

Modernā fotogrammetrija – realitātes iegūšana ģeodatu apstrādei

Ints Lukss, Ervins Stūrmanis

BIM and Beyond – Baltic Tour
Viļņa-Rīga-Tallina, 2016.gada 18.-20.oktobris

Realitātes iegūšana – ko tas nozīmē?

- "Realitāte ir tikai ilūzija, kaut arī ļoti noturīga." – Alberts Einšteins
- Iespējams, ka termins pirmo reizi lietots publikācijā: High-definition surveying (HDS): a new era in **reality capture** (2004) by Erwin Frei , Jonathan Kung , Richard Bukowski in: Proceedings of ISPRS Workshop Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment
- "Korekts termins ir **datu iegūšana**. Neviena no mums neiegūst realitāti. "Reality capture", "capture reality" – abi vienkārši ir marketingā lietoti termini. Tās ir labas frāzes marketingā un es ceru ka neviena pilnībā tām netic..." – Matt Young
- Realitātes iegūšana: ar lāzerskanēšanu vai fotogrammetriski dokumentēti aktīvi vai vide trijās dimensijās – esošās (ne virtuālās) realitātes 3D dokumentēšana

Modernā fotogrammetrija

- Fotogrammetrijas tehnoloģijas attīstība pēdējās desmitgades laikā:
 - Kompaktas augstas izšķirspējas digitālas foto un video kameras
 - Jauni algoritmi attēlu savstarpējās korelācijas noteikšanai
 - Jaudīgi standarta datori un grafiskie procesori
 - Viegļāki un kompaktāki sensori telpiskās atrašanās vietas un orientācijas noteikšanai: GPS, mikroelektromehāniskie sensori sensors - MEMS (žieoskopi, akcelerometri, kompasi, barometri u.c.)
 - Bezpilota lidaparāti (droni) ar automātisku lidojuma vadību
- Ieguvumi:
 - Paplašinātas digitālās fotogrammetrijas pielietošanas iespējas dažādās nozarēs
 - Zemu izmaksu fotogrammetrija, kas ir pieejama arī neprofesionāļiem
 - Dronu un citu mehānisko transporta līdzekļu izmantošana datu iegūšanas procesā
 - Paplašinātas reālās pasaules modelēšanas iespējas

Modernās fotogrammetrijas iezīmes

- 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
 - Patiesa ortofoto karte, 3D punktu mākonis, digitālais virsmas modelis (DTM), 3D režģa modelis (mesh) modelis

Salīdzinājums ar lāzerskanēšanu

Salīdzinot ar 3D skanēšanu, datu iegūšanai ir nepieciešama vienkārša fotokamera nevis dārga speciālā iekārta. Tas dod vairākas būtiskas priekšrocības:

- Lauka darbus ar fotokameru var veikt operators, kas nav eksperts, pat sarežģītos un grūti kontrolējamos apstākļos: bez tripoda, neievērojot stingru attālumu diapazona kontroli, nelabvēlīgos laika apstākļos, ...
- Pretēji vairumam 3D skaneru fotokamera dod augstas izšķirtspējas krāsu informāciju, kuru var attēlot uz rekonstruētās ģeometrijas, izveidojot reālistisku fototeksturētu 3D modeli.
- Atšķirībā no 3D skaneriem, var nodrošināt objektu rekonstrukciju plašā mērogu (izšķirtspējas) diapazonā – no dažiem centimetriem līdz kilometriem.

Bet ir arī apstākļi, kuros lāzerskenēšanai ir neapšaubāmas priekšrocības, jo šeit tiek izmantots aktīvs sensors

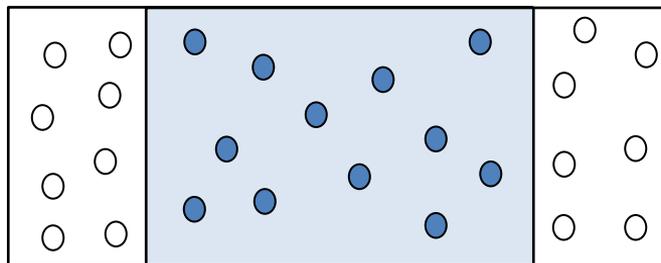
Darba plūsma

1. Attēlu uzņemšanas plānošana
 - Balstās uz attēlu apstrādes metožu nosacījumiem
 - Lidojumu plānošanu var veikt ar programmatūru (piem. Pix4Dcapture, DroneDeploy), kuru pašu vai kuras rezultātus var izmantot lidojuma automātiskai vadīšanai
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 (ortofoto karteo, DTM, 3D punktu mākonis)
5. Iegūto ģeodatu tālāka apstrāde un rezultātu izmantošana



Attēlu uzņemšana plānošana

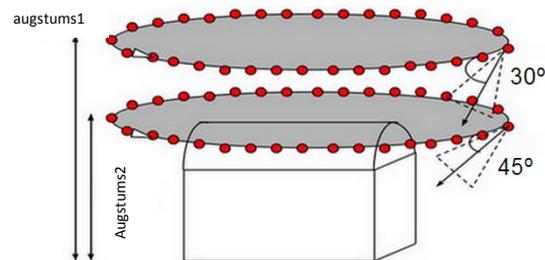
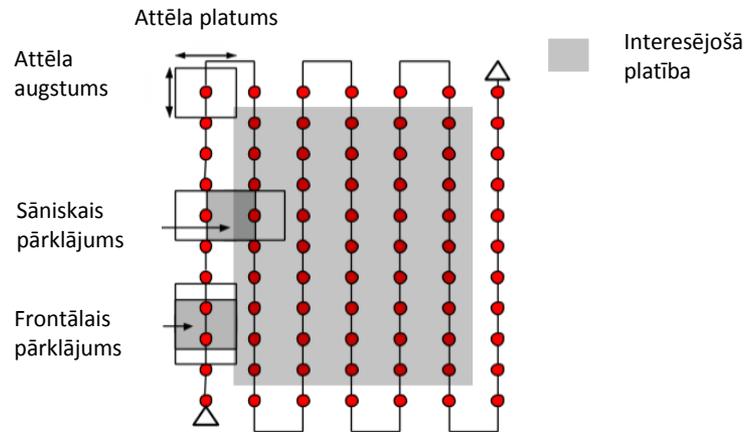
- Kardināli ietekmē attēlu apstrādes darbietilpību, rezultāta kvalitāti un pilnīgumu
- Mērķis: nodrošināt pēc iespējas lielāku kopējo punktu (saistpunktu) skaitu attēlos, pēc kuriem apstrādē notiek kameras kalibrēšana, tās pozīcijas un orientācijas noteikšana
- Atšķirībā no tradicionālās fotogrammetrijas tiek izmantots daudz lielāks saistpunktu skaits (> 1000) katram attēlu pārim (salīdzinot ar dažiem līdz dažiem desmitiem punktu tradicionālajā fotogrammetrijā)
- Liels saistpunktu skaits nodrošina iespējas apstrādes laikā novērtēt daudz vairāk nezināmo parametru nekā tradicionālajā fotogrammetrijā, tai skaitā veikt kameras automātisku kalibrāciju



>1000 saistpunkti
75% pārklājums

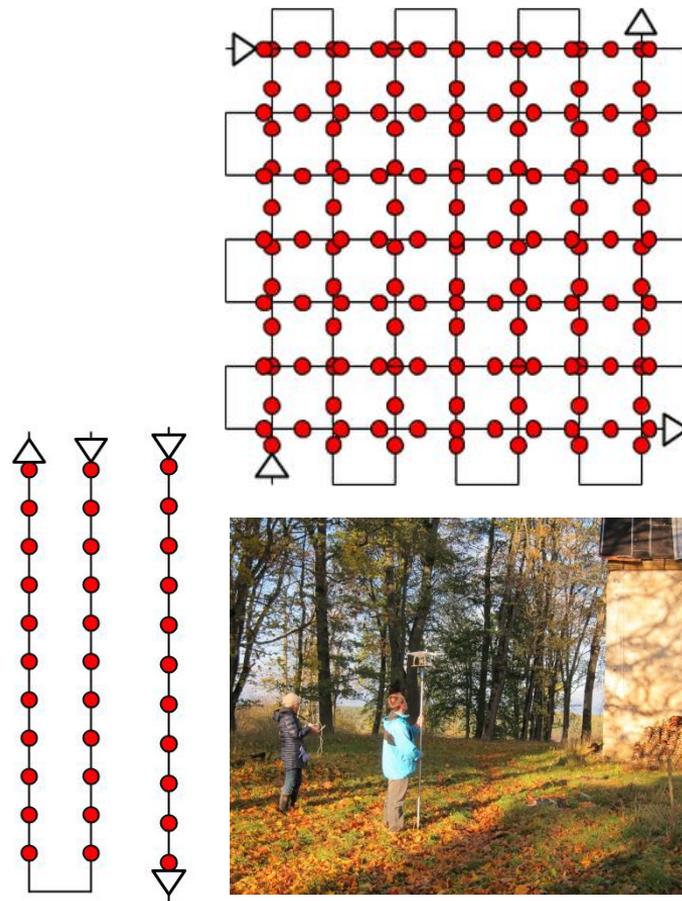
Lidojumu (uzņemšanas) plāni

- Režģa plāns (vertikālā vai slīpā skatā)
 - Optimāls platībām un virsmām
 - Rezultāts: ortofoto karte, digitālais virsmas modelis
 - Rekomendācijas:
 - 75% frontālais pārklājums
 - 60% sāniskais pārklājums
 - Pēc iepējas regulārs režģis un konstants augstums
- Aplidošanas plāns
 - Optimāls ēkām un individuāliem objektiem
 - Rezultāts: punktu mākonis, 3D modelis
 - Rekomendācijas:
 - Viens attēls ik pa 5-10°
 - Vairāk attēlu uz ēkas stūriem



Lidojumu (uzņemšanas) plāni

- Dubultrežģa plāns
 - Optimāls apbūvētām teritorijām
 - Ēku fasāžu rekonstrukcijai kameras vērsums 10-35° no vertikāles
- Citi plāni
 - Koridora uzņemšanai (ceļi, dzelzceļi) rekomendē turp-atpakaļ maršrutu (*dual pass*) ar vertikālu vai slīpu skatu vai viena virziena maršrutu (*single pass*), bet tad ar 90% pārklājumu
 - Cirkulāri vai spirālveida maršruti vertikāliem objektiem (torņi, skursteņi, masti)
 - Uzņemšana no zemes
 - Dažādas šo plānu kombinācijas



Bentley ContextCapture

- ContextCapture[®] ir programmatūras risinājums, kas ļauj iegūt augstas izšķirspējas 3D modeļus no vienkāršiem fotoattēliem bez jebkādas cilvēku iejaukšanas.
- ContextCapture analizē statistisku objektu attēlus, kas ir uzņemti no vairākiem skatu punktiem, un automātiski detektē pikseļus, kuri atbilst vienam un tam pašam fiziskam punktam. No daudzām šādām atbilstībām nosaka attēlu relatīvo orientāciju un fotografēto objektu 3D formu.
- Sekmīgai ContextCapture lietošanai ir nepieciešama tikai dažu fotogrammetrijas un ģeodēzijas principu zināšana.
- ContextCapture pielieto modernās fotogrammetrijas principus, attēlu apstrādes un ģeometrisko aprēķinu algoritmus, lai izpildītu industrijas kvalitātes prasības attiecībā uz precizitāti, mērogojamību, efektivitāti, pielietojamību, robustumu un sadarbību.

ContextCapture darba plūsma

1. Jauna projekta izveidošana un uzņemto attēlu ielādēšana datorā no fotokameras
2. Pirmā aerotriangulācija – tiek iegūta ainu iekšējā orientācija
 - Nav koordinātu datu
 - Izmantojot GPS datus no attēlu EXIF metadatiem
 - Izmantojot GPS datus no ārējā faila
3. Kontrolpunktu pievienošana (neobligāta)
4. Otrā aerotriangulācija, kura precīzi novieto attēlu blokus koordinātu sistēmā pēc kontrolpunktiem (neobligāta)
5. Modeļa rekonstrukcija vēlamā formātā:
 - 3D režģa modelis
 - 3D punktu mākonis
 - ortofoto

Aerotriangulācijas rezultātu apskate

ContextCapture Master - Desktop edition [Maja.ccm]

Project Block Reconstruction Production Tools Help

contextcapture™

Warning: your license works in offline mode. If the license server cannot be contacted, your license will expire in 7 day(s).

1- PHOTOS 2- CAMERA PROPERTIES 3- AEROTRIANGULATION 4- RECONSTRUCTION SETTINGS 5- PRODUCTION The workflow is complete.

Maja > Block_1 - AT

Maja

- Block_1
 - Block_1 - AT
 - Reconstruction_1
 - Maja_1

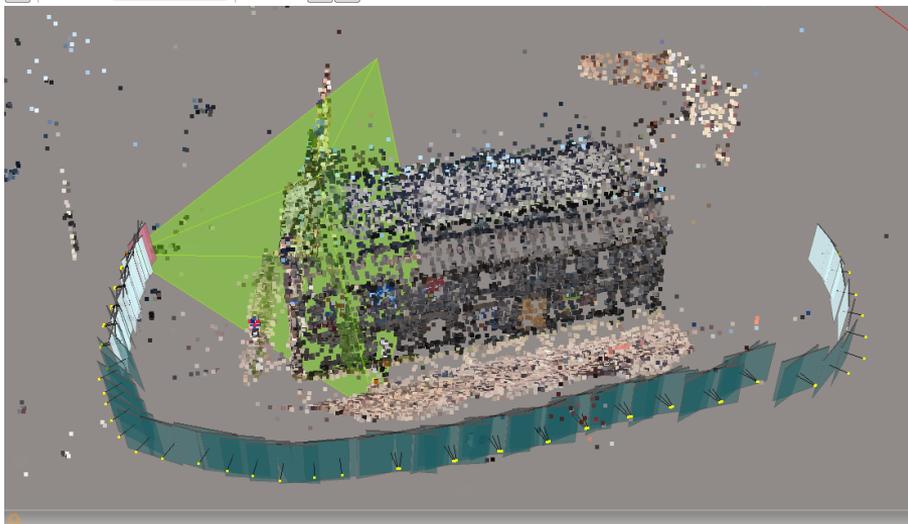
Block - Block_1 - AT

Result of aerotriangulation of Block_1 (2016-Apr-07 11:47:44)

68 photo(s), 0 control point(s), 0 user tie point(s)

General Photos Control points Tie points Additional data 3D view

Show photos In main component Camera size



Preview [View](#) | [Open](#)

Photo

Name

Directory

Date taken

Size

Mask file

Component

Pose

Spatial reference system: *Not georeferenced*

Position X

Y

Z

Rotation

Photogroup

Name

Directory

Rekonstruējamā apgabala norādīšana

ContextCapture Master - Desktop edition [Maja.ccm*]

Project: Block Reconstruction Production Tools Help

Warning: your license works in offline mode. If the license server cannot be contacted, your license will expire in 7 day(s).

1- PHOTOS 2- CAMERA PROPERTIES 3- AEROTRIANGULATION 4- RECONSTRUCTION SETTINGS 5- PRODUCTION

The workflow is complete.

Maja > Block_1 - AT > Reconstruction_2

Maja

- Block_1
 - Block_1 - AT
 - Reconstruction_1
 - Maja_1
 - Reconstruction_2

Reconstruction - Reconstruction_2

enter your description here

No tiling, highest precision

General Spatial framework Reconstruction constraints Reference 3D model Processing settings

Spatial Reference System (SRS)

Spatial reference system: *This reconstruction is not georeferenced.*

Region of interest

Bounding box:

X (units): min	2.514663	max	33.582901	Import from KML...
Y (units): min	-34.735653	max	16.487261	
Z (units): min	-5.600000	max	19.375031	

Dimensions: 31.0682 units x 51.2229 units x 24.975 units

Tiling

Mode: **No tiling** Do not subdivide reconstruction.

Options

Tile size: 25 units

Please adjust the tile size so that the expected maximum RAM usage is suitable for your configuration.

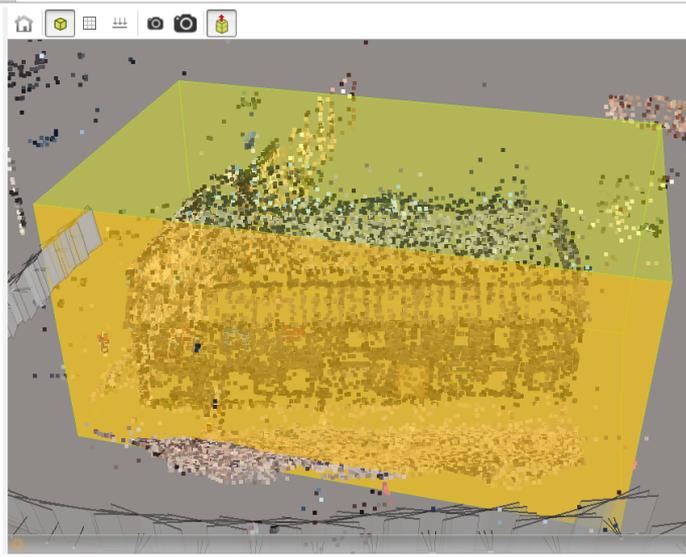
Discard empty tiles

Overview

The tiling contains **1 tile(s)**

Expected maximum tile texture size: **36.8 Mpixels**

Expected maximum RAM usage per job: **4 GB**



Nepieciešamā produkta izvēle

Production definition

Production definition

Define parameters of the new production.

Name

Purpose

Format/Options

Spatial reference...

Extent

Destination

Purpose

Choose the purpose of the production to submit.

Purpose of production

3D mesh

Produce a 3D model optimized for visualization and analysis in third-party software.
Produce the reference 3D model too.

3D point cloud

Produce a colored point cloud for visualization and analysis in third-party software.
Produce the reference 3D model too.

Orthophoto/DSM

Produce interoperable raster layers for visualization and analysis in third-party GIS/CAD software or image processing tools.

3D mesh for retouching

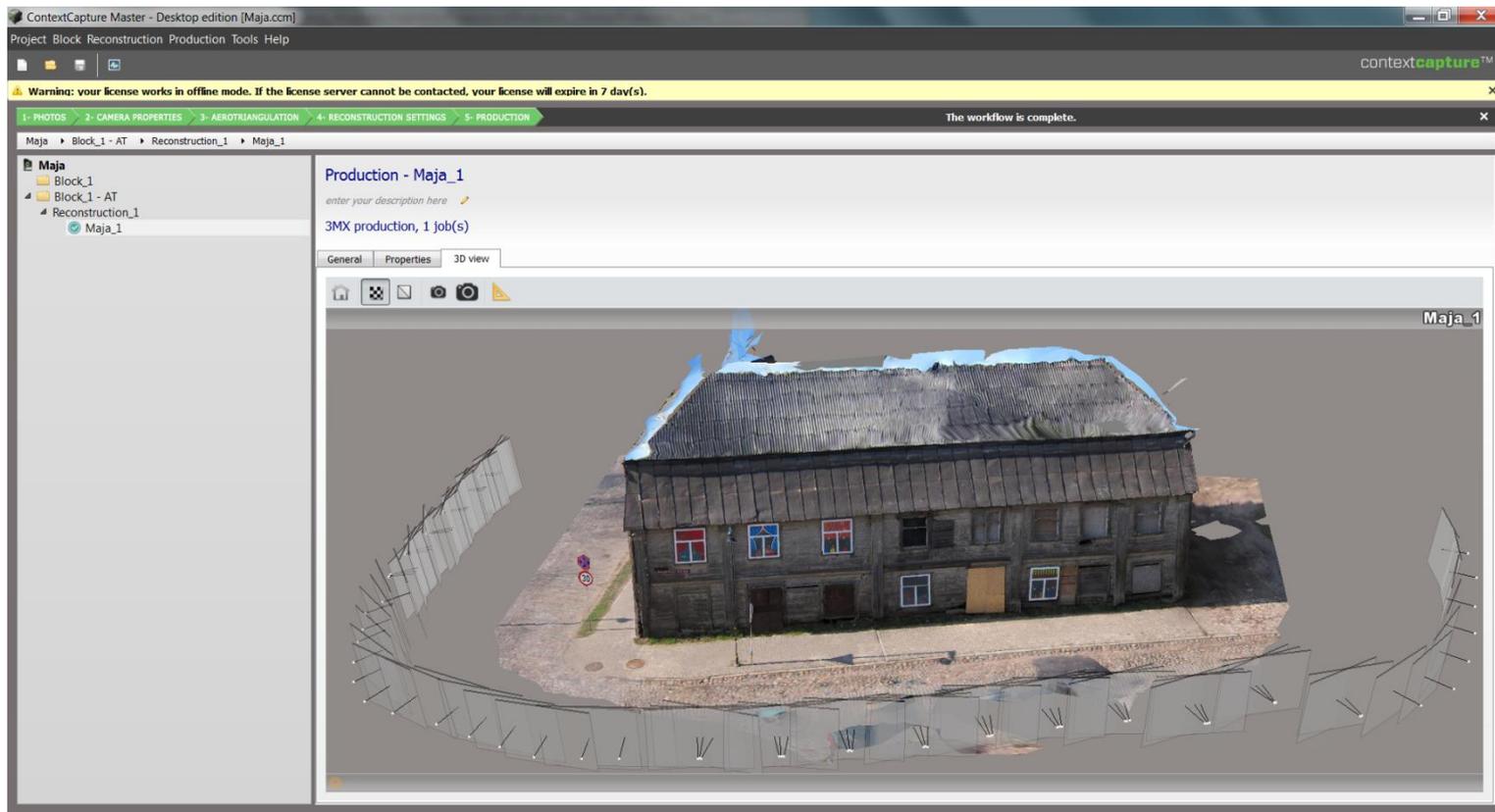
Produce and export the reference 3D model for editing in a third-party software and importing back into ContextCapture Master for later productions. A margin is specially included.

Reference 3D model only

Produce a 3D model which can be used only inside ContextCapture Master, for quality control and as a cache for later productions.
The reference 3D model is needed for orthophoto/DSM productions.

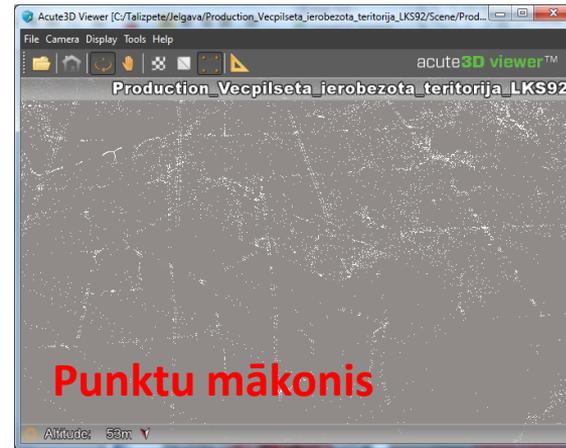
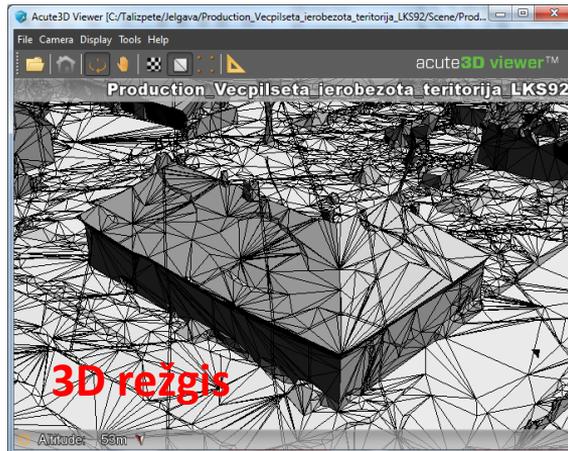
< Back **Next** Submit Cancel

Rekonstrukcijas rezultātu apskate



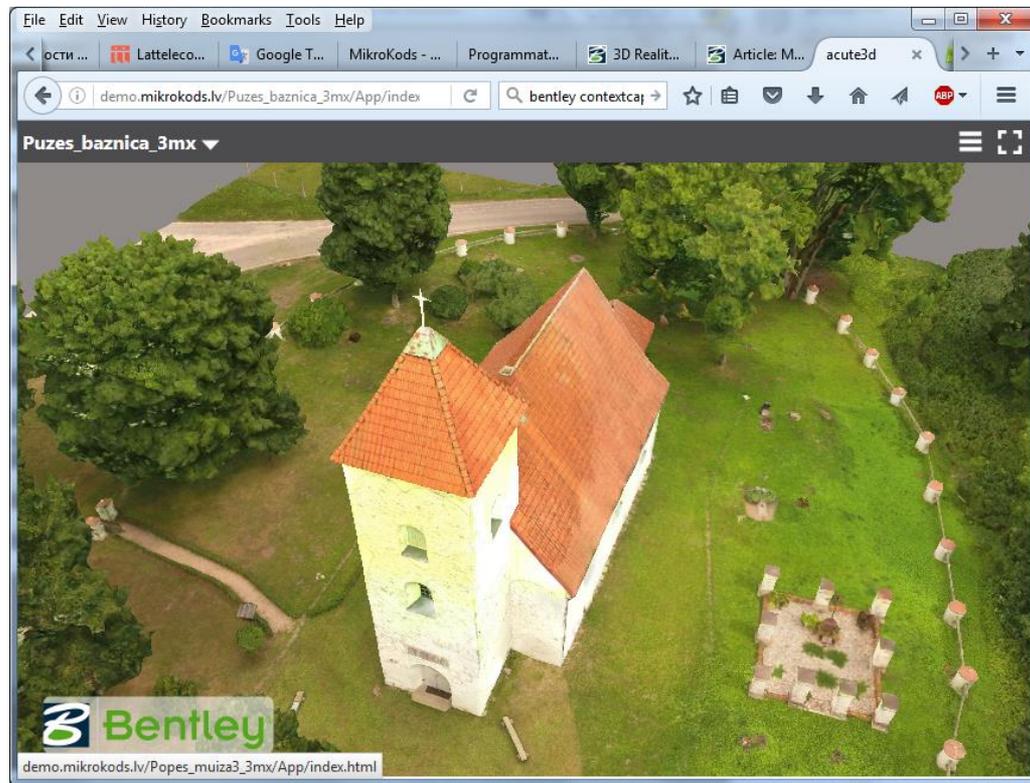
Acute3D Viewer

- Acute3D Viewer dod iespēju ērti pārskatīt 3D režģa (Mesh) realitātes modeļus, kas izveidoti ar Bentley Context Capture, jebkurā mērogā un veikt tajos precīzus mērījumus. Tajā var vienkārši ieslēgt un izslēgt fototekstūras, triangulētās virsmas un punktu mākoņus, lai labāk saprastu modelī atspoguļoto realitāti.



3D modeļu publicēšana internetā

- Bentley ContextCapture nodrošina 3D modeļa sagatavošanu publicēšanai WebGL formātā, kuru izmanto vadošie WEB pārlūki (Firefox, Chrome, Microsoft Edge, Safari) un nodrošina 3D modeļu ātru attēlošanu uz relatīvi lēniem datoriem
- Noder 3D informācijas prezentācijai (publiskas apspriešanas, tūrisma portāli utt.)



Tehnoloģijas pielietošanas jomas

- Situācijas fiksācija pirms rekonstrukcijas vai jaunas apbūves
- Būlaukuma uzraudzība un būves izpildes dokumentēšana
- Kadastra datu aktualizēšana un neregistrētas/nelikumīgas apbūves konstatēšana
- Topogrāfiskās uzmērīšanas datu papildināšana
- Inženierkomunikāciju inspekcija un uzmērīšana
- Kultūras un vēsturiskā mantojuma 3D modelēšana un digitizācija
- Arhitektūras pieminekļu 3D dokumentēšana
- Izejas datu nodrošināšana ainavu arhitektūrai un plānošanai
- Pilsētu un apbūvētu teritoriju 3D modelēšana pilsētplānošanas, pārvaldības un avārijas dienestu vajadzībām
- Tehnoloģiskā un industriālā 3D modelēšana
- Grūti pieejamu objektu (tilti, masti, skursteņi utt.) tehniskā stāvokļa noteikšana
- Platību un tilpuma noteikšana, tai skaitā beramām kravām un karjeriem
- Redzamības analīze videonovērošanas un sakaru tīklu plānošanai
- Situācijas fiksēšana katastrofu, nelaimes gadījumu un noziegumu vietās
- Fotoreālistisku 3D apvidus ainu publicēšana interneta portālos ar interaktīvas aplūkošanas iespējām

Situācija pirms rekonstrukcijas

- Datu iegūšana
 - Lēmuma pieņemšanai
 - Ietekmes novērtēšanai
 - Skiču projekta sagatavošanai
 - Publiskai apspriešanai
 - Gala projekta izstrādei
- Datu produkti
 - 3D režģa modelis
 - 3D punktu mākonis



Bij. Kimmel alus rūpnīca Rīgā

Būvniecības uzraudzība un izpildes dokumentēšana

- Nodrošina izejas datus būvniecības procesa uzraudzībai un izpildes dokumentēšanai:
 - Tieša mērīšana uz 3D režģa modeļa
 - 3D modeļu salīdzināšana
 - 3D punktu mākoņu ģenerēšana



Infrastruktūras objektu uzmērīšana

- Virszemes transporta un inženierkomunikāciju tīkla objektu detalizēta uzmērīšana
 - 3D režģa modeļi vizuālai izvērtēšanai un mērīšanai
 - 3D punktu mākoņi
 - Ģeodatu apstrāde (garenprofili un šķērsprofili, uzbērumu un norakumu tilpumi)



Dzelzceļš Zviedrijas dienvidos

Arhitektūras pieminekļi un mantojums

- Ainavas, ēku, skulptūru, bareljefu, arheoloģisko pieminekļu un izrakumu detalizēta dokumentēšana
- Kalpo pieminekļu aizsardzībai, analīzei, izglītošanai un komunikācijai



Popes muiža

Ainavas arhitektūra

- Nodrošina izejas datus ainavu arhitektūrai un plānošanai.
- 3D režģa modelis var tikt kombinēts ar 2D/3D ĢIS un CAD datiem attīstības konceptuālās modelēšanas vajadzībām
- Modeļi var tikt lietoti dažāda veida analīzēm, piemēram, saules iedarbības un ēku enerģētiskās efektivitātes analīzei, apstādījumu un pārveidojamo zonu ekoloģisko koeficientu aprēķināšanai
- 3D modeļi un projektētie objekti var tikt pārveidoti bagātīgos ar detaļām papildinātos video sižetos, izmantojot **Bentley LumenRT**.



Pedvāles brīvdabas mākslas muzejs

Apbūvētu teritoriju 3D modelēšana

- Datu iegūšana:
 - Detālpļānošanai
 - Apbūves uzraudzībai
 - Kadastra aktualizācijai
 - Avārijas dienestiem
 - Kultūras un arhitektūras pieminekļu dokumentēšanai
 - Infrastruktūras attīstības plānošanai
 - Attīstības projektu reālistisku ainu publicēšanai
 - Publiskai apspriešanai



Cēsu vecpilsēta

Grūti pieejamu objektu apsekošana

- Tehniskā stāvokļa novērtēšana
 - Ar 3D modeļa vizuālu aplūkošanu
 - Ar mērījumiem uz 3D modeļa
 - Ar savākto datu ģeotelpisku apstrādi (piem., šķērsriezumu ģenerēšana)



Bauskas pils

Ervins Stūrmanis

ĢEODATU APSTRĀDE ar Bentley Descartes

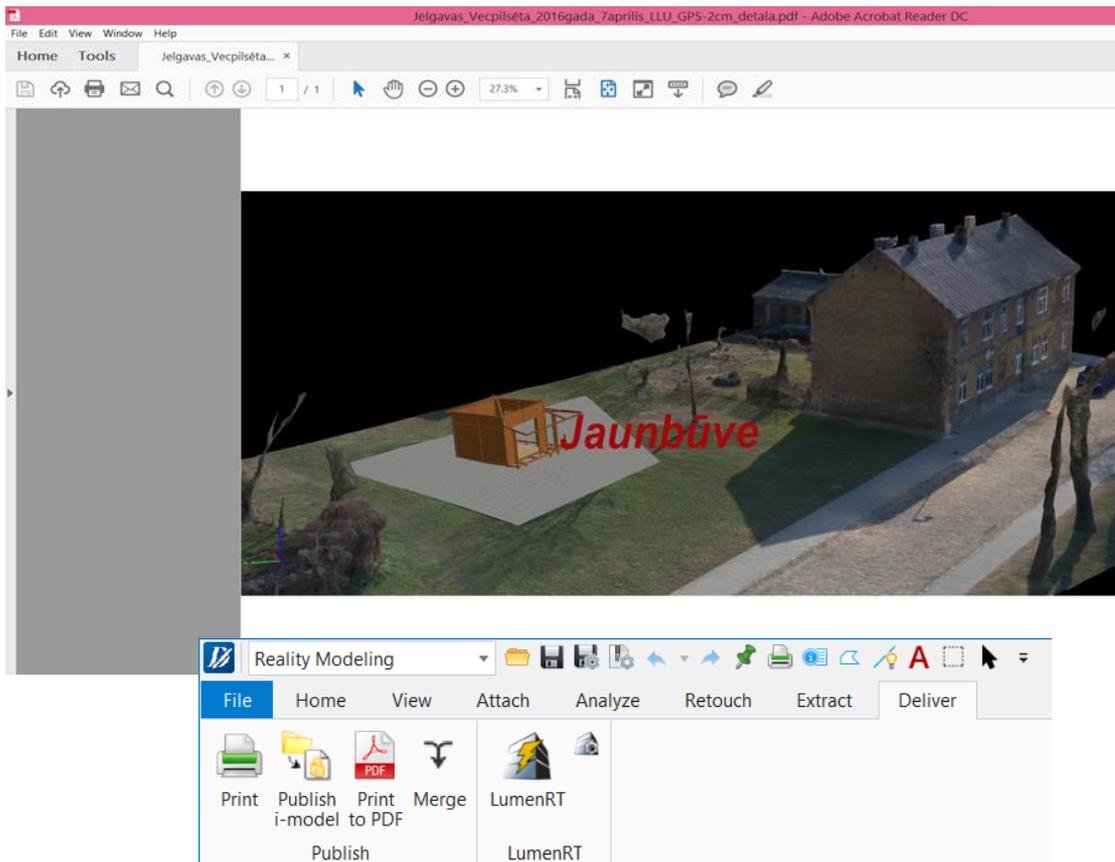
Bentley Descartes Connect Edition

- ***Bentley Descartes Connect edition*** ir vienīgi 64-bitu arhitektūras lietojumu programma, kas aptver un kombinē datus no Modernās Fotogrammetrijas, CAD, BIM un ĢIS avotiem
- Praktiski neierobežota izmēra 3D modeļi ar straumēto *.3mx formātu un iespēju ģenerēt Bentley ***Scalable Terrain models*** (STM) virsmas modeļus
- Bentley AecoSIM and AutoDesk Revit BIM modeļu integrācija ar punktu mākoņiem un ar *.3mx formāta modeļiem

Descartes ietver pilno Microstation licenci

Bentley Descartes nodrošina 3D konceptuālo modelēšanu

- ConceptCapture *.3mx apvidus modeļi var tikt kombinēti ar *Sketchup* atsevišķu ēku modeļiem-projektiem
- Sabiedriskajai apspriešanai un lēmumu pieņemšanai – kombinēto 3D modeļu eksports uz *.imodel vai 3D *.PDF
- Ātrai un ērtai animācijai – eksports uz Bentley LumenRT (vai video rullīšu gatavošana Microstation)



Descartes «Ground Extraction» klasifikācija

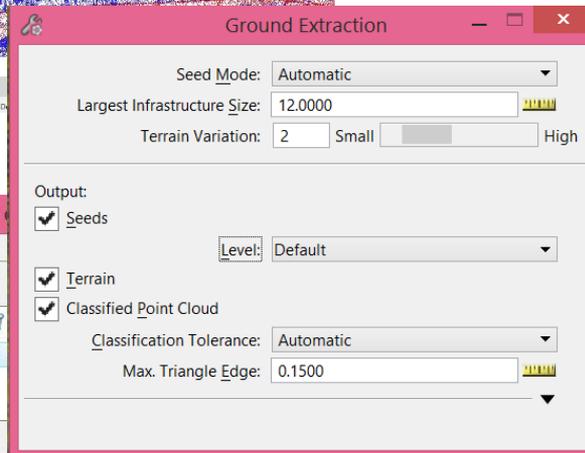
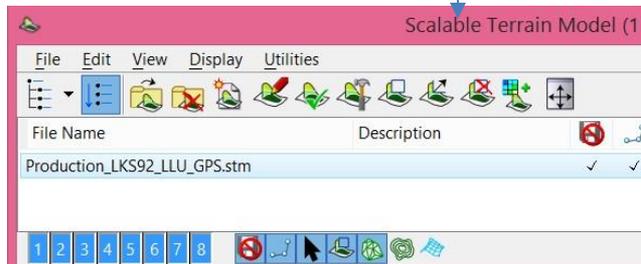
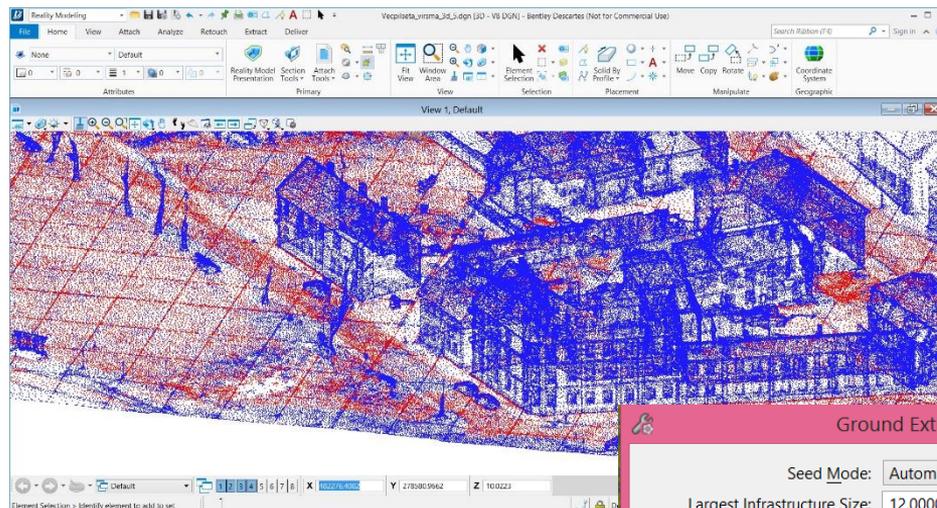
ConceptCapture nodrošina vienu no visplašākajiem izvades formātu sarakstu, ieskaitot *.LAS formātu

Descartes paplašina ConceptCapture iespējas ar *.3mx modeļa klasifikāciju (automātisko vai pusautomātisko) – **'Ground extraction'**

Klasifikācija ģenerē *.LAS failu no fotogrammetrijas *.3mx, izdalot punktus uz zemes virsmas

Klasificētie kā «zemes virsma» punkti tiek automātiski iekļauti Scalable Terrain Model virsmas modelī, nodrošināta dinamiska augstumlīkņu attēlošana

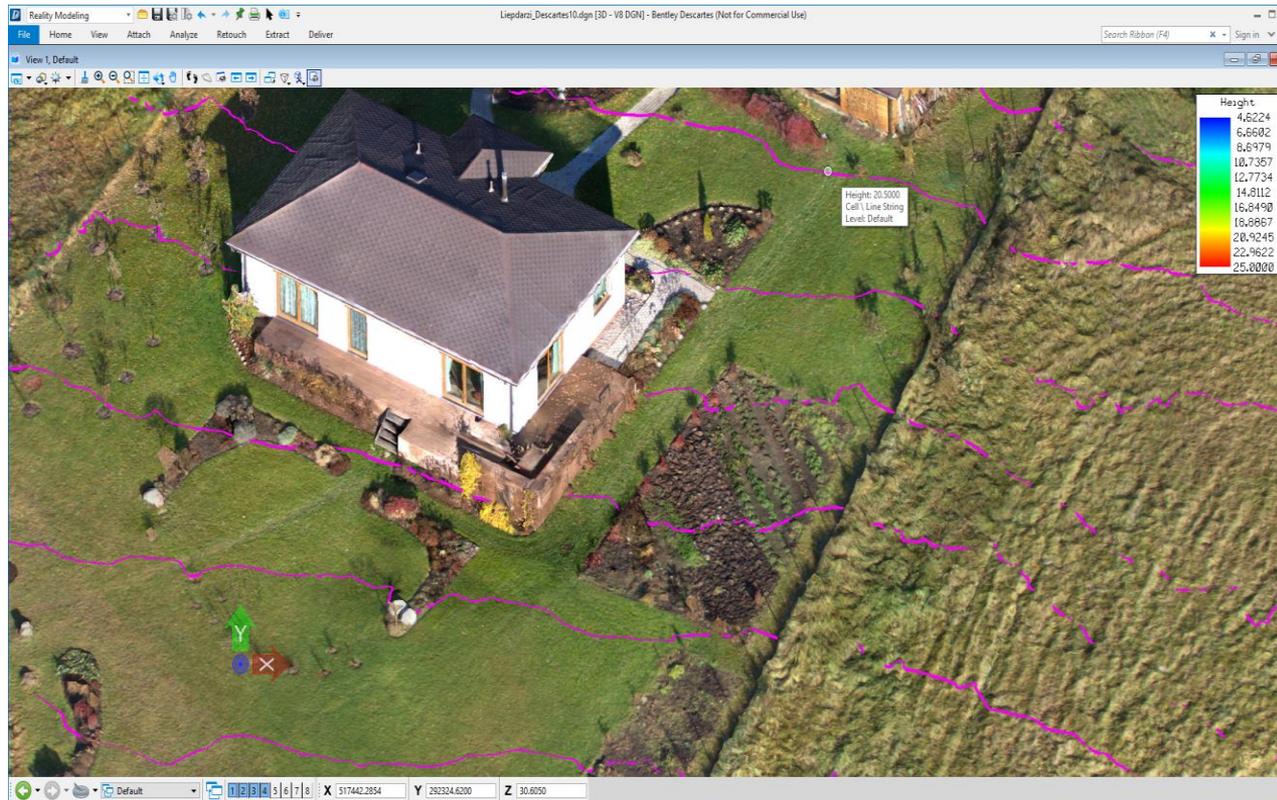
Augstumlīknes var tikt izeksportētas no STM uz citiem formātiem, kā, piemēram DWG



Kombinēti 3D virsmas modeļu veidi Descartes

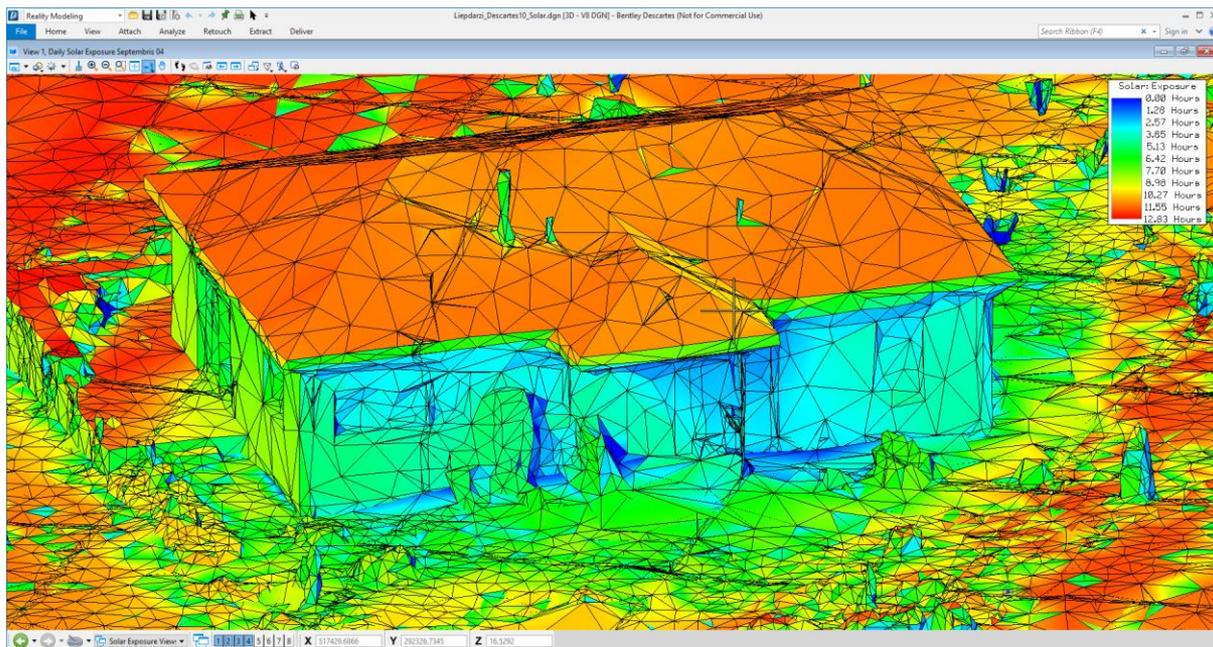
STM ar augstumlīknēm,
*.3mx fotogrammetrijas
modeļi, LIDAR *.LAS un citi
ģeodatu formāti
(piemēram ESRI shape)
paver lieliskas apvidus un
infrastruktūras
modelēšanas iespējas
vienā programmā -
Descartes

Nav praktisku
ierobežojumu 3D modeļu
maksimālajam izmēram, pie
tam realitāte ir fiksēta tā,
kā ir uzbūvēts!



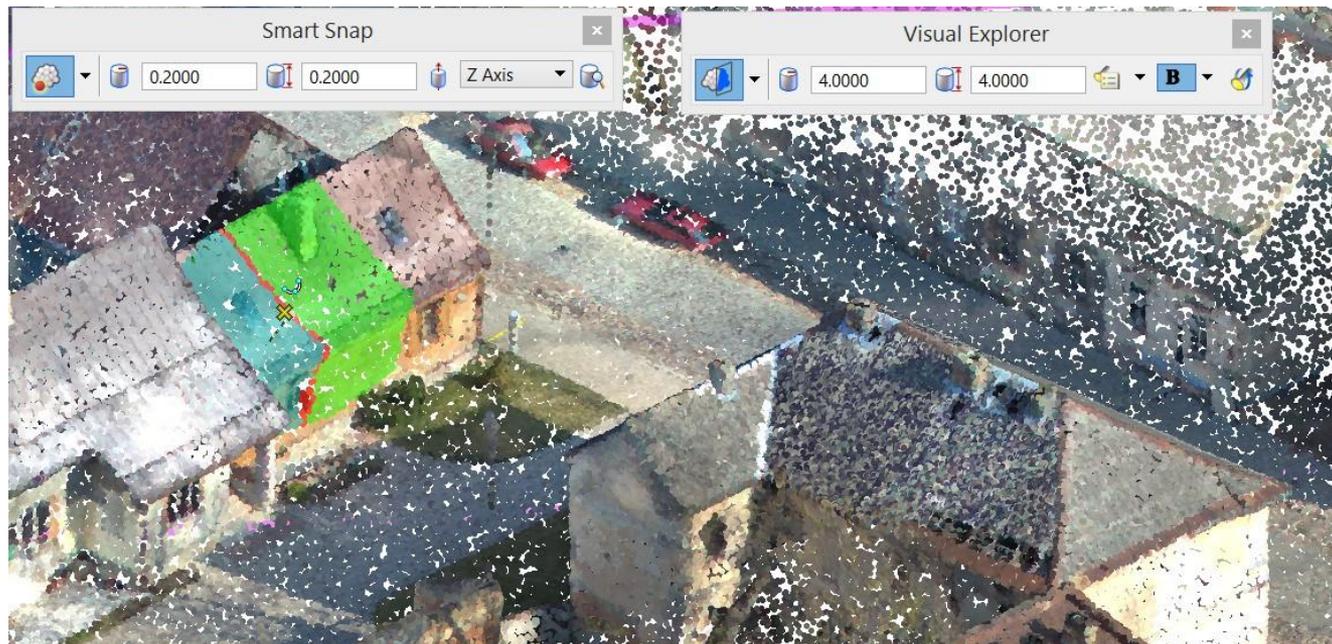
Analīze: Descartes Solar Exposure kalkulators saules apspīdējuma stundām

- Vairāk iespēju: Saules potenciālās enerģijas analīze no *.3mx vai citiem formātiem
- «Solar Exposure calculator» aprēķina un noformē 3D tematiskās kartes pēc apspīdējuma ilguma stundās – dienas, mēneša ai sezonas ilgumā
- Pārredzamības analīze - no viena punkta vai lineāra elementa, piemēram, no braukšanas joslas



Descartes palīgrīki orientācijai virtuālajā telpā

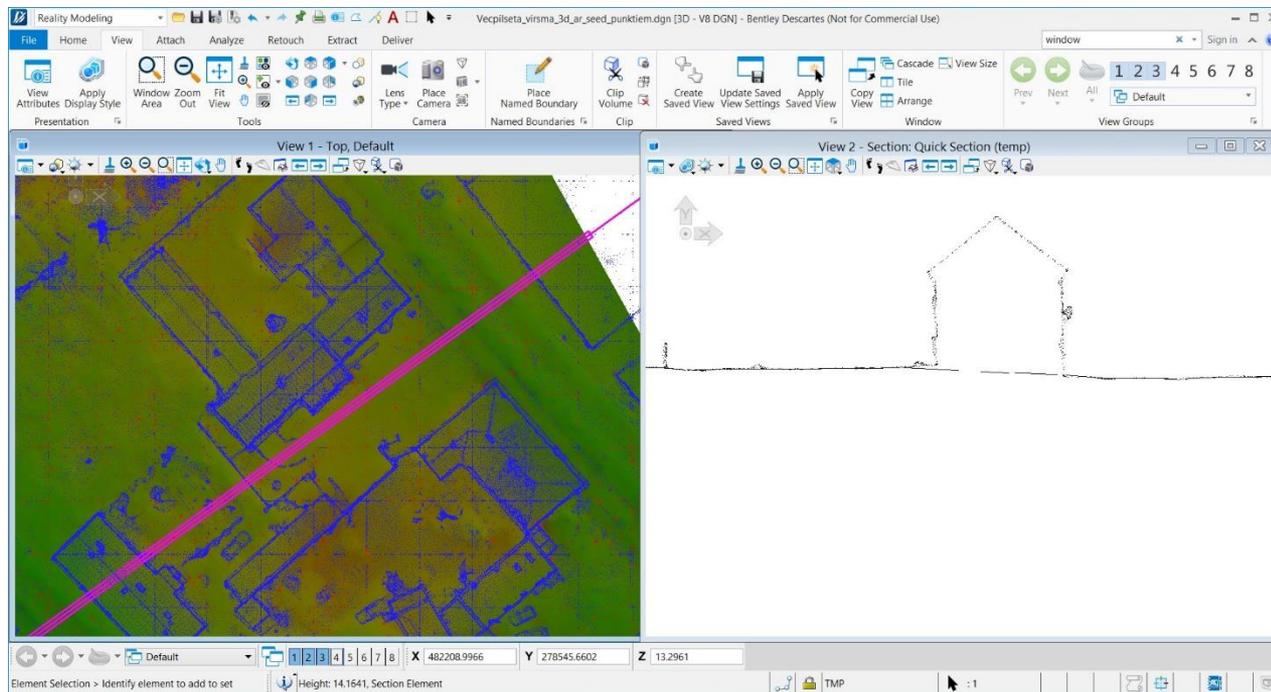
- Rīki **Smart SNAP** un **Visual Explorer** nodrošina ērtu veidu, kā kontrolēt, vai Descartes zīmētās līnijas atrodas uz *.3mx/*.LAS virsmas plaknes, vai zem tās
- Ietaupa konstruēšanas laiku, atvieglo darbu



Descartes 3D šķēlumu un griezumu rīki

Descartes ietver pusautomātisku šķēlumu un griezumu ģenerēšanas rīkus

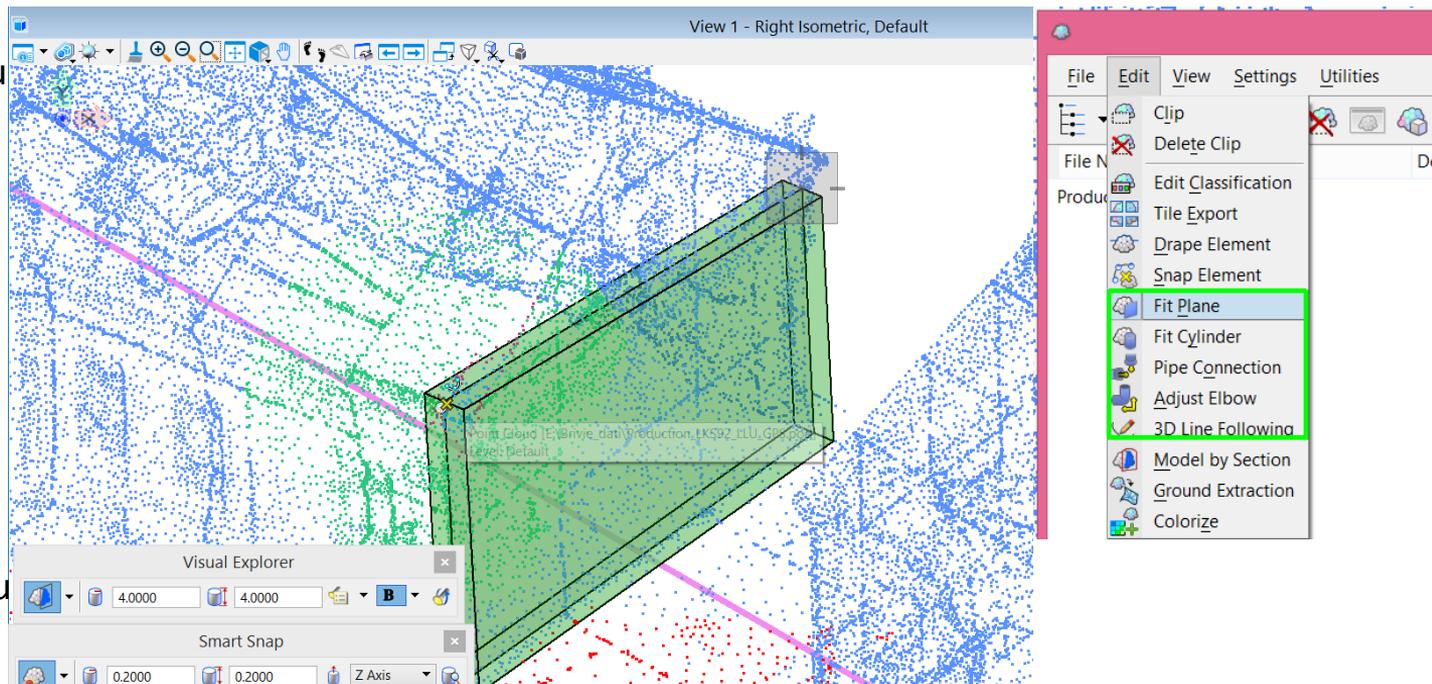
- «Quick Section» šķeļ visus 3D modeļus perpendikulāri skatam
- Šķēlumi pa asi
- Šķēlumi perpendikulāri asij
- «*Model by Template*» – cieta ķermeņa modeļa ģenerēšana pēc atsevišķiem šķēlumiem



Inženieru ģeometrijas primitīvu izgūšana no punktu mākoņa

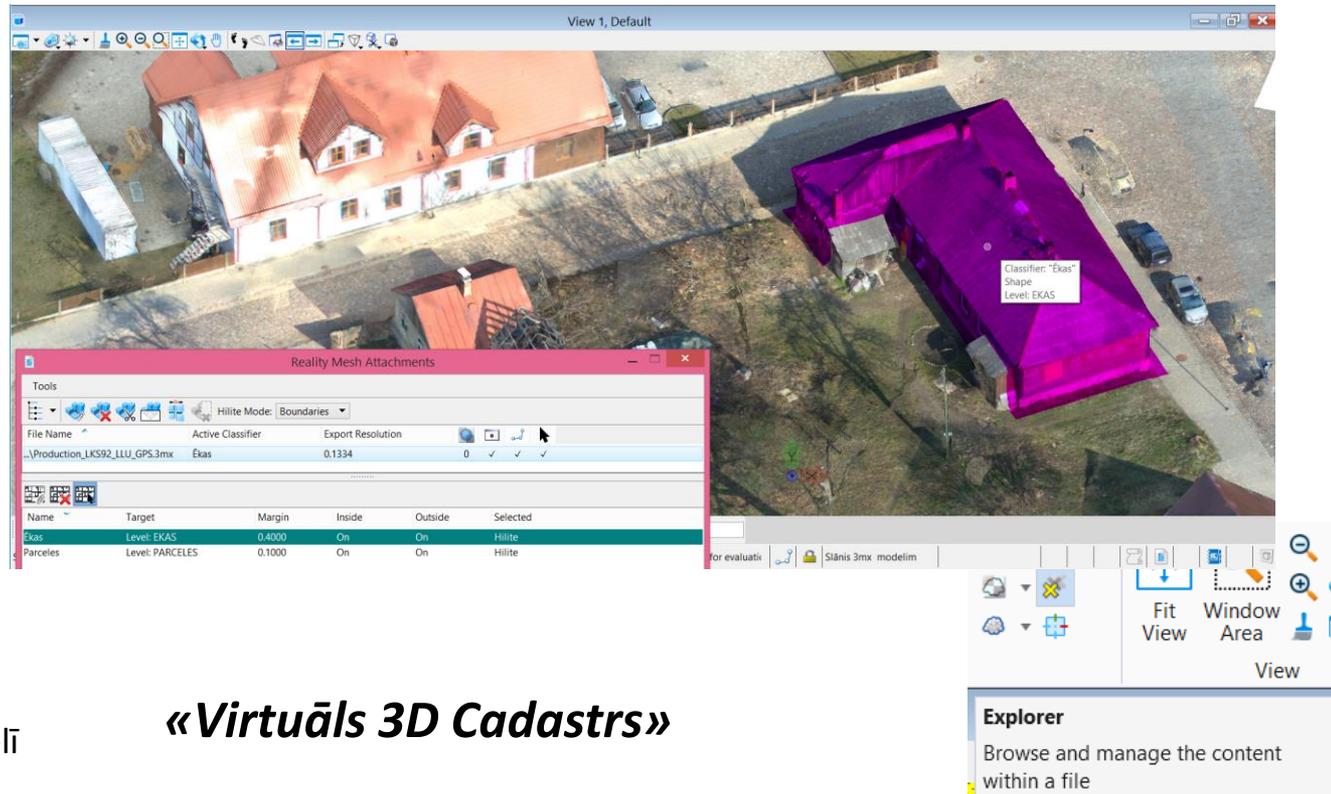
Funkcijas ģeometrijas atveidošanai no punktu mākoņa:

- Vidējās plaknes «izvilšana»
- 3D cauruļvadu «izvilšana»
- 3D cauruļvadu izlocījumu pielāgošana
- Cilindru «izvilšana»
- Automātiska cauruļvadu modeļu savienošana



Descartes «3D kadastra» un GIS funkcijas ar *Reality mesh*

- Virtuāla
* .3mx modeļa sašķelšana telpiskās vienībās pēc daudzstūriem virskatā
- Ja izejas daudzstūri, piemēram, ESRI shape, satur atribūtus, tad pēc tiem var meklēt ar Microstation Explorer
- Virzoties ar kursoru pa ekrānu, izgaismojas telpiskās vienības
- Tehnoloģiju var plaši pielietot BIM - būves komponentiem vai iekārtām, ātri un vienkārši parādīt daļas * .3mx modelī



«Virtuāls 3D Cadastrs»

Bentley Descartes punktu mākoņu un *.3mx modeļu funkcijas

- Apvieno un izgriež ortofoto kartes lapas vienā operācijā, no daudzām datnēm
- Apvieno un izgriež punktu mākoņa failus vienā operācijā, no daudzām datnēm
- Inteligenta pārveidošana no *.3mx uz *.LAS formātu ar zemes klasifikāciju
- Reclassification and manual edits in point clouds
- Šķēlumu, griezumu un cieta ķermeņa 3D vektoru datu izgūšana no kombinētiem punktu mākoņiem
- «3D virtuālais kadastrs» ar sameklēšanu
- Plakņu, caurļvadu, cilindru u.c. primitīvu asistēta konstruēšana no punktu mākoņa
- 3D modeļu un punktu mākoņu datu izplatīšana caur Bentley *.imodel un 3D PDF formātiem

Paldies par uzmanību!

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

demo.mikrokods.lv