

# Realitātes 3d modelēšana un tās pielietojumi

Ints Lukss

**LU 75. zinātniskā konference, sekcija „Ģeomātika”**

Rīga, 2017.gada 3.februāris



# Realitātes 3D modelēšana

"Realitāte ir tikai ilūzija, kaut arī ļoti noturīga." – Alberts Einšteins

- Realitātes 3D modelēšana: reālās pasaules objektu vai vides dokumentēšana trijās dimensijās, izmantojot lāzerskanēšanas vai fotogrammetrijas metodes
- Realitātes modeļus lietojam, lai attēlotu un analizētu reālo situāciju un/vai plānotās izmaiņas tajā. Datorizētā vidē tiek veidots vizualizējams 3D modelis, kuram datu avots ir esošā reālā vidē veiktie mērījumi
- Realitātes modelim ir plašs pielietojumu loks, sākot ar vizuālo aplūkošanu un publicēšanu, beidzot ar kalpošanu par informācijas avotu renovācijas un pārbūves projektēšanai, situācijas vai stāvokļa novērtēšanai, telpiskai analīzei, procesu kontrolei un lēmumu pieņemšanai
- Realitātes modeli var papildināt ar plānoto izmaiņu projektu, piemēram, būvniecības informācijas modelēšanas (BIM) procesā radīto būvju 3D modeļiem, tā nodrošinot plānoto izmaiņu vizuālā izskata un ietekmes izvērtēšanu
- Realitātes modeli kopā ar plānotajām izmaiņām var atdzīvināt, izmantojot fotoreālistisku animāciju



# Realitātes izgūšana

- Datu izgūšamai par reālo vidi un tās objektiem šobrīd izmanto divas metodes:
  - **Lāzerskenēšanu (LIDAR)**: attālumu un leņķu mērīšana ar telpu skenējošu lāzera staru, kas dod miljoniem telpisku lokalizētu punktu – punktu mākonī. Tā ir tieša mērīšanas metode.
  - **Fotogrametriju**: analizē reālās vides attēlus, kas ir uzņemti no vairākiem skatu punktiem, un automātiski detektē pikselus attēlā, kuri atbilst vienam un tam pašam fiziskam punktam. No daudzām šādām atbilstībām nosaka attēlu relatīvo orientāciju un fotografēto objektu 3D formu. Tā ir netieša mērīšanas metode.



# Fotogrammetrija un lāzerskanēšana

Raksturojums	Fotogrammetrija	Lāzerskenēšana
Sensors	pasīvs	aktīvs
Precizitāte (apvidus objektiem)	centimetri	milimetri
Attāluma diapazons	neierobežots	ierobežots ar iekārtas iespējām
Tekstūras atveidošana	izcila	viduvēja
Caurspīdīgu/reflektējošu virsmu atveidošana	slikta	slikta
Blīvas veģetācijas atveidošana	ierobežota	labā, ja var apstrādāt vairākus atstarojumus
Atkarība no apgaismojuma	nepieciešams labs apgaismojums	apgaismojums nav svarīgs
Datu apstrāde	automātiska	automātiska, ja lieto marķerus
Datu produkti	3D režģa modelis, punktu mākonis, ortofotokarte, digitālais virsmas modelis	punktu mākonis, 3D režģa modelis, digitālais reljefa modelis
Iekārtu izmaksas	zemas	augstas
Dronu pielietošana	neierobežota	ierobežota ar drona celjspēju
Rezultātu/iespēju uzlabošana	pilnveidojot programmatūru	nomainot iekārtu
Personāla kvalifikācijas prasības	minimālas	vidējas vai augstas



# Modernā fotogrammetrija

- Datu iegūšana
  - Dažādu digitālo kameru izmantošana: kompaktkameras, bezspoguļu kameras, spoguļkameras, videokameras, iebūvētās kameras
  - Dažādas attēlu uzņemšanas metodes: no zemes, no zemes transporta līdzekļiem, no pārlidojumiem, no aplidojumiem; dažādas šo metožu kombinācijas
  - Mazāki sagatavošanās darbi un ātrāka lauka darbu veikšana
  - Automātiska attēlu uzņemšanas plānošana un izpilde
- Datu apstrāde
  - Pilnīgi automātiska datu apstrāde ar specializētu programmatūru (Bentley Context Capture, Pix4Dmapper, Agisoft PhotoScan) vai mākoņdatošanas pakalpojumiem
  - Nav nepieciešama iepriekšēja kameras kalibrēšana
- Datu produkti
  - 3D režģa (*mesh*) modelis, 3D punktu mākonis, patiesa ortofoto karte, digitālais virsmas modelis (DTM)



# Fotogrammetrijas darba plūsma

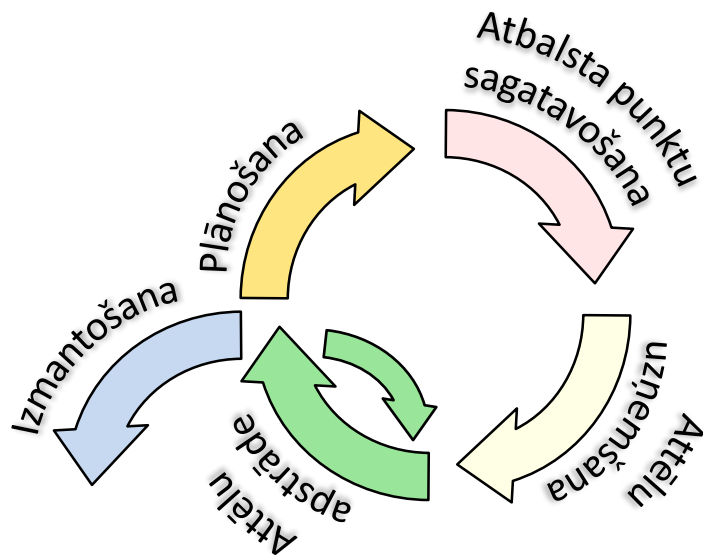
1. Attēlu uzņemšanas plānošana
2. Atbalsta punktu marķēšana un uzmērīšana
  - Nav obligāta, bet ir nepieciešama absolūtās precizitātes nodrošināšanai

3. Attēlu uzņemšana



4. Attēlu automātiska apstrāde
  - Aerotriangulācijas veikšana (saistpunktu noteikšana, attēlu pozicionēšana un orientēšana, ainas ģeotelpiskā piesaiste), 3D modeļa ģenerēšana, nepieciešamo datu produktu ģenerēšana (3D punktu mākonis, ortofoto karte, DSM)

5. Iegūto ģeodatu tālāka apstrāde un rezultātu izmantošana



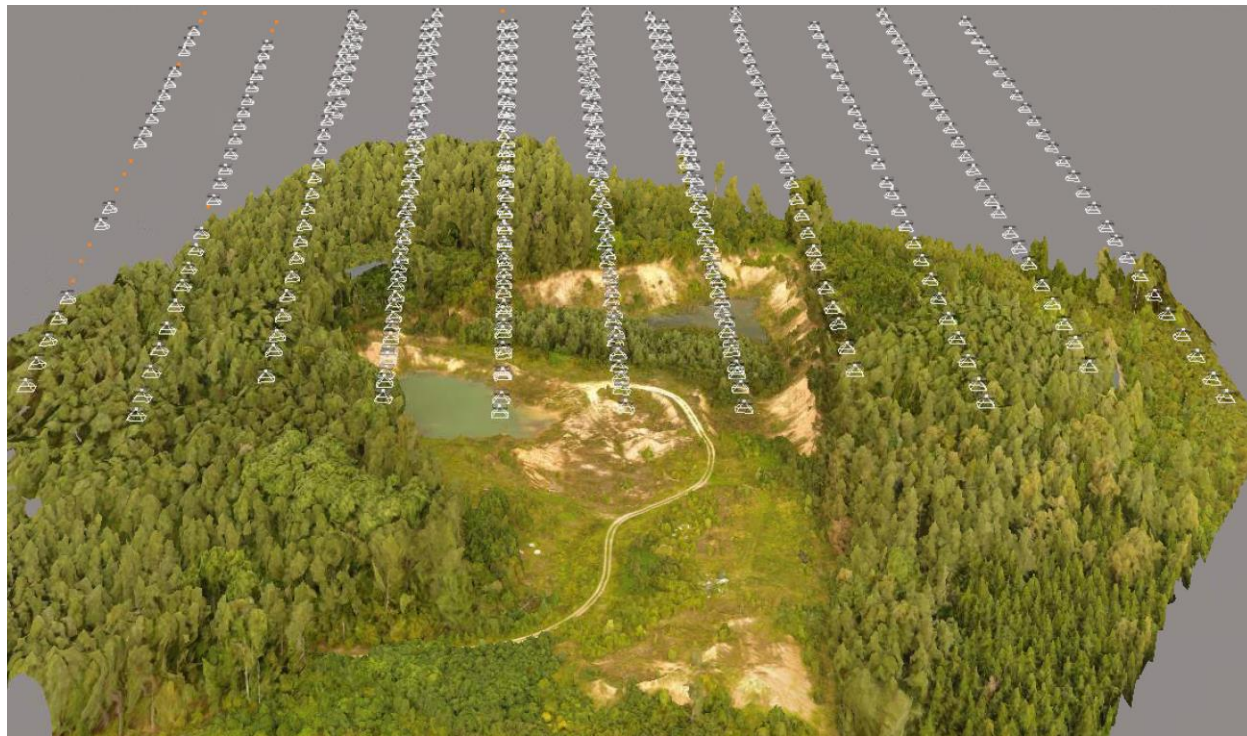
# Attēlu uzņemšanas plānošana

- Uzņemšanas plānošana ir ļoti svarīgs etaps, lai nodrošinātu pietiekamu iegūto attēlu pārklājumu un informatīvo saturu attiecībā uz apvidus objektiem
- Uzņemšanas plāni lielā mērā ir atkarīgi no reālās vides vai fizisko objektu īpatnībām: klajš apvidus ar reljefu, teritorijas ar blīvu veģetāciju (mežs), apbūvētas teritorijas, atsevišķas būves, lineāri koridora objekti (ceļi, dzelzceļi), augsti vertikāli objekti (torņi, skursteņi, masti), iekštelpas
- Katram objekta tipam ir jāizvēlas piemērotākais plāns un tā parametri, no kuriem svarīgākie ir:
  - attālums līdz objektam vai lidojuma augstums
  - pārklājuma lielums starp blakus attēliem
  - kameras orientācija
- Plānošanas procesa veikšanai uzņemšanai ar dronu ir noderīgas tādas programmas kā Pix4Dcapture, DroneDeploy u.c. Šīs programmas nodrošina arī drona lidojuma automātisku vadību



# Atklātas teritorijas uzņemšana

- Tradicionālais režģa (*grid*) lidojuma plāns
- Nepieciešamais blakus attēlu pārklājuma lielums ir atkarīgs no virsmas sarežģītības
- Automātiska drona vadīšana

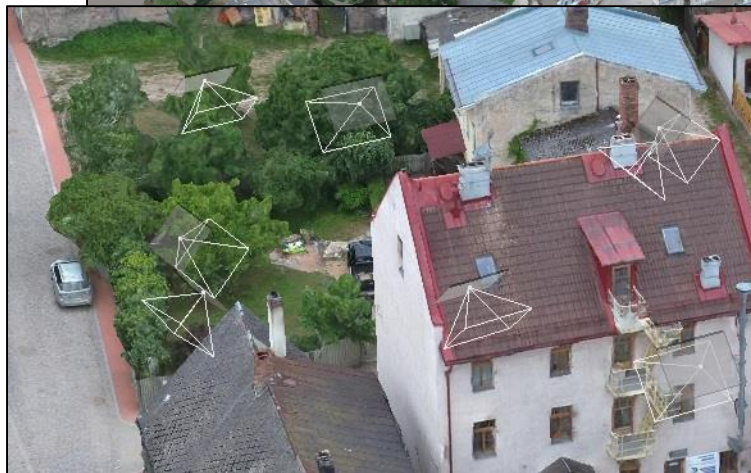
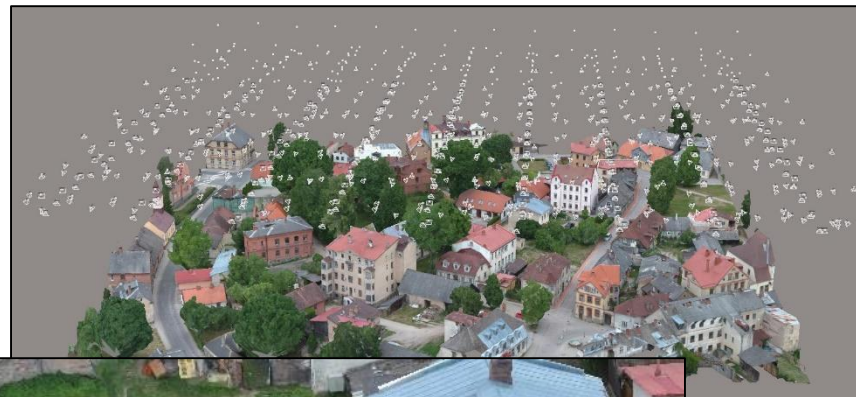






# Apbūvētas teritorijas uzņemšana

- Dubultrežģa (*double grid*) lidojuma plāns ar leņķi no vertikāles orientētu kameru, lai labāk uzņemtu fasādes
- 2x izpildot šo plānu no pretējām pusēm, iegūst 4 perpendikulārus kameras skata virzienus
- Automātiska drona vadīšana







# Lielas teritorijas uzņemšana

- Ierobežojošais faktors – drona nepārtrauktā lidojuma ilgums
- Vairāki atsevišķi lidojuma plāni, kas savstarpēji pārklājas
- Atsevišķs plāns apbūvētai teritorijas daļai
- Atsevišķs plāns ēkai
- Daļēji automātiska drona vadīšana





# Augstu vertikālu objektu uzņemšana



Manuāla drona vadīšana





# Sarežģītu objektu uzņemšana

- Kombinācija no visiem iespējamajiem uzņemšanas plāniem – režģa, aplidojumiem dažādos līmeņos, uzņemšana no zemes
- Daļēji automātiska drona vadīšana



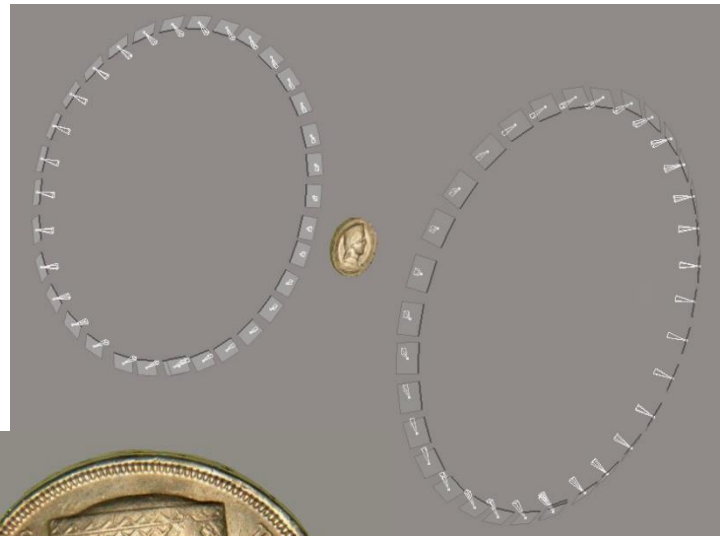
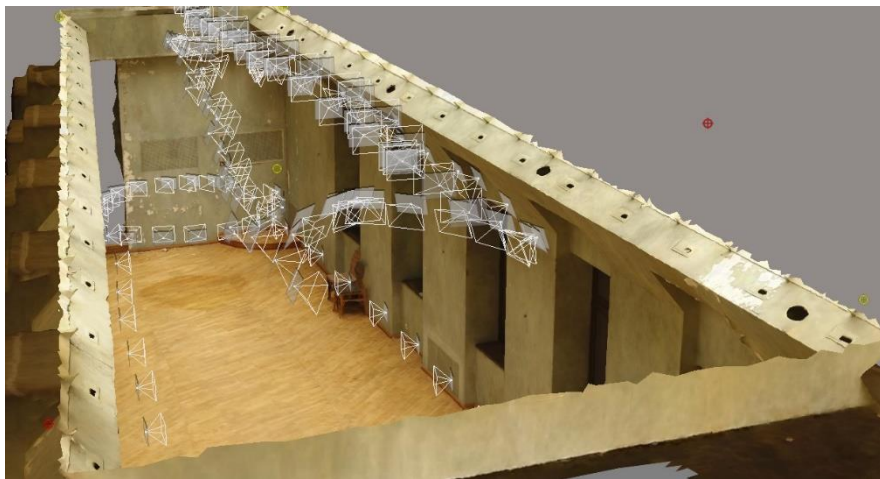




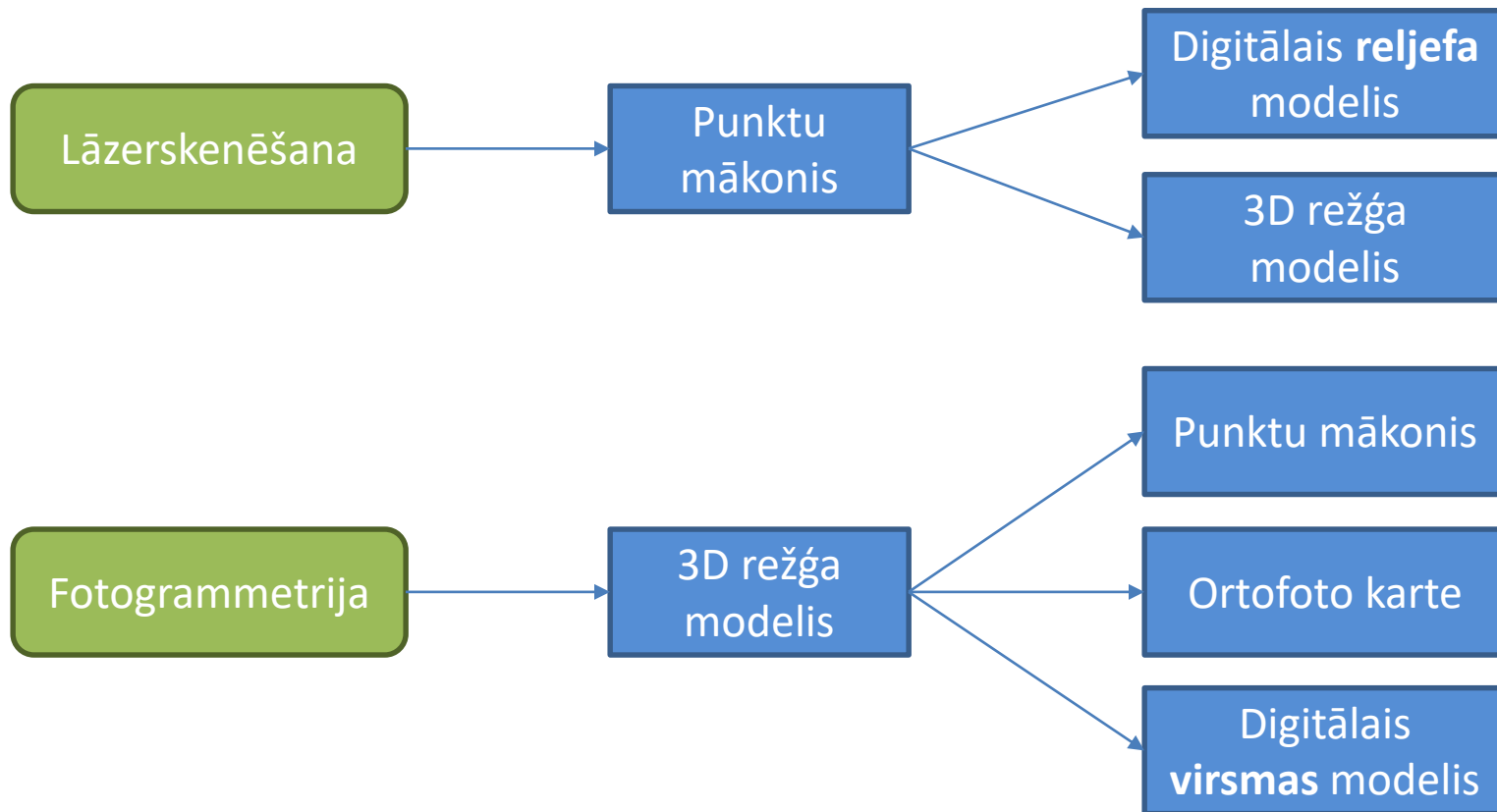


# Dažādi citi gadījumi

- Iekšējās, skulptūras, artefakti, monētas...
- Uzņemšana ar fotokameru, var tikt izmantots arī drons



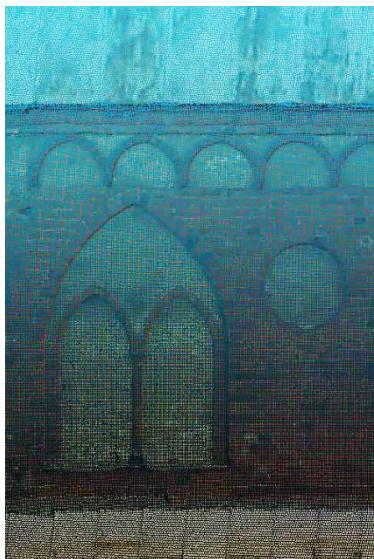
# Datu produkti



# Punktu mākonis un 3D režģa modelis

## Lāzerskenēšana

Punktu mākonis



3D režģa modelis

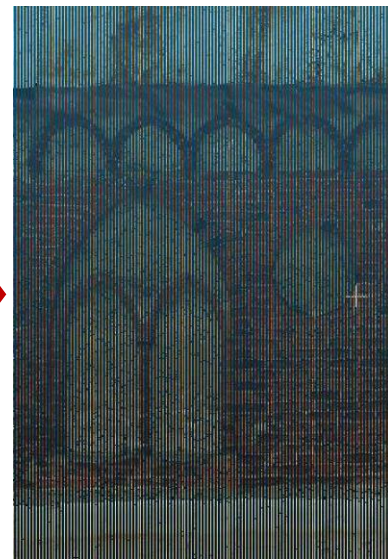


## Fotogrammetrija

3D režģa modelis



Punktu mākonis



# 3D modeļa pielietojumi

- Tieša izmantošana
  - Modeļa aplūkošana (mērogošana, rotācija, pārvietošana, mērīšana, izmantošana par fonu): situācijas un tehniskā stāvokļa apsekošana, izmaiņu konstatēšana, kultūrvēsturisko objektu dokumentēšana, norakumu un uzbērumu apjomu noteikšana, lēmumu pieņemšana, rīcības plānošana avārijas situācijās u.c.
- Atvasinātie produkti
  - Būvniecības informācijas modelēšana (BIM)
  - Digitālais pilsētas modelis
  - Telpiskā analīze
- Publicēšana
  - Atsevišķo objektu vai teritoriju ievietošana portālos
  - Lielu teritoriju un datu apjomu publicēšana internetā





# Objektu tehniskā stāvokļa apsekošana



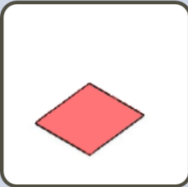
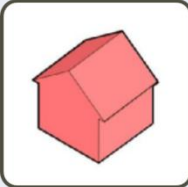
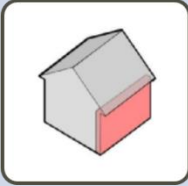
# Būvniecības informācijas modelēšana

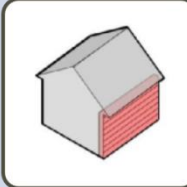
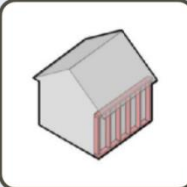
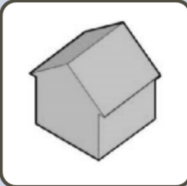
## 3D modeļu izmantošana BIM procesā

- Esošās situācijas modelis kā izejas dati rekonstrukcijai, konceptuālam un detālam projektam
- Būvlaukuma modelēšana būvniecības uzraudzībai un kontrolei
- Gatavās būves modelis (*as built*) izpilddokumentācijai
- Būves modelēšana ekspluatācijai un uzturēšanai, kā arī tehniskā stāvokļa uzraudzībai



# Detalizācijas līmeņi BIM

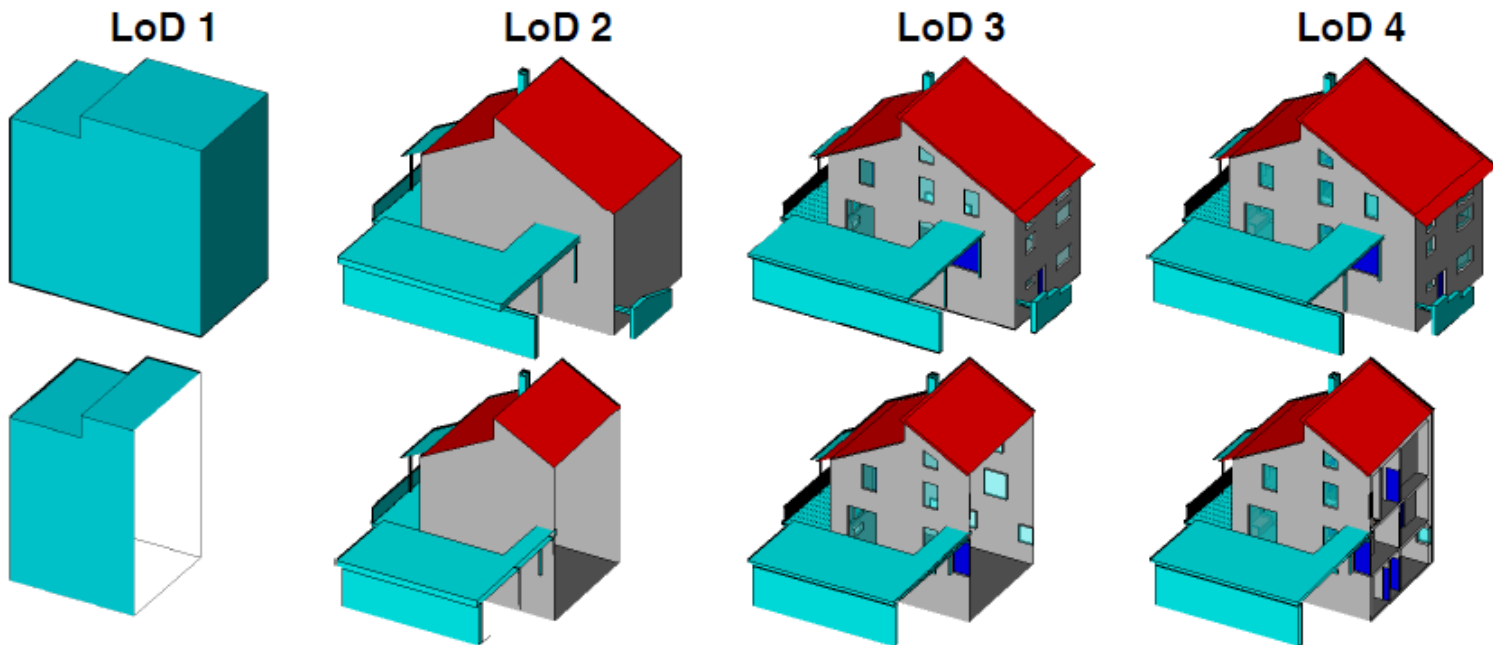
UK	USA	Skaidrojums	
LOD 1		Būvniecības iecere un novietojums – komunikācijai un ierobežojumu noteikšanai	
<b>LOD 2</b>	LOD 100	Konceptuālais projekts – apjoms, platības, orientācijas un izmaksu sākotnējais novērtējums	
<b>LOD 3</b>	LOD 200	Ģenerālpplāns – precizēti daudzumi, apjomi, formas, platība un orientācija	

UK	USA	Skaidrojums	
LOD 4	LOD 300	Tehniskais projekts – pabeigts arhitektūras risinājums, precīzs izmēros un novietojumā, gatavs izvērtēšanai	
LOD 5	LOD 400	Konstrukcija – precīzs konstrukciju modelis, kas atbilst būvkonstrukciju prasībām	
<b>LOD 6</b>	LOD 500	Izpildokumentācija – kā uzbūvēts	



# Detalizācijas līmeņi pilsētu 3D modeļos

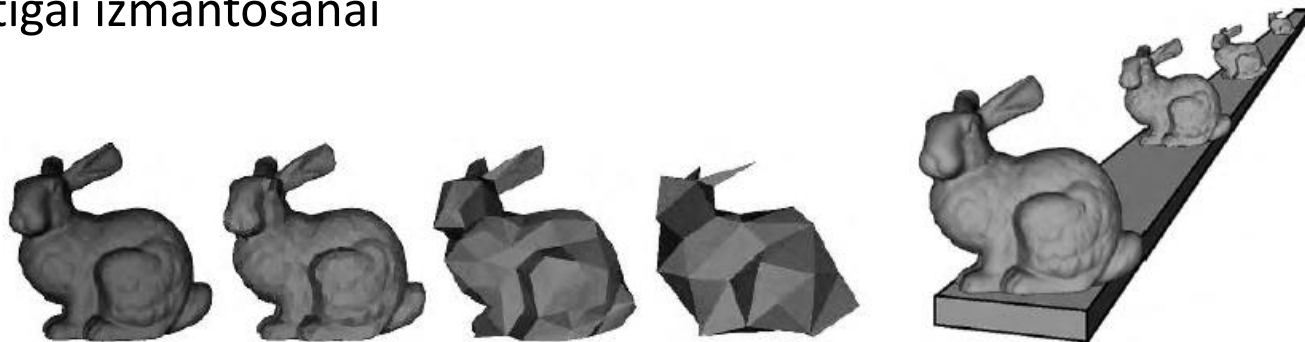
Nosaka CityGML standarts





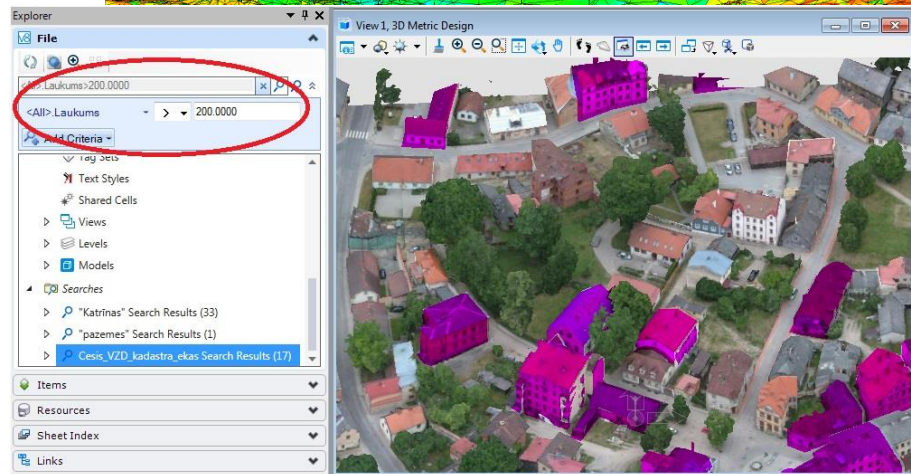
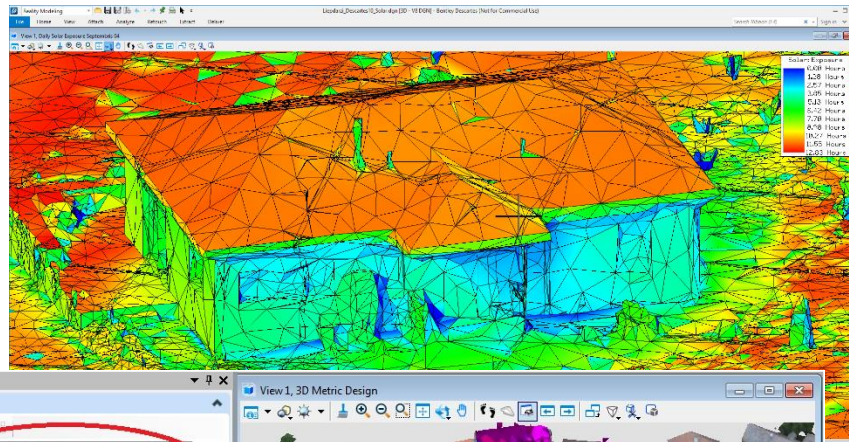
# 3D režģa modeļa detalizācijas līmenis

- Detalizācijas līmenis ir orientēts uz reprezentācijas mērogu un var būt nepārtraukts pretstatā CityGML un BIM standartizētiem LOD, kas ir diskreti
- Nepārtraukts LOD dod iespēju attīstīt straumējamus datu formātus
- Konvērtēšana no nepārtraukta LOD uz diskretu (ģeneralizācija) nav vienkārša un nav pilnībā automatizējama, tādēļ konkrētiem pielietojumiem ir jāizvērtē tās nepieciešamība
- Problēma – CAD un ĢIS programmatūrā šobrīd trūkst rīku 3D režģa modeļu pilnvērtīgai izmantošanai



# Citi datu produkti un pielietojumi

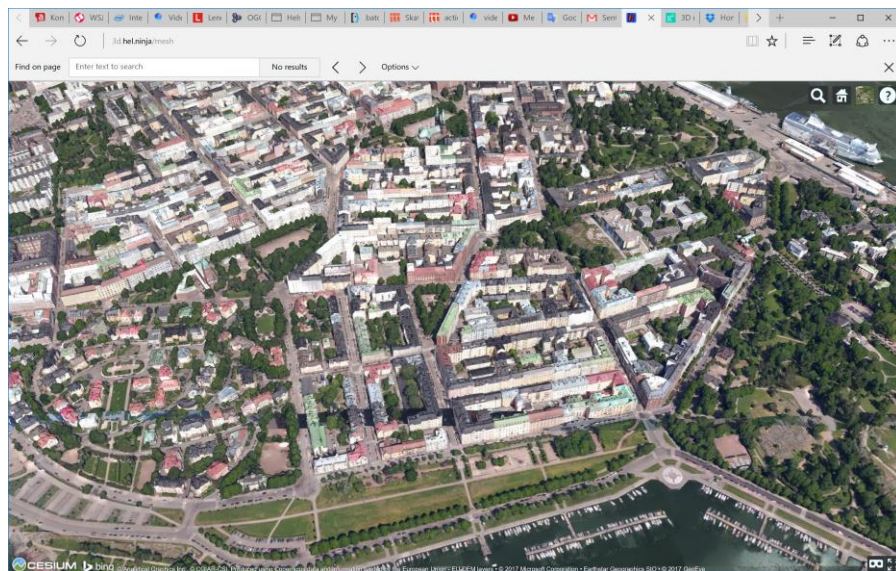
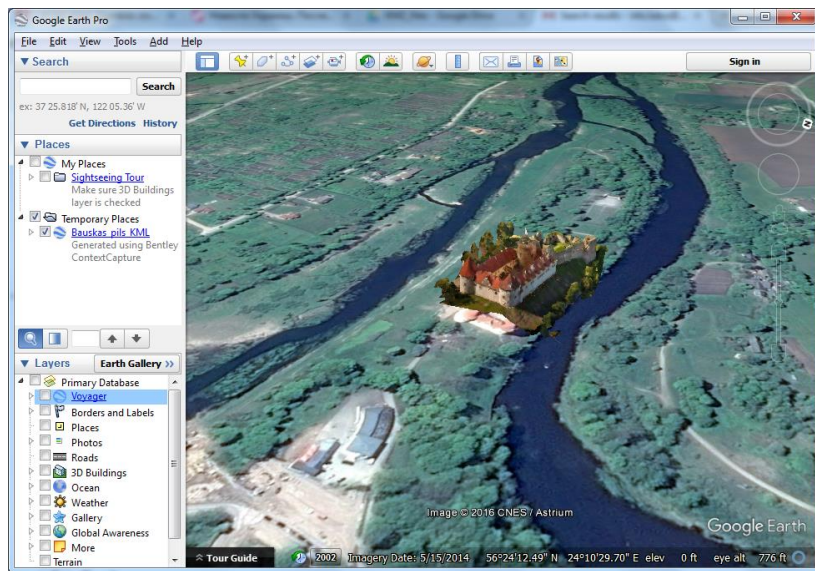
- Pilsētplānošana
- Būvju apjoma noteikšana un 3D kadastrs
- Telekomunikāciju attīstības plānošana (redzamība)
- Palieņu noteikšana un plūdu prognozēšana
- Saules enerģijas potenciāla novērtēšana
- Vēju simulācija
- Trokšņu kartēšana
- Avārijas situāciju pārvaldība
- NĪ brokeru piedāvājumi klientiem
- Tūrisma informācija
- Realitātes spēles un simulācijas utt.



# 3D modeļu publicēšana

- Atsevišķu objektu un teritoriju publicēšana:
  - Apskate ar pārlūkiem, kas atbalsta WebGL, vai citiem risinājumiem, kas balstās uz interneta saturu (piem. Google Earth)
  - Pielieto arhitektūras objektu, kultūras pieminekļu, muzeju eksponātu, artefaktu pieejamības nodrošināšanai, kā arī 3D modeļu komercijai

- Pilsētu un lielu teritoriju publicēšana:
  - Priekšnosacījumi: datu formātam jānodrošina liela apjoma datu glabāšana un straumēšana funkcijas, kā arī atbilstoši interneta servera risinājumi
  - Tuvākais piemērs: Helsinku pilsētas 3D modelis 2 versijās : CityGML un 3D režģa modelis  
<http://kartta.hel.fi/3d/>  
<http://3d.hel.ninja/mesh/>



# Liela apjoma 3D satura datu standarti

OGC – [opengeospatial.org](http://opengeospatial.org)

Standarts vai priekšlikums	OGC Statuss	Iesniedzējs	Nolūks	Datu tipi
CityGML 2.0.0	Pieņemts 09.03.2012	Special Interest Group 3D	Informācijas modelis XML kodējumā virtuālo 3D pilsētu un apvidus modeļu reprezentācijai, glabāšanai un apmaiņai	LOD 0 – LOD 4, ar vai bez tekstūrām
KML 2.3	Pieņemts 01.10.2015	Google, Inc.	XML pieraksts ģeogrāfisko datu reprezentācijas kodēšanai un nodošanai, lai tos attēlotu zemes pārļūkā (Google Earth)	Punkti, līnijas, poligoni, kompleksi, attēli un to piramīdas, 3D COLLADA modeļi utt.
3D Tiles	Iesniegts 04.08.2016 Nodots komentēšanai 29.08.2016	Analytical Graphics, Inc.	Lielu heterogēnu 3D ģeotelpisko datu kopu straumēšanai	3D modeļi, punktu mākoņi, vektordati, kompozīti no augšminētajiem
Indexed 3d Scene Layer (i3s)	Iesniegts 20.09.2016 Nodots komentēšanai 16.11.2016	ESRI	Lielu heterogēnu 3D ģeotelpisko datu kopu straumēšanai	3D objekti, lieli nepārtraukti režģa modeļi, 3D vektora punkti, punktu mākoņi





# Paldies par uzmanību!

Modeļi, kurus parādījām, un vēl citi mūsu izveidotie modeļi ir aplūkojami:

[demo.mikrokods.lv](http://demo.mikrokods.lv)

