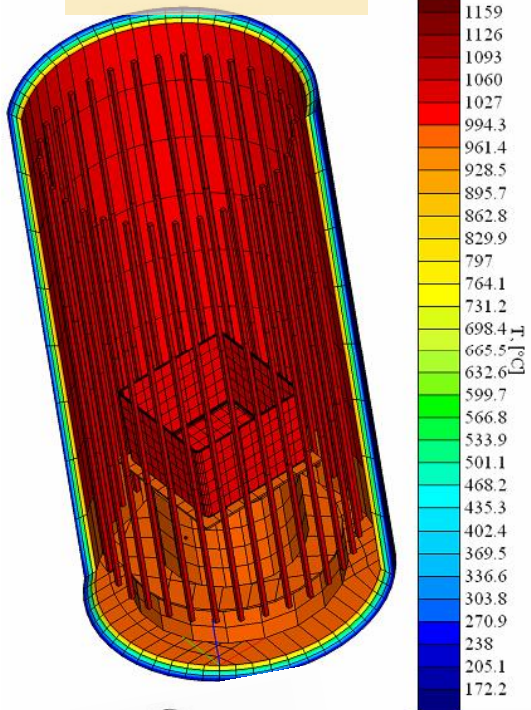
17

$\mu$

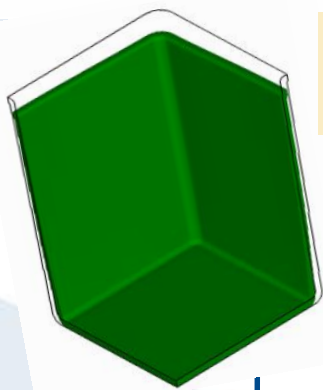


## SiO<sub>2</sub> tīģeļu sinterēšana un žāvēšana

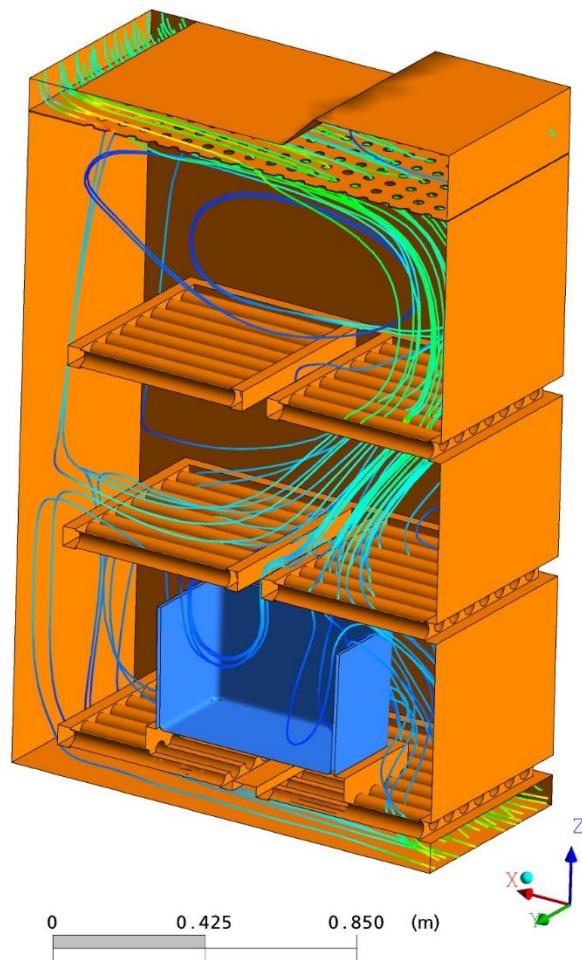
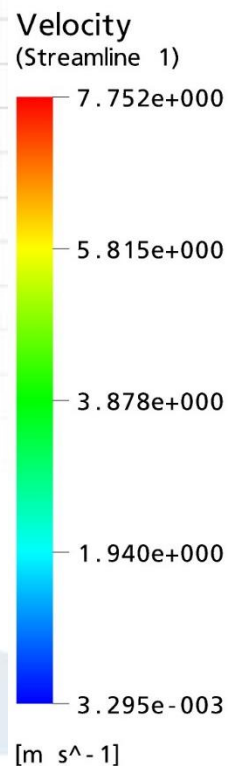
### Sinterēšana



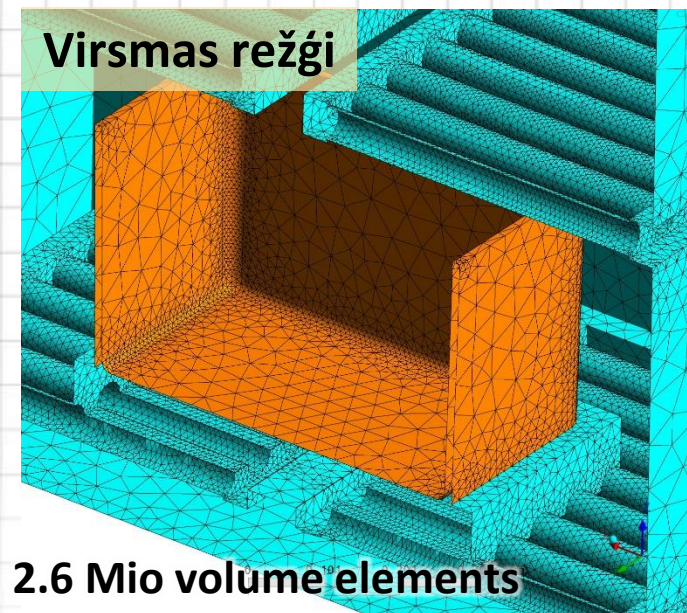
### Termiskie spriegumi un lielās deformācijas



### Gaisa plūsmas modelēšana žāvēšanas skapī

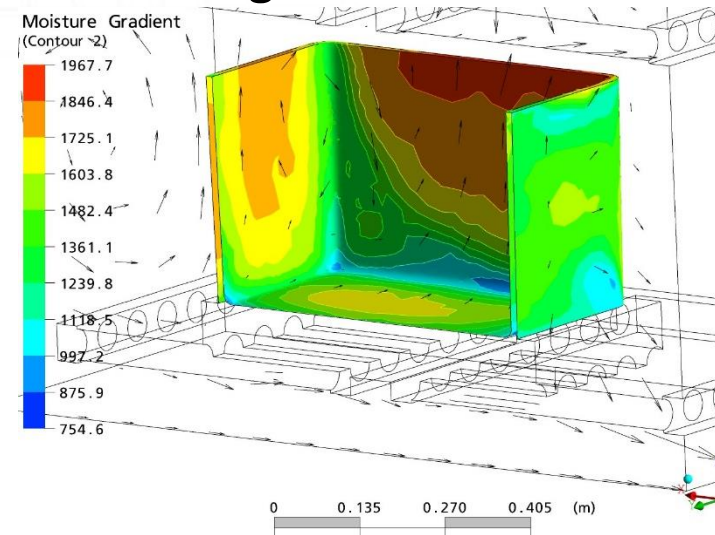


### Virsmas režģi



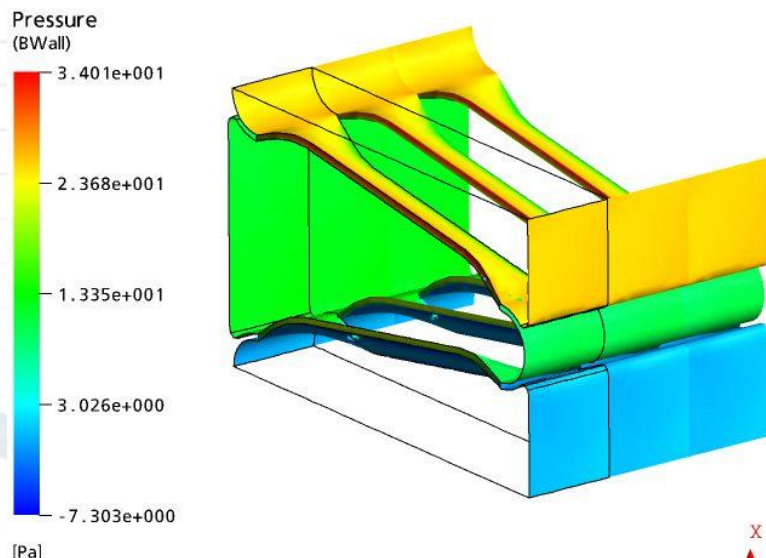
2.6 Mio volume elements

### Mitruma gradients uz virsmas

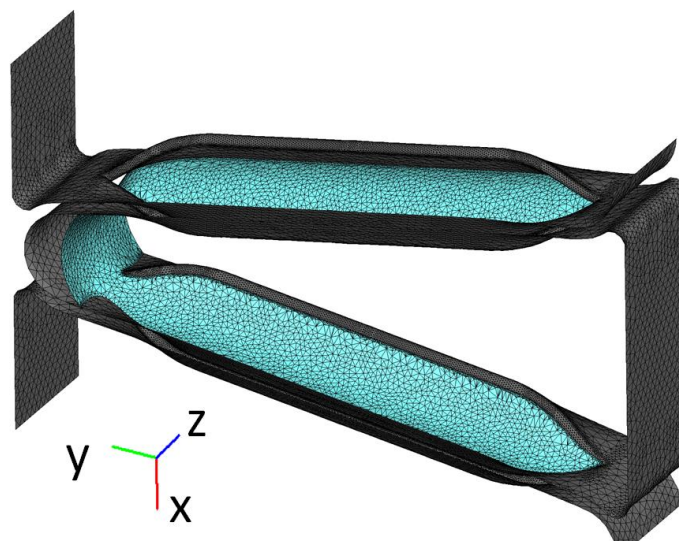


## Automašīnas kondicioniera siltummaiņa optimizācija

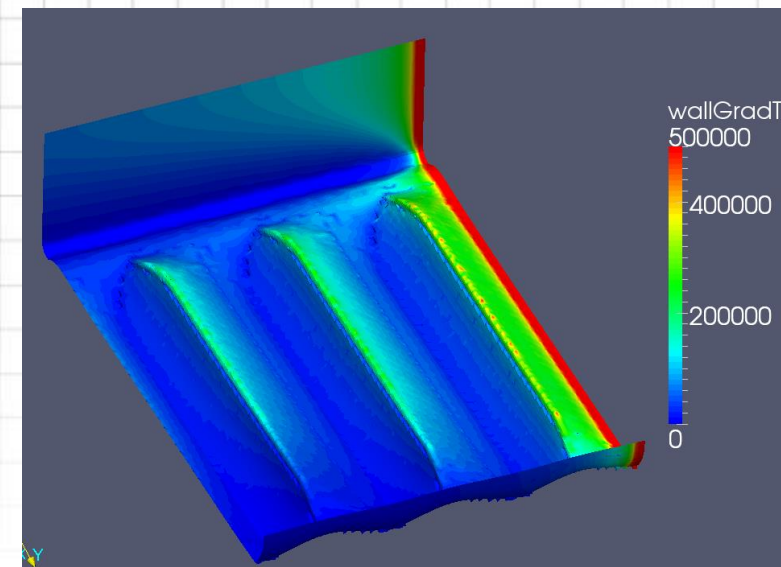
### Gaisa plūsma sausā siltummainī



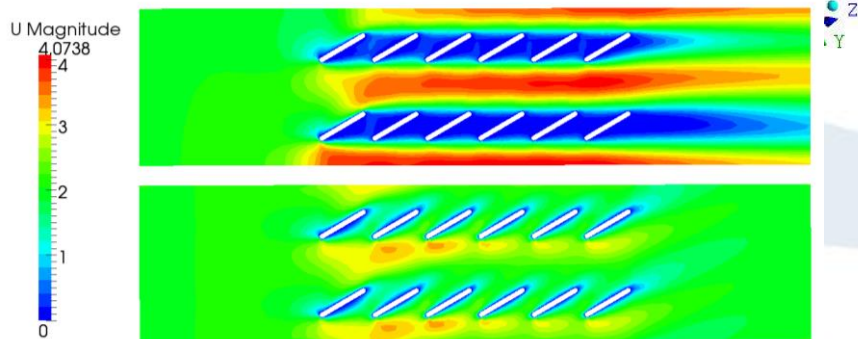
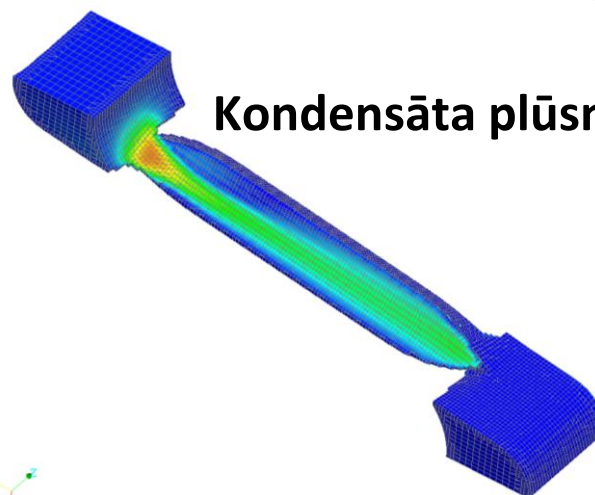
### Kondensāta brīvā virsma



### Siltuma plūsma no gaisa



### Kondensāta plūsma



# Paldies par uzmanību!

## Paldies SMI komandai, it īpaši

Vadims Geža  
Uldis Bethers  
Vilnis Frišfelds  
Kirils Surovovs  
Andris Jakovičs  
Juris Senņikovs  
Andrejs Timuhins  
Andrejs Sabanskis