

Pontfelhők kezelése és feldolgozása nyílt forráskódú szoftverekkel

Siki Zoltán
siki.zoltan@epito.bme.hu

Vázlat

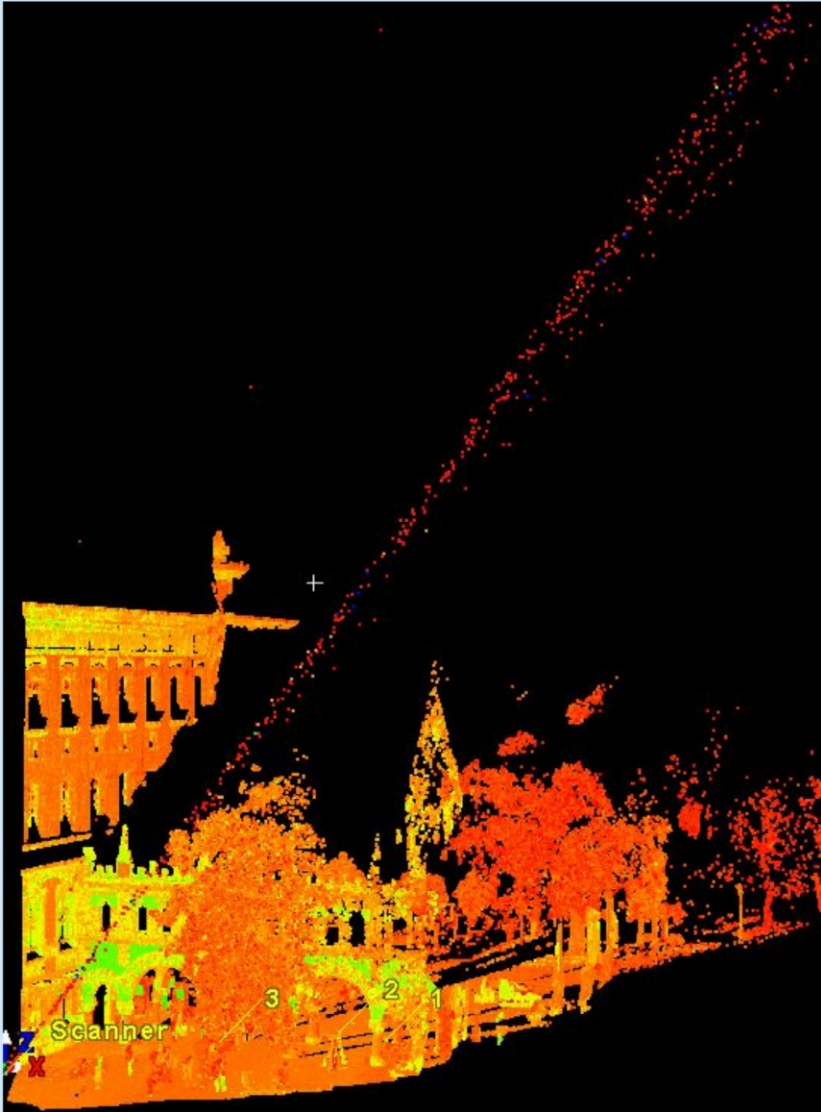
- Pontfelhő előállítására szolgáló eszközök, technológiák összefoglalása
- Pontfelhők tárolási formátumai
- Pontfelhők megjelenítésére, kezelésére, feldolgozására szolgáló nyílt forráskódú szoftverek bemutatása
- Esettanulmányok pontfelhők feldolgozására

Pontfelhő előállítására szolgáló eszközök, technológiák összefoglalása

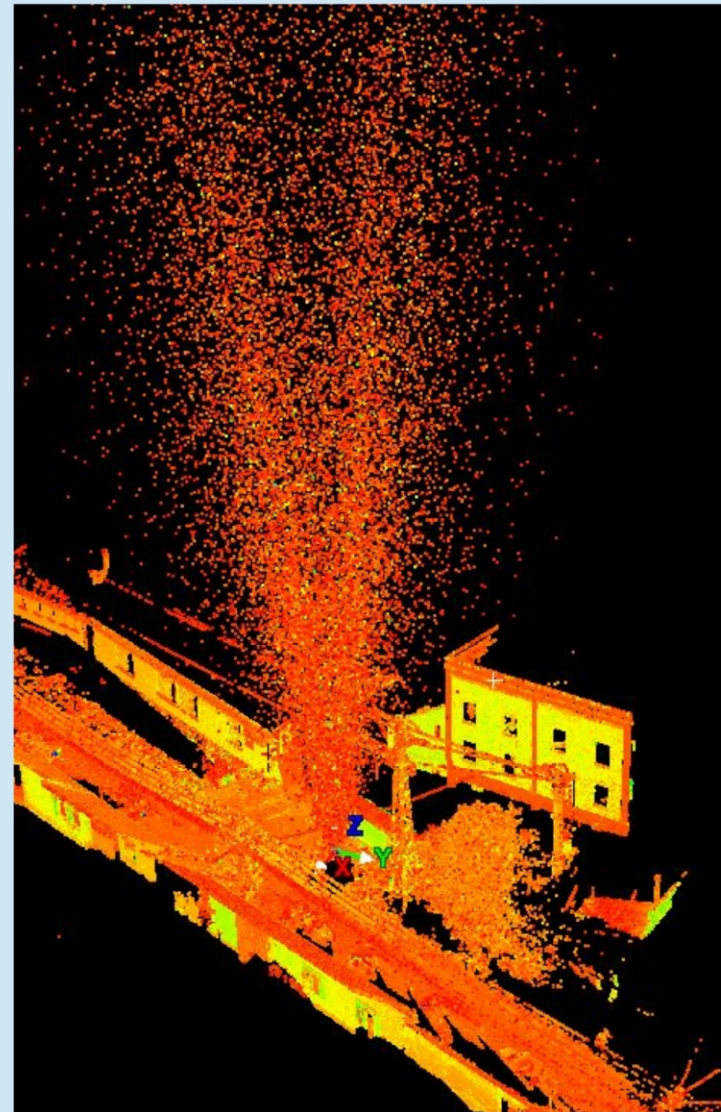


- Földi lézer szkennelés (TLS)
 - Mobil térképző rendszer (MMS)
 - Légi lézer szkennelés (ALS)
 - Fotogrammetria, drón
- } **LiDAR**

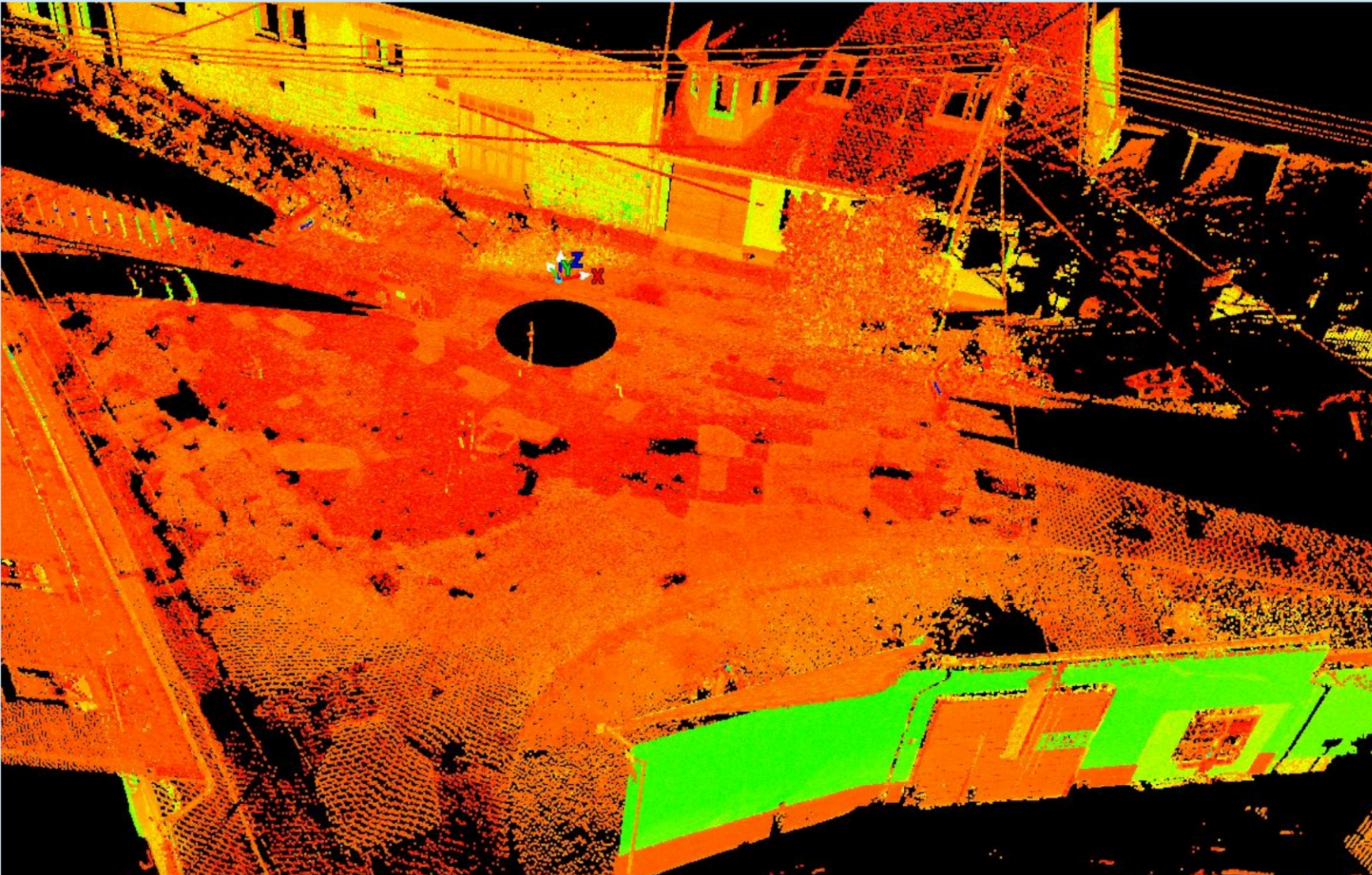
Nehézségek: eső, hó, por, köd, erős napsütés, víztócsák, ablaküveg, mozgó emberek, járművek, egyenlőtlen pontsűrűség
homogén területek (pl. víz), mozgó falevelek (szél)



Napsütés



Eső



Víztócsák

Földi lézer szkennerek

Néhány fontosabb jellemző

- Lézersugár divergencia (fénypont mérete pl. 10 mm @ 100 m)
- Szögfelbontás (pontosűrűség pl. 5 mm @ 50 m, ~20")
- Hatótáv (a visszaverő felülettől is függ)
- Mérőképesség (pl. 100 000 pont/s)
- Látómező (pl. Hz: 360°, V: 270°)
- Távmérési pontosság (pl. $\pm 2 - 10$ mm)



Mobil térképező rendszerek

- SLAM (szimultán helymeghatározás és térképezés)
- Szenzor fúzió (GNSS, IMU, sík szkener, odométer, kamera, Ladybug kamera, ...)
- Járművön, hátizsákban, kézben (mobiltelefonban)

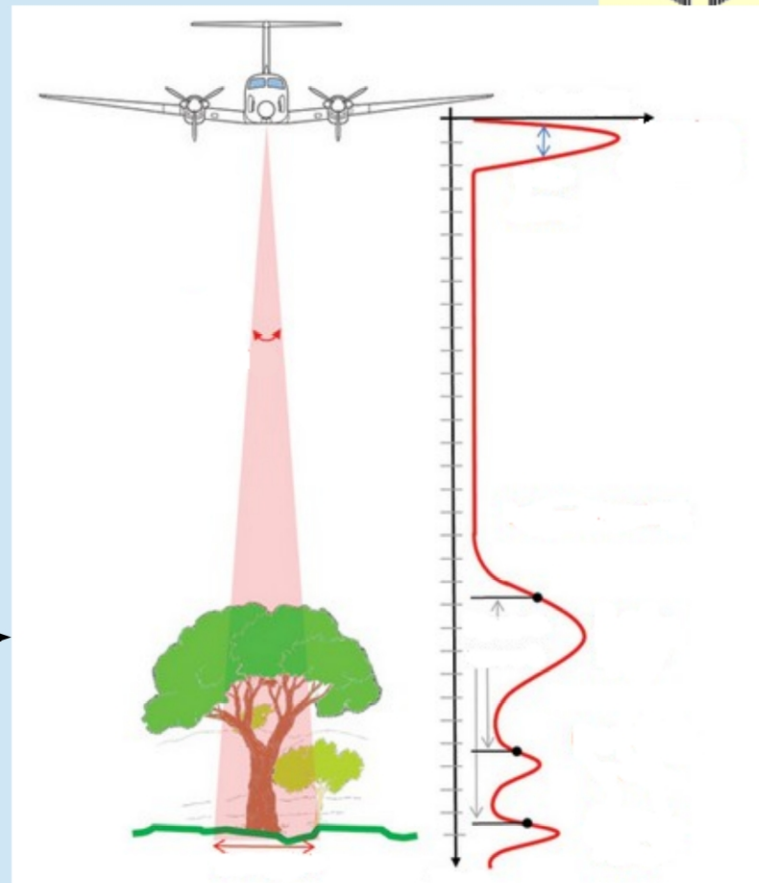


Pontfelhők tárolási formátumai

- Pontfelhőkben tárolható adatok köre
- Szélesebb körben elterjedt formátumok bemutatása
- Konvertálási lehetőségek a különböző formátumok között

Pontfelhőkben tárolható adatok köre

- Pozíció x, y, z
- Szín RGB vagy szürke árnyalat
- Intenzitás
- Szkennelési szög
- Normális (N_x, N_y, N_z)
- Skalár (pl. osztályozás)
- További pozíciók, többszörös visszaverődésből
- ...



Kép: <https://gis.stackexchange.com/questions/142443/what-are-lidar-returns>

Szélesebb körben elterjedt formátumok



Pontfelhők

- PLY, E57 (bináris és szöveges változat is)
- XYZ, OBJ, PTX, ASC (szöveges formátumok)
- FLS, PCD, LAS (bináris formátumok)
- RCP (ReCap), IMP (Leica) zárt formátumok

Háromszög hálók (Mesh)

- PLY, DAE (XML)

PLY formátum

- A leírás még a bináris állományban is olvasható

```
ply
format ascii 1.0
comment Author: CloudCompare (TELECOM PARISTECH/EDF R&D)
obj_info Generated by CloudCompare!
element vertex 450798
property float x
property float y
property float z
property uchar red
property uchar green
property uchar blue
property float nx
property float ny
property float nz
end_header
7,35162 11,5078 14,3691 255 255 255 0,207022 -0,968245 0,140158
7,37178 11,5113 14,3701 255 255 255 0,421238 -0,885041 -0,198143
```

Oszlopok
adatai

Bináris
esetben
innen nem
olvasható

ASC (txt) formátum

- Mezők értelmezése nem egyértelmű

```
650681.36 237351.45 103.94 150 145 141 -0.019475 -0.029725 0.999368
650681.34 237351.49 103.94 151 145 140 -0.031456 -0.007103 0.999480
650681.54 237351.23 103.95 147 143 137 0.039004 0.043221 0.998304
650681.51 237351.28 103.95 148 144 138 0.030025 0.030025 0.999098
650681.99 237350.61 103.98 145 141 138 -0.060563 0.030813 0.997689
650681.87 237350.78 103.98 145 140 136 -0.013297 -0.033755 0.999342
650681.83 237350.83 103.98 147 140 136 -0.015223 -0.023341 0.999612
650681.81 237350.88 103.97 146 140 136 -0.039724 -0.003056 0.999206
650681.77 237350.92 103.97 145 141 137 -0.049143 0.021958 0.998550
650681.75 237350.96 103.97 145 141 137 -0.058202 0.028572 0.997896
...
```

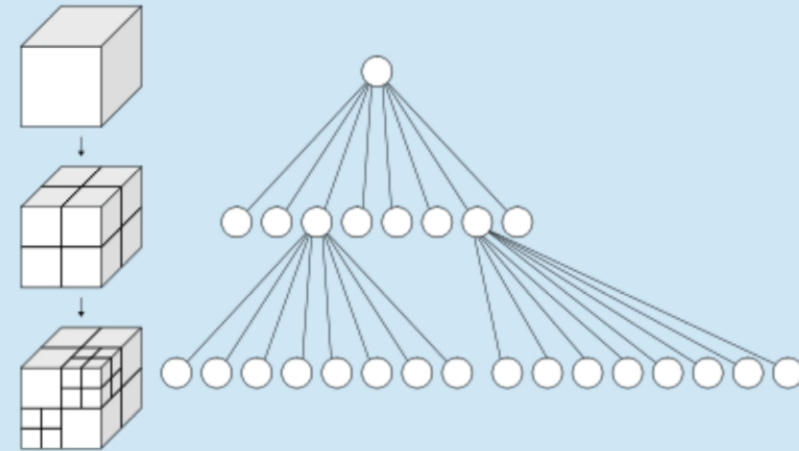
PCD formátum

```
# .PCD v.5 - Point Cloud Data file format
VERSION .5
FIELDS x y z
SIZE 4 4 4
TYPE F F F
COUNT 1 1 1
WIDTH 397
HEIGHT 1
POINTS 397
DATA ascii
0.0054216 0.11349 0.040749
-0.0017447 0.11425 0.041273
-0.010661 0.11338 0.040916
0.026422 0.11499 0.032623
0.024545 0.12284 0.024255
```

Metaadatok

Octree

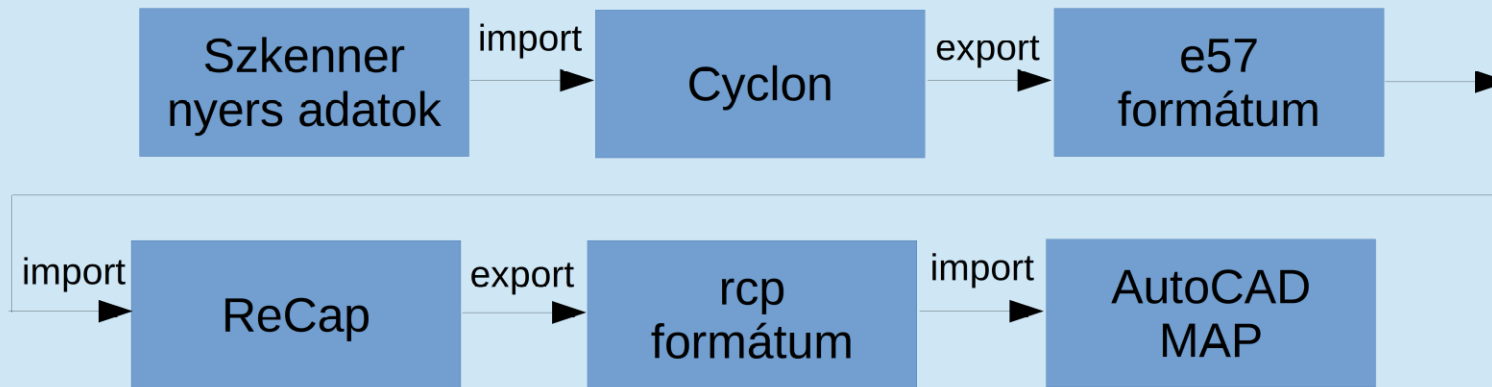
- 3D-s térbeli indexelés
- Hatékony legközelebbi szomszéd keresés, KNN keresés
- Hatékony leválogatás megjelenítéshez
- ...



<https://en.wikipedia.org/wiki/Octree>

Konvertálási lehetőségek

- Nyílt formátumokat a nyílt forráskódú szoftverek kezelik (PLY, e57, OBJ, LAS, ASCII, stb.)
- Egy ellenpélda Leica szkennelvel mért pontfelhő használata AutoCAD Map 3D-ben



Pontfelhők megjelenítésére, kezelésére, feldolgozására szolgáló nyílt forráskódú szoftverek

- Asztali szoftverek: CloudCompare, MeshLab
- Könyvtárak: PointCloudLibrary (PCL), PDAL, libLAS, pgpointcloud
- Megjelenítők: Potree, Paraview
- Térinformatika: GRASS GIS, SAGA GIS

Asztali szoftverek

CloudCompare

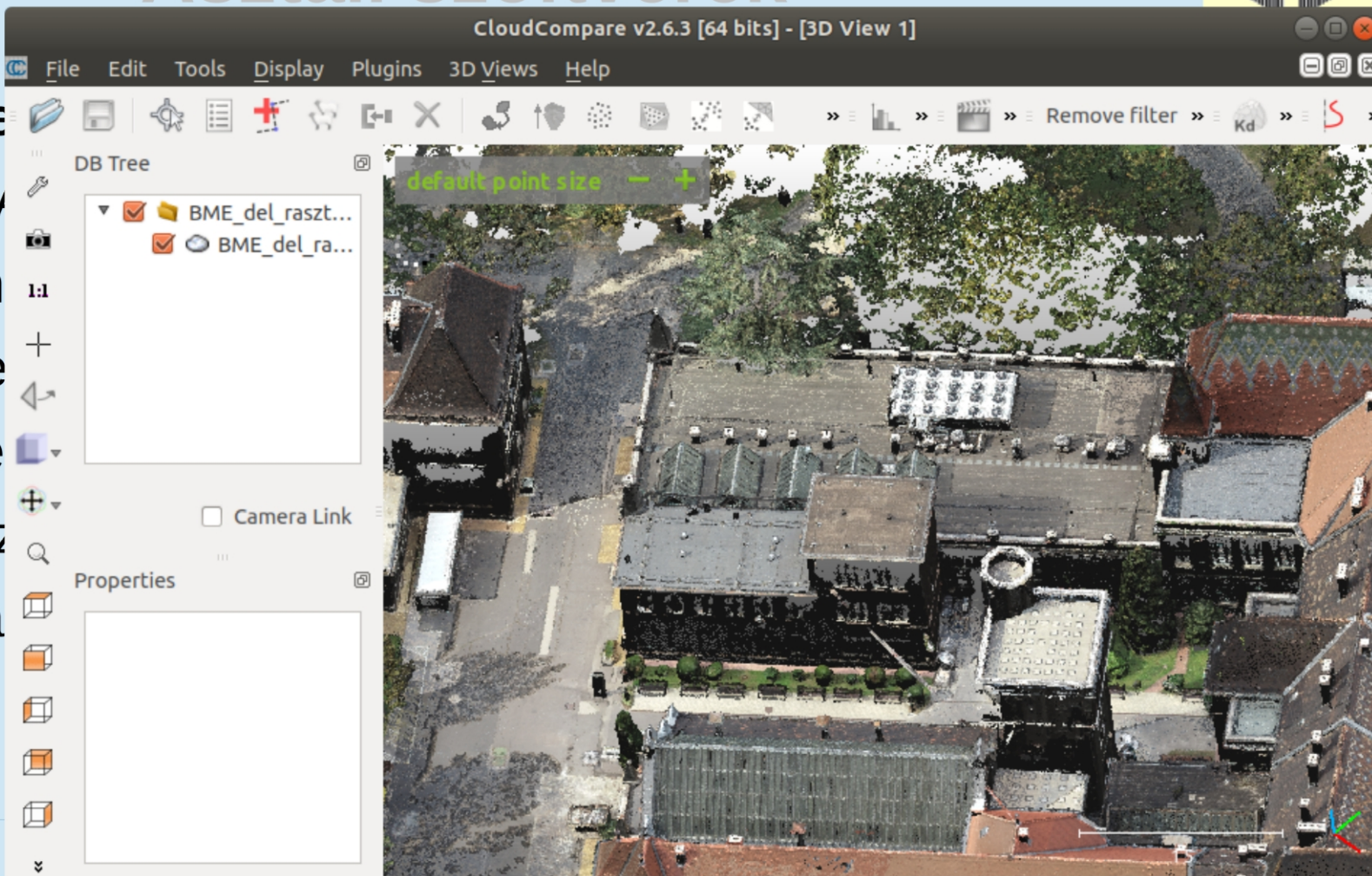
- Pontfelhők (ASCII, LAS, PLY, ...) és háromszöghálók megjelenítése
- Mérés a pontfelhőn (koordináta, távolság, háromszög)
- Pontfelhő georeferálása (illesztőpontok vagy ICP)
- Pontfelhők egyesítése, szűrése (zaj)
- Metszet készítés
- Térfogat számítás
- ...

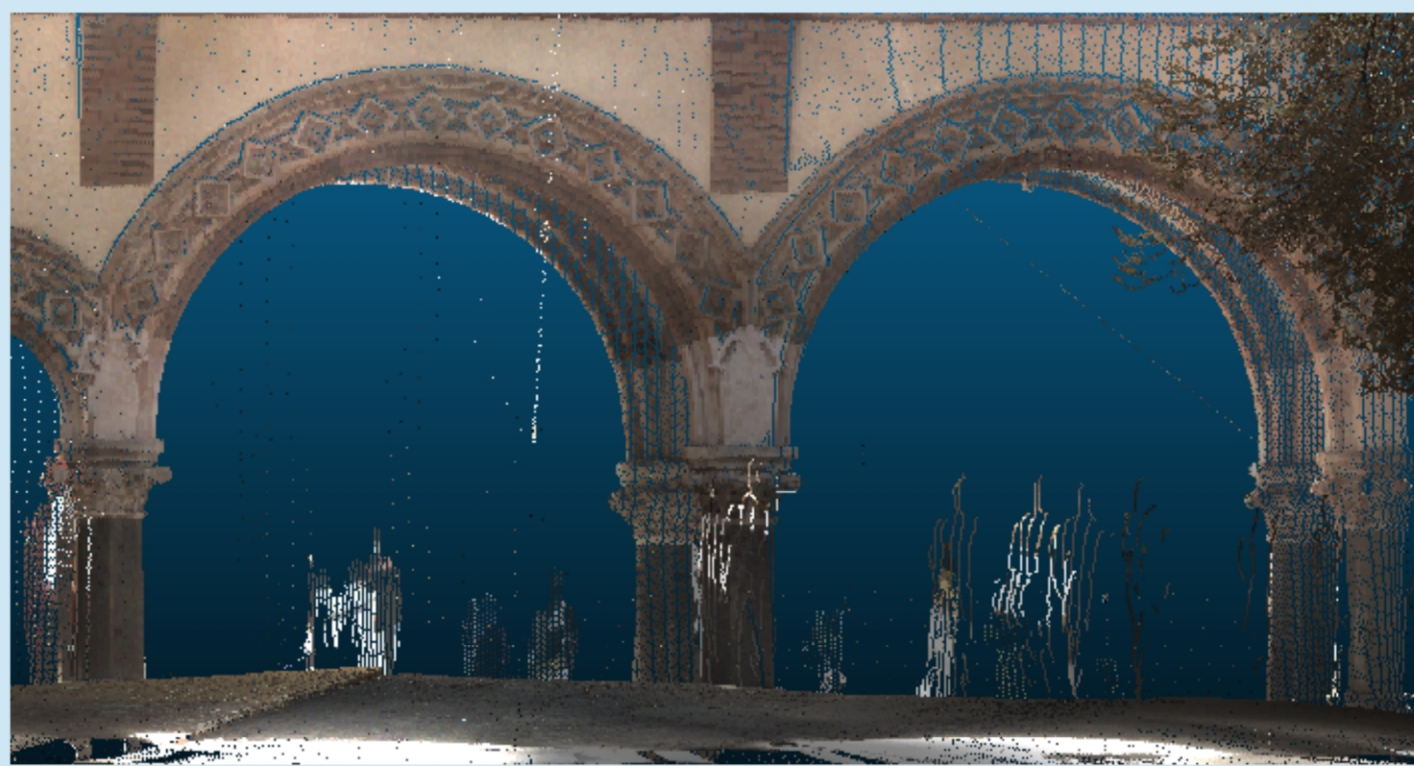


Asztali szoftverek

CloudCompare

- Pontfelhők (Point Clouds)
- Mérés a pontfelhőn (Measurement on point cloud)
- Pontfelhő geometriai testekként (Point cloud as geometric bodies)
- Pontfelhők exportálása (Exporting point clouds)
- Metszet készítése (Creating sections)
- Térfogat számítás (Volume calculation)
- ...





Mozgó emberek hatása

Asztali szoftverek

MeshLab

- 3D háromszög hálók kezelése, 3D modell építés
- Illesztés (ICP)
- Tisztítás
- ...

Asztali szoftverek

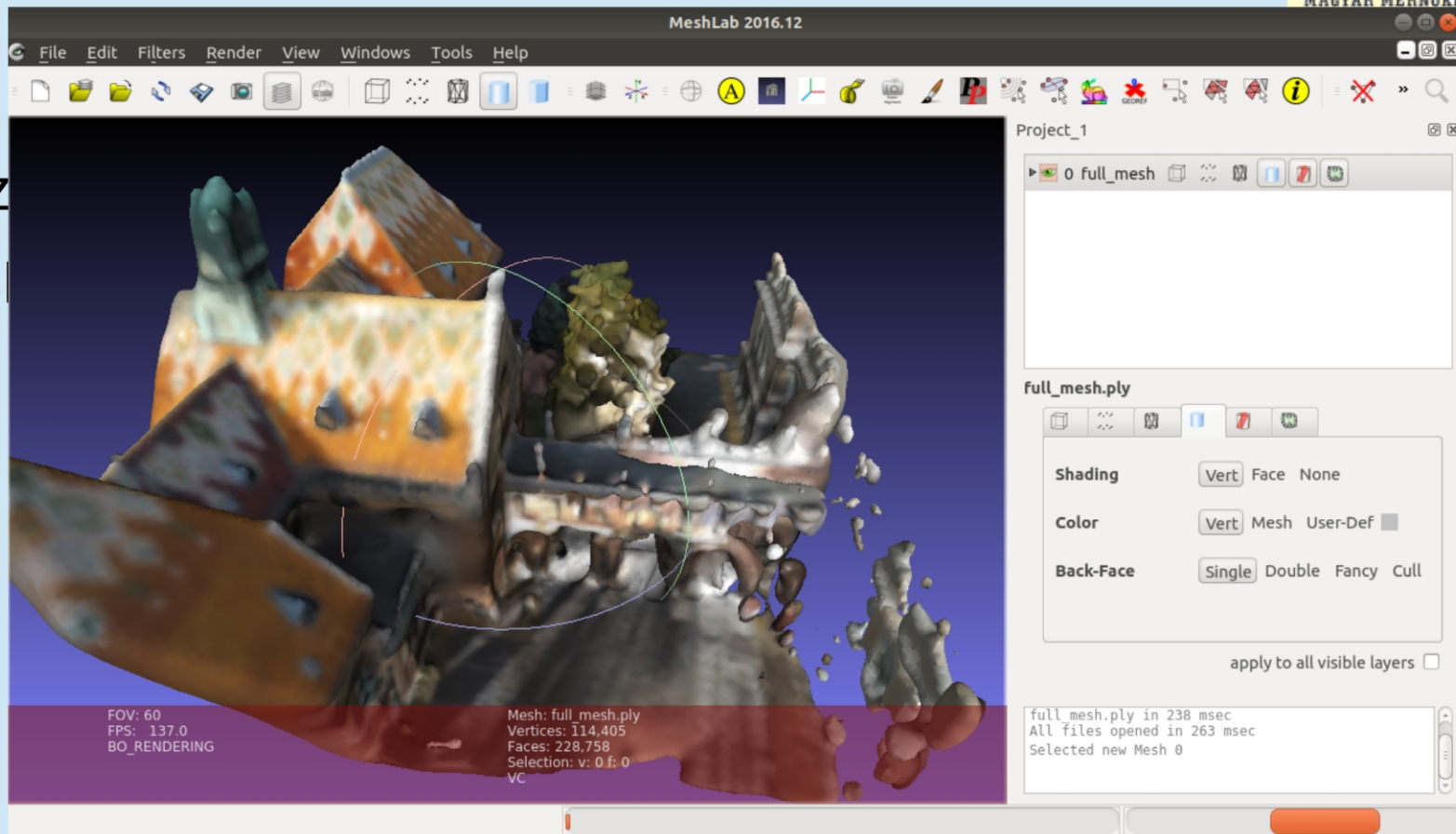
MeshLab

- 3D háromszög hálók kezelése
- Illesztés (ICP)
- Tisztítás

Asztali szoftverek

MeshLab

- 3D háromszög
- Illesztés (IC)
- Tisztítás



Könyvtárak

LibLas (több verzió 1.0/1.1/1.2), *las* és *laz* fájlok kezelése

- *lasinfo* – információ a *las* fájl tartalmáról
- *las2las* – *las* fájl tartalmának szűrése
- *las2txt* – szövegfájlba konvertálás és szűrés
- *las2ogr* – vektoros térinformatikai formátumba konvertálás
- *txt2las* – szövegfájl konvertálása *las*-ba

Könyvtárak

LibLas (többször)

- lasinfo –
- las2las –
- las2txt –
- las2ogr –
- txt2las –

Point Inspection Summary

Header Point Count: 1745877
Actual Point Count: 1745877

Minimum and Maximum Attributes (min,max)

Min X, Y, Z: 639319.28, 223266.45, 54.75
Max X, Y, Z: 640081.28, 224028.45, 718.63
Bounding Box: 639319.28, 223266.45, 640081.28, 224028.45

Number of Points by Return

(1) 1353979 (2) 332334 (3) 56261 (4) 3254 (5) 49

Number of Returns by Pulse

(1) 1021904 (2) 551972 (3) 158938 (4) 12818 (5) 245

Point Classifications

341246 Unclassified (1)
560224 Ground (2)
25 Low Point (noise) (7)
844382 Reserved for ASPRS Definition (11)

Könyvtárak

LibLas (többl)

- lasinfo – Vágás téglatestre –extent "652000 256000 654000 258000"
Szűrés visszatérés számra –drop-return 2 3
Szkennelési szögre –keep-scan-angle "<=10"
Intenzitásra –drop-intensity "<=100"
- las2las – Első, utolsó visszatérésre –first-return-only és last-return-only
Csak a hibátlan adatokra –valid-only
- las2txt – Pont osztályra –drop-classes 1 2
Más verzióba –format 1.1
- las2ogr – ...
- txt2las – las2las –input in.las --output out.las --last-return-only

las2las -i in.las -o out.las --last-return-only

Könyvtárak

LibLas (több verzió 1.0/1.1/1.2), *las/laz* fájlok kezelése

- **lasinfo** – információ a las fájl tartalmáról
- **las2las** – Konvertálások
- **las2txt** – `las2txt -i minta.las -o minta.txt --parse xyz --last-return-only`
- **las2ogr** – `las2ogr -i minta.las -o minta.shp -f "ESRI Shapefile"`
- **txt2las** – `txt2las -i pelda.txt -o pelda.las --parse xyzi`

Könyvtárak

PDAL

- pdal info – információk JSON formátumban
- pdal translate – szűrés, konvertálás
- pdal merge – pontfelhők egyesítése
- pdal split – pontfelhő több részre bontása
- pdal ground – szegmentálás talaj/nem talaj
- ...



Könyvtárak

PDAL

- **pdal info** – információ
- **pdal translate** - szűrés
- **pdal merge** – pontfelezés
- **pdal split** – pontfelhárítás
- **pdal ground** – szegély
- ...

```
{
  "filename": "C23745.las",
  "pdal_version": "1.6.0 (git-version: Release)",
  "stats":
  {
    "bbox":
    {
      "EPSG:4326":
      {
        "bbox":
        {
          "maxx": -81.56354007,
          "maxy": 37.91532779,
          "maxz": 1924.74,
          "minx": -81.58094657,
          "miny": 37.90154355,
          "minz": 523.65
        }
      }
    }
  }
}
```

Könyvtárak

PDAL

- pdal info – információ
- **pdal translate** pdal translate input.las output.xyz
- pdal merge – pdal merge input.las output.las \
- pdal split – pontok
- pdal ground – szegmentálás talaj/nem talaj
- ...

Könyvtárak

PDAL

- pdal info – információk JSON formátumban
- pdal translate - szűrés
- **pdal merge** – `pdal merge input1.las input2.las output.las`
- pdal split – pont
- pdal ground – Szegmentálás talajment talaj
- ...

Könyvtárak

PDAL

- pdal info – információk JSON formátumban
- pdal translate - szűrés
- pdal merge – `pdal split -capacity 10000000 input.laz output.las`
- **pdal split** – p
- pdal ground –
- ...

Könyvtárak

PDAL

- pdal info – információk JSON formátumban
- pdal translate - szűrés
- pdal merge – pontfelhők egyesítése
- pdal split – pontfelhő több részre bontása
- **pdal ground** `pdal ground input.las gr.las`
- ...

Könyvtárak

pgPointCloud pontfelhő kezelés PostgreSQL adatbázisban

- Bővítmény a PostgreSQL adatbázishoz
- SQL alapú pontfelhő kezelés

Megjelenítők

Potree

- Pontfelhő megjelenítése böngészőben
- PotreeConverter – html oldal készítés las fájlból
- Web szerver szükséges

Potree

- Potree
- Web s

Potree Viewer - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

Iterative closest point - x ground — pdal.io x Potree x Potree Viewer x +

www.potree.org/potree/examples/elevation_ Search

potree.org - github - twitter 1.6
EN - FR - DE - JP

Appearance

Tools

Measurement

Clipping

Clip Task
None Highlight Inside Outside

Clip Method
Inside Any Inside All

Navigation

Camera Projection
Perspective

Speed: 160.6

Scene

Point cloud courtesy of sigeom sa

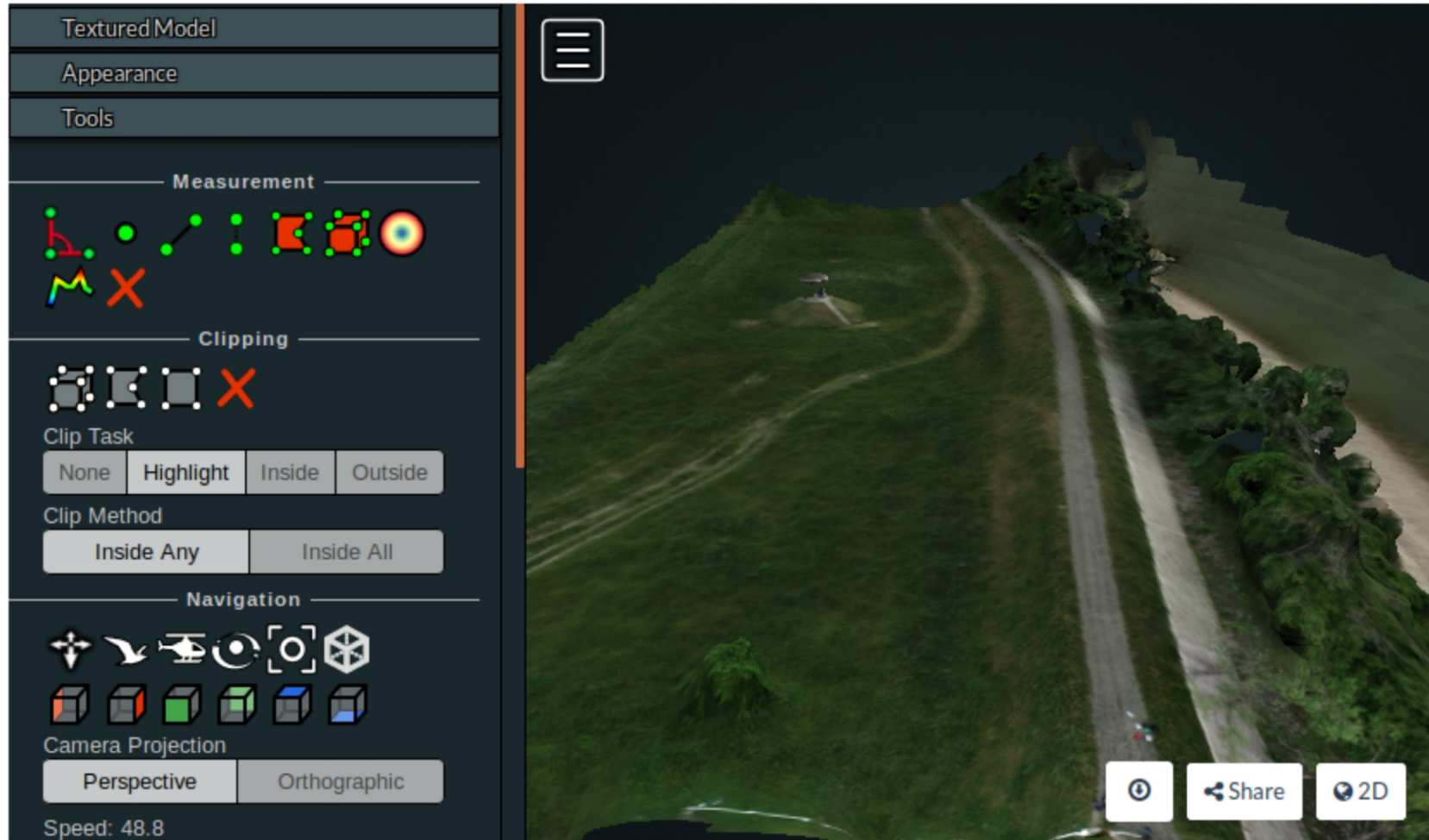
Height profile

Number of Points: 11,150 CSV(2D) LAS(3D)

x	589,783.813
y	231,323.094
z	747.505
color	86, 109, 71, 0
mileage	213.227

Pot

- F
- V



The screenshot displays a 3D software interface with a dark theme. On the left is a vertical toolbar with several sections:

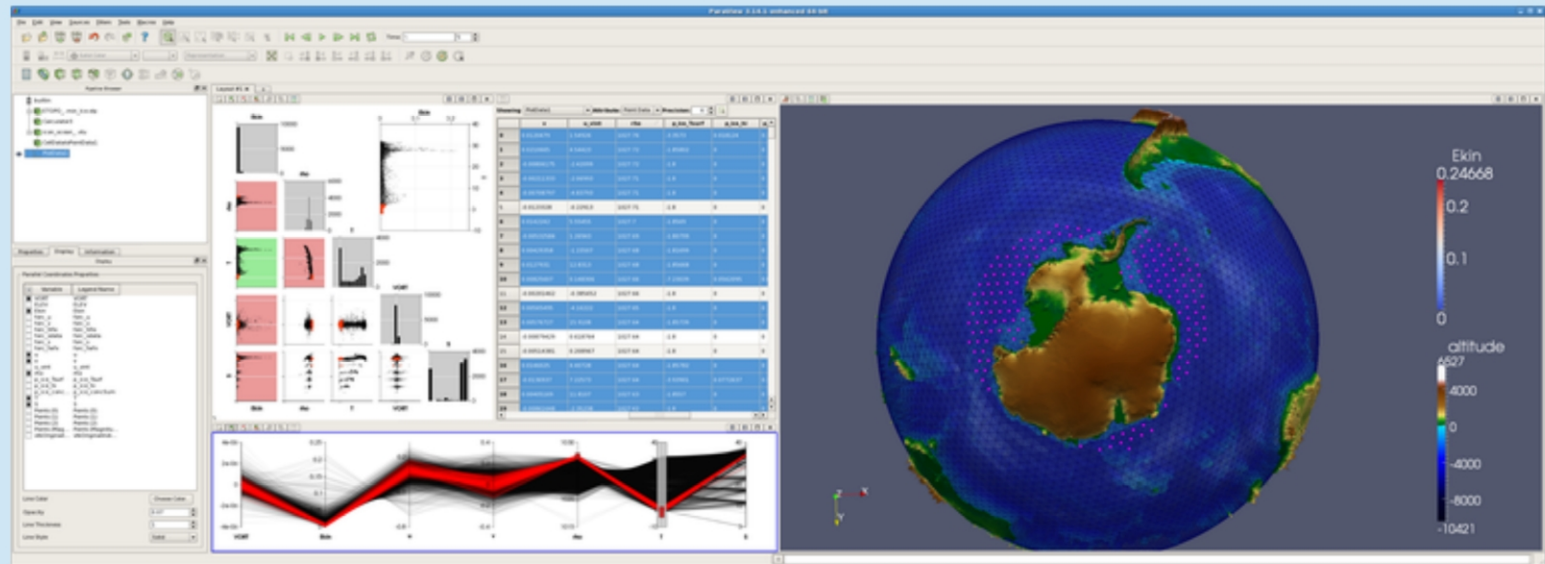
- Textured Model**: A header for the main 3D view.
- Appearance**: A section for visual settings.
- Tools**: A section containing:
 - Measurement**: Includes icons for point-to-point, radius, area, and volume measurements.
 - Clipping**: Includes icons for clipping planes and a red 'X' icon.
 - Clip Task**: Buttons for 'None', 'Highlight', 'Inside', and 'Outside'.
 - Clip Method**: Buttons for 'Inside Any' and 'Inside All'.
 - Navigation**: Includes icons for fly, walk, and rotate, along with a 3D cube icon.
 - Camera Projection**: Buttons for 'Perspective' and 'Orthographic'.

The main 3D view shows a green terrain with a dirt road and a small structure. At the bottom right of the 3D view are three buttons: a circular arrow icon, a 'Share' button, and a '2D' button. At the bottom left of the interface, the text 'Speed: 48.8' is visible.

Megjelenítők

ParaView

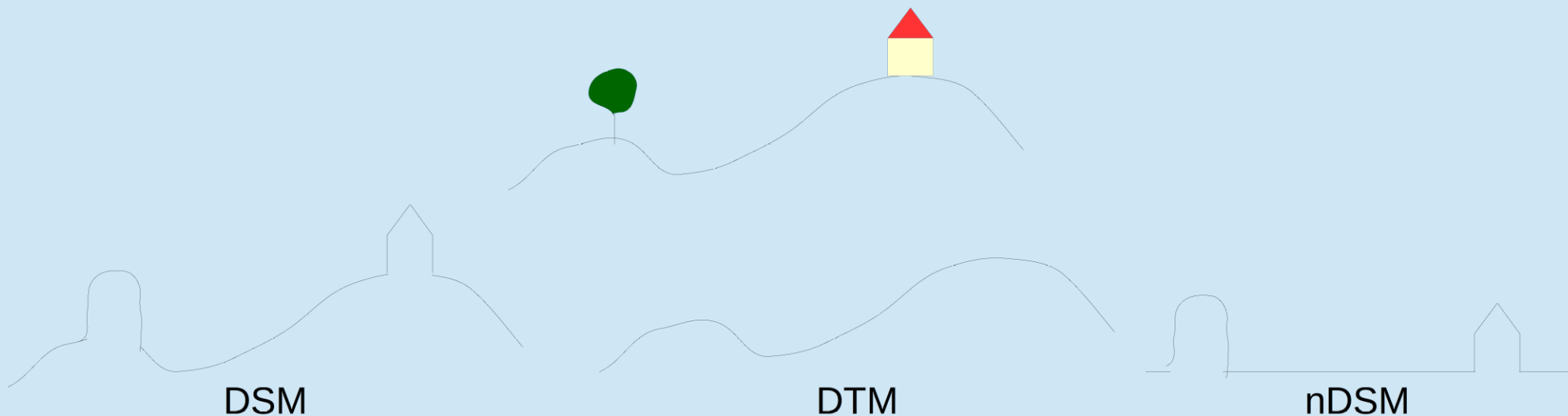
- Animációk lejátszása



GIS szoftverek

Néhány fogalom

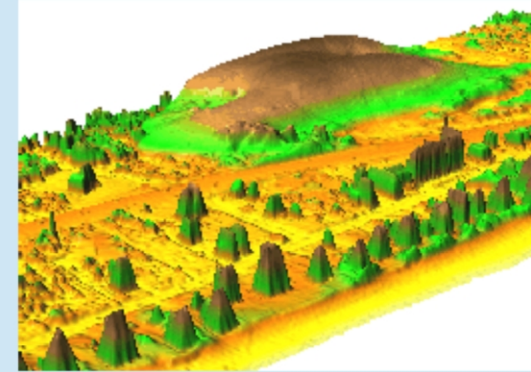
- DSM – digitális felszínmodell (első visszaverődés)
- DTM – digitális terepmodell (utolsó visszaverődés, épület?)
- nDSM – normalizált felszínmodell (DSM - DTM)



GIS szoftverek

GRASS GIS

- LAS fájlok betöltése (többszörös visszaverés)
- DEM/DSM szétválasztás
- Élkeresés, terep - objektum szétválasztás



GIS szoftverek

SAGA GIS

- Pontfelhő beolvasás LAS, XYZ
- Pontritkítás (minden i-edik), kivágás
- Transzformálás: eltolás, forgatás, skálázás
- DSM → DTM szűrés
- Pontfelhő → rács átalakítás
- Pontfelhő export

Esettanulmányok pontfelhők feldolgozására



- **Pontfelhő georeferálása**
- Pontfelhők illesztése egymáshoz (ICP)
- Térfogatszámítás
- Pontfelhő manuális kiértékelése
- Alakzatok felismerése (RANSAC)
- Pontfelhő átalakítása 3D lapokká (3D háló)

Pontfelhő georeferálása

DB Tree

- pointcloud.ply (/media/...
- pointcloud - Cloud
- 180416.csv (/media/siki/...
- 180416 - Cloud

Camera Link

Properties

Point-pair registration
Achievable RMS

show 'to align' cloud

r = 20.000 RMS < 10%

	X	Y	Z	Error	
A1	-0.973806	1.26666	6.27236	0.00864...	X
A2	0.0209019	0.68697	7.68268	0.0132373	X
A3	1.01717	1.13669	6.39926	0.0089812	X
A4	-1.26481	1.94418	5.88122	0.0138745	X
A5	0.673774	1.97954	6.28668	0.00479...	X

show 'reference' cloud

	X	Y	Z	Error	
R0	1.446	10.209	6.184	0.00892...	X
R1	2.296	10.539	2.514	0.00864...	X
R2	4.614	12.75	4.322	0.0132373	X
R3	6.3	10.216	2.818	0.0089812	X
R4	1.663	10.191	0.987	0.0138745	X

adjust scale

Rotation: XYZ Tx Ty Tz

auto update zoom

align reset ✓ X

New size = 1040 x 547 (px)

Pick equivalent points on both clouds (at least 3 pairs - mind the order) (you can add points manually if necessary)

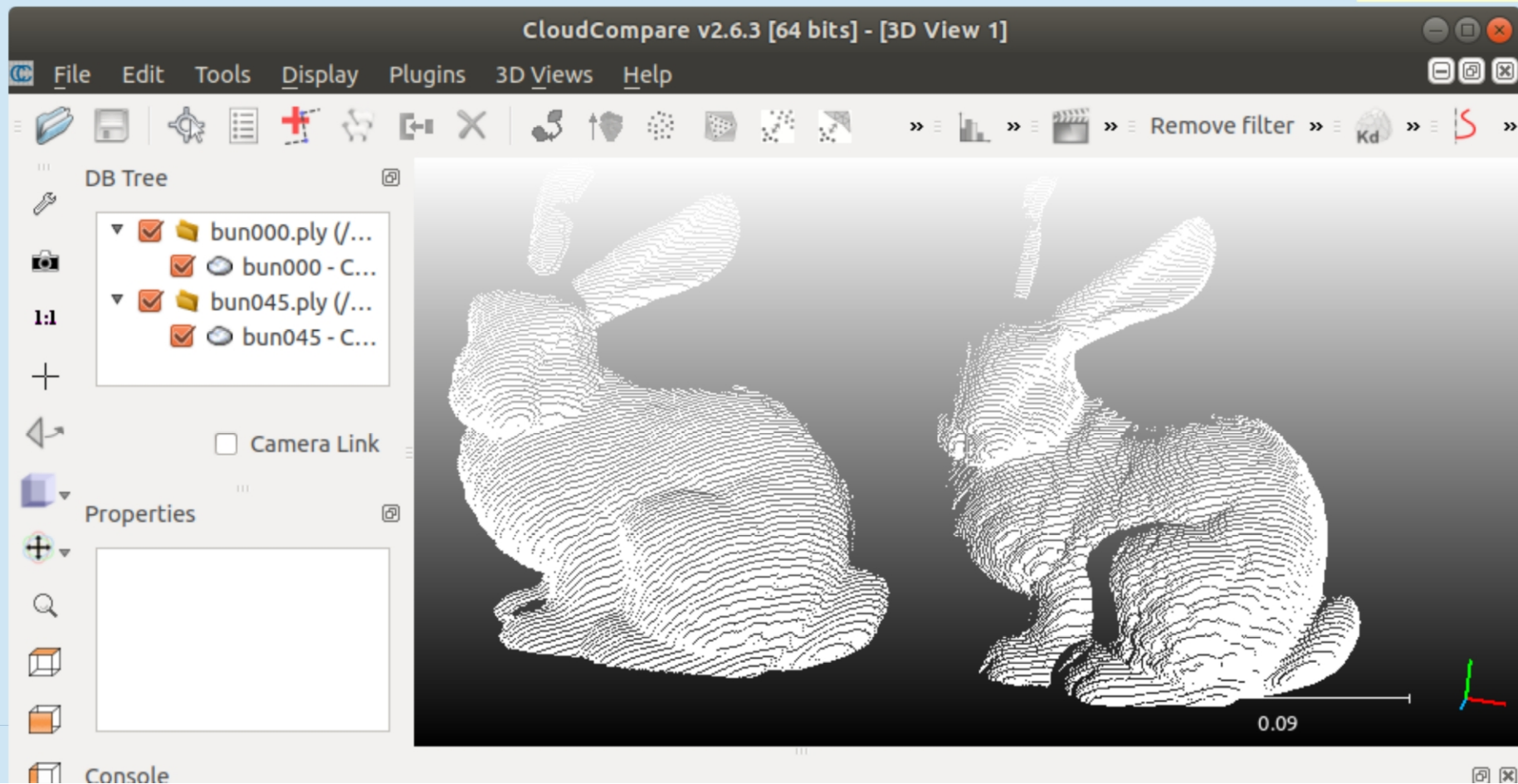
2.5

Esettanulmányok pontfelhők feldolgozására

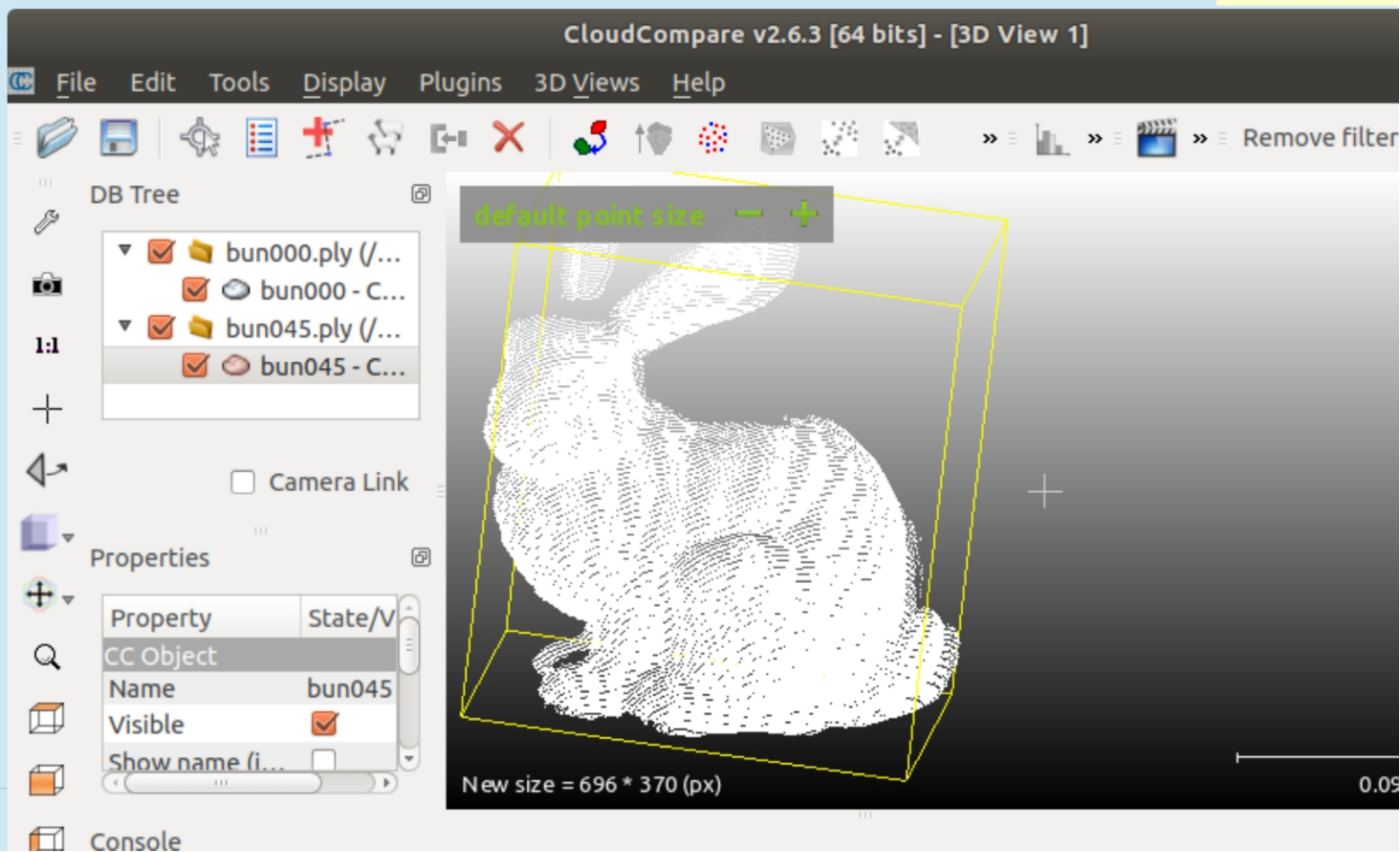


- Pontfelhő georeferálása
- **Pontfelhők illesztése egymáshoz (ICP)**
- Térfogatszámítás
- Pontfelhő manuális kiértékelése
- Alakzatok felismerése (RANSAC)
- Pontfelhő átalakítása 3D lapokká (3D háló)

Pontfelhők egymáshoz illesztése



Pontfelhők egymáshoz illesztése



Pontfelhők egymáshoz illesztése



CloudCompare v2.6.3 [64 bits] - [3D View 1]

File Edit Tools Display Plugins 3D Views Help

Remove filter Kd

DB Tree

- ☑ bun000.ply (/...)
- ☑ bun000 - C...
- ☑ bun045.ply (/...)
- ☑ bun045 - C...

Camera Link

Properties

Property	State/V
CC Object	
Name	bun045
Visible	☑
Show name (i...	

Console

Register info

Final RMS: 0.00310733 (computed on 40256 points)

Transformation matrix

0.970	0.051	0.238	-0.010
-0.052	0.999	-0.004	0.006
-0.238	-0.009	0.971	0.020
0.000	0.000	0.000	1.000

Scale: fixed (1.0)

Theoretical overlap: 100%

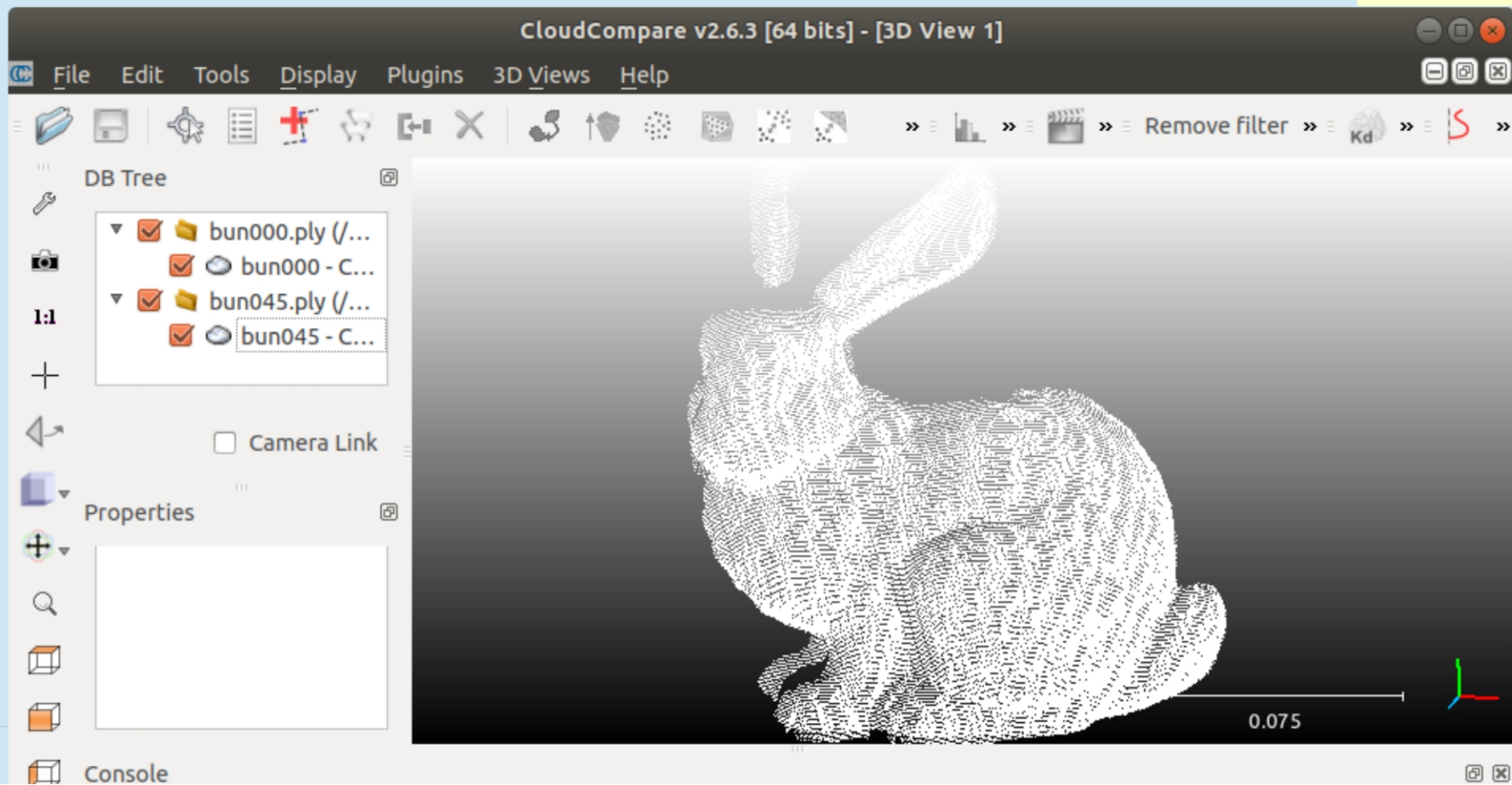
This report has been output to Console (F8)

OK

New size = 696 * 370 (px)

0.09

Pontfelhők egymáshoz illesztése



Vízszintes alapsíktól
Két pontfelhő között
(előtte/utána)

Megadott
felbontású rács
generálása után

Ground / Before

Source: Constant

Empty cells: leave empty

110.000000

↕

Ceil / After

Source: god_banya - Cloud

Empty cells: interpolate

0.000000

Grid

step: 1.000000 Edit grid

size: 235 x 284

projection dir.: Z

cell height: average height

Update

Results

Volume: 376,755.192

Surface: 49,481.000

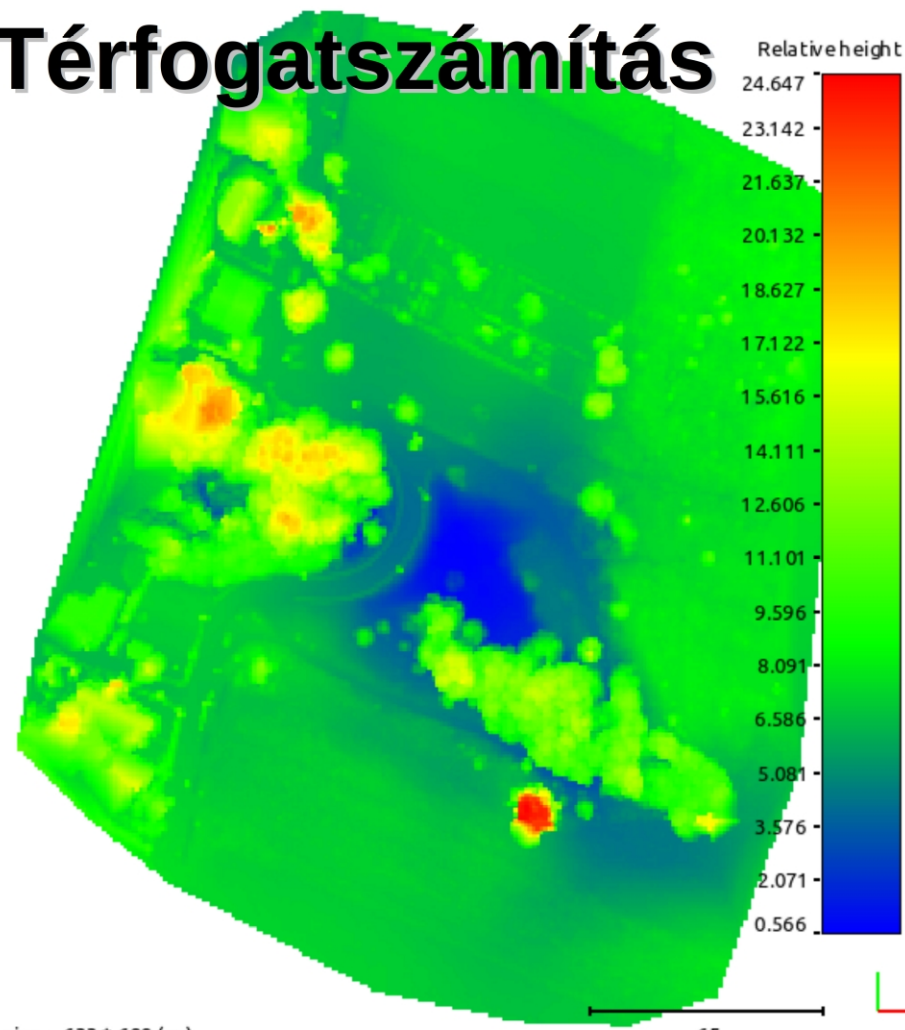
Added volume: (+)376,755.192

Copy to clipboard

Num. precision: 3

Cancel OK

Térfogatszámítás

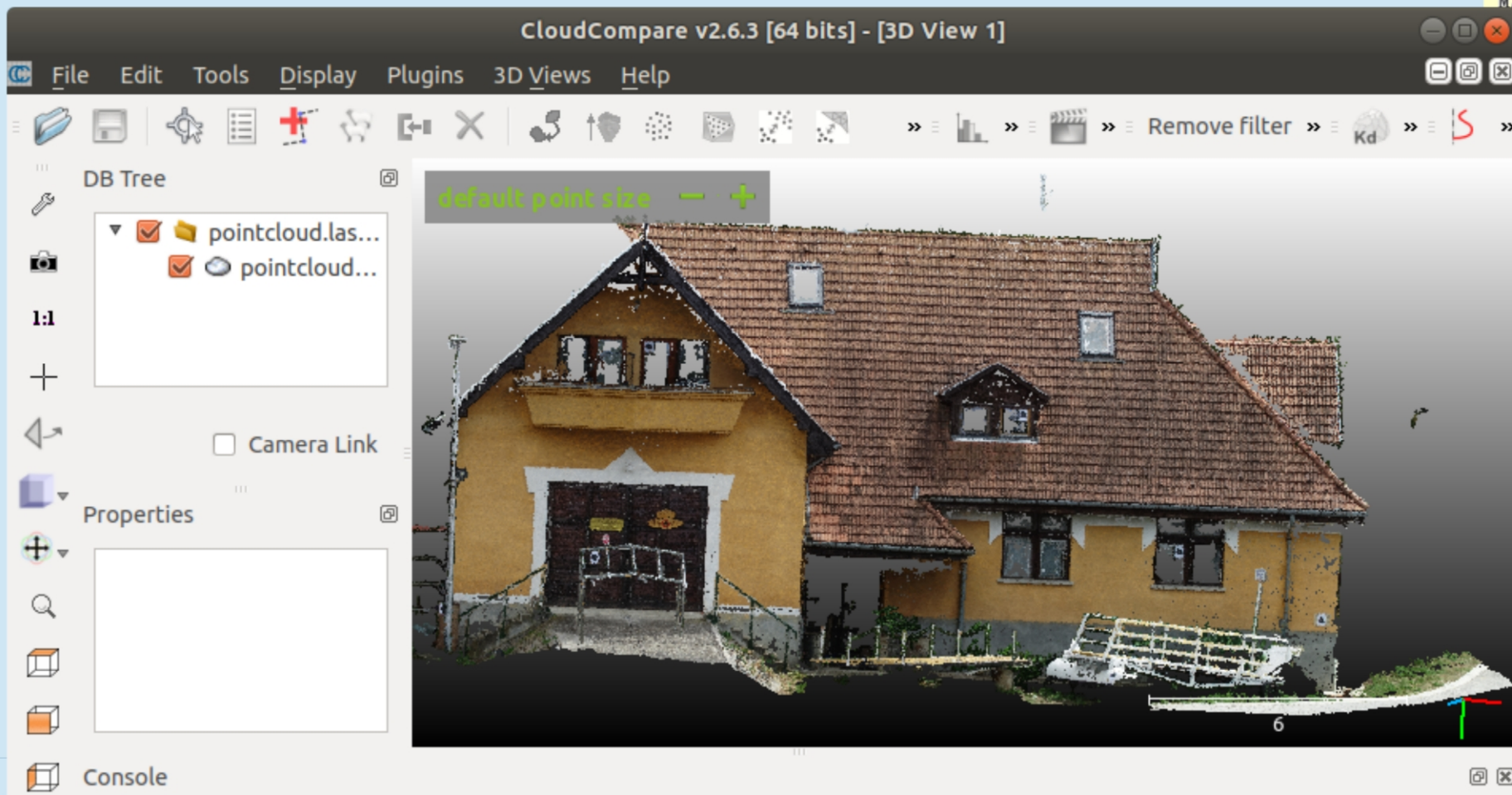


Esettanulmányok pontfelhők feldolgozására

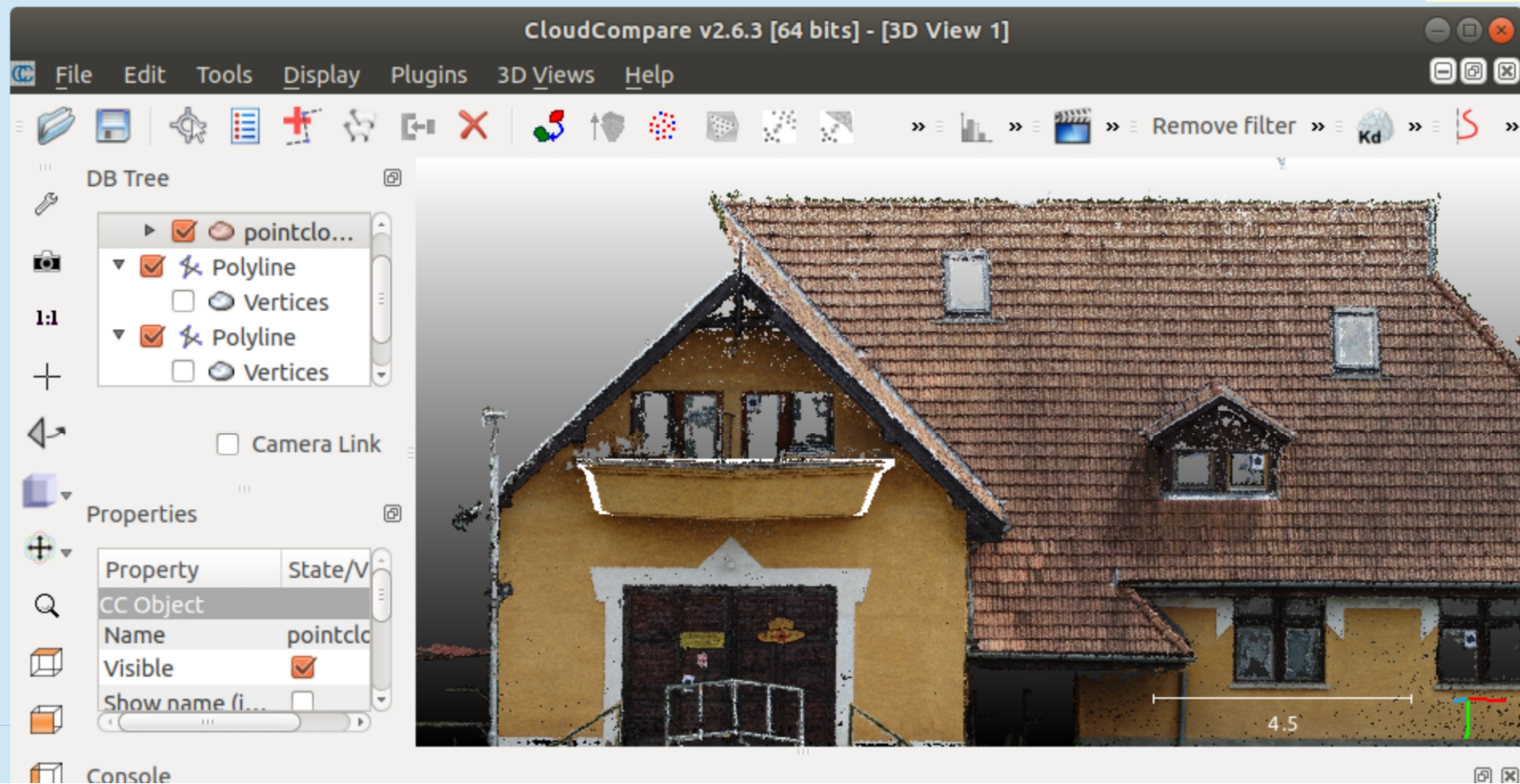


- Pontfelhő georeferálása
- Pontfelhők illesztése egymáshoz (ICP)
- Térfogatszámítás
- **Pontfelhő manuális kiértékelése**
- Alakzatok felismerése (RANSAC)
- Pontfelhő átalakítása 3D lapokká (3D háló)

Pontfelhő manuális kiértékelése



Pontfelhő manuális kiértékelése



Pontfelhő manuális kiértékelése



CloudCompare v2.6.3 [64 bits] - [3D View 1]

File Edit Tools Display Plugins 3D Views Help

DB Tree

- ✓ Polyline
 - Vertices
- ✓ Polyline
 - Vertices

Camera Link

Properties

Property	State/V
CC Object	
Name	Vertices
Visible	✓
Show name (i...	

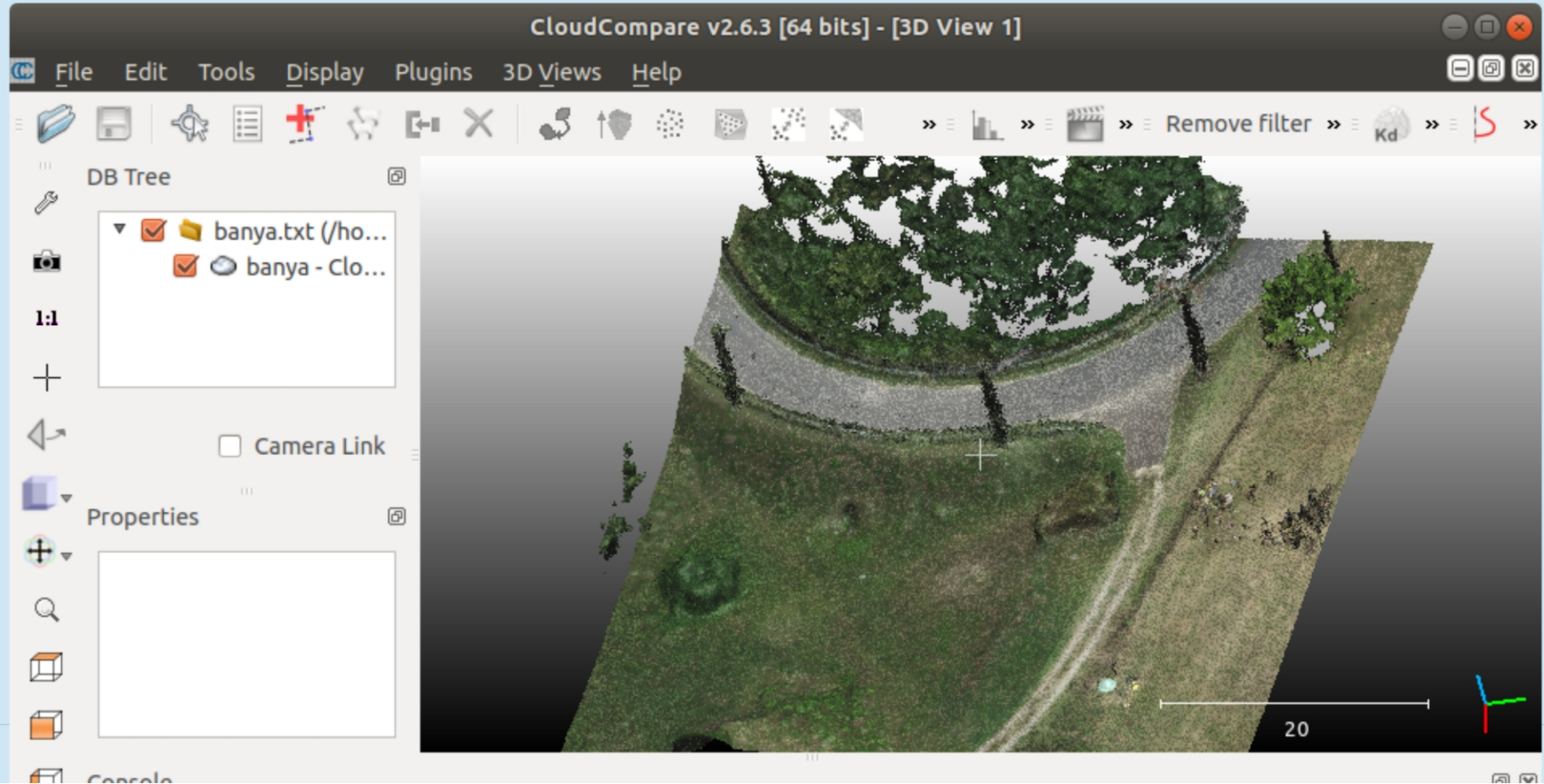
4.5

Esettanulmányok pontfelhők feldolgozására

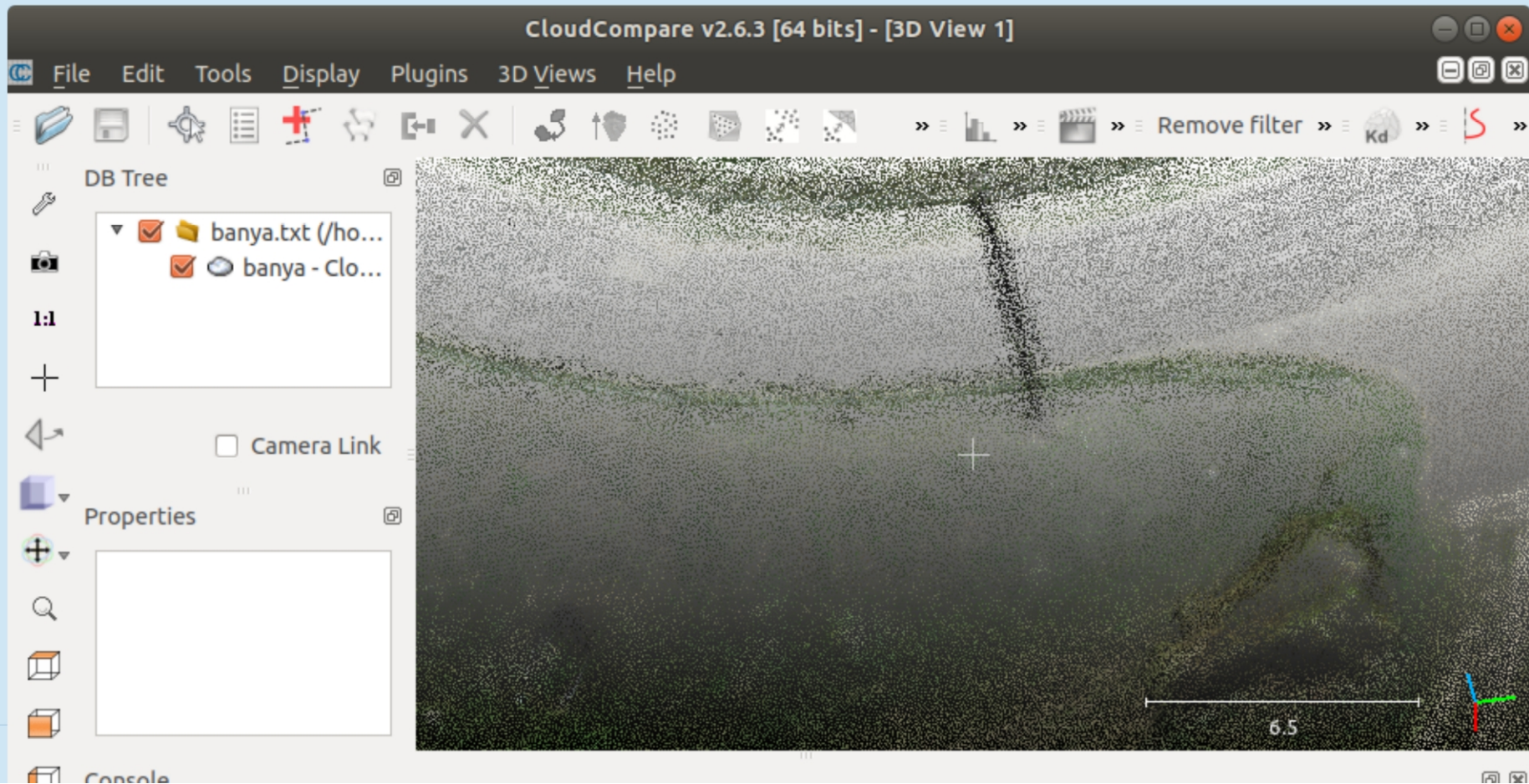


- **Pontfelhő georeferálása**
- Pontfelhők illesztése egymáshoz (ICP)
- Térfogatszámítás
- Pontfelhő manuális kiértékelése
- Alakzatok felismerése (RANSAC)
- Pontfelhő átalakítása 3D lapokká (3D háló)

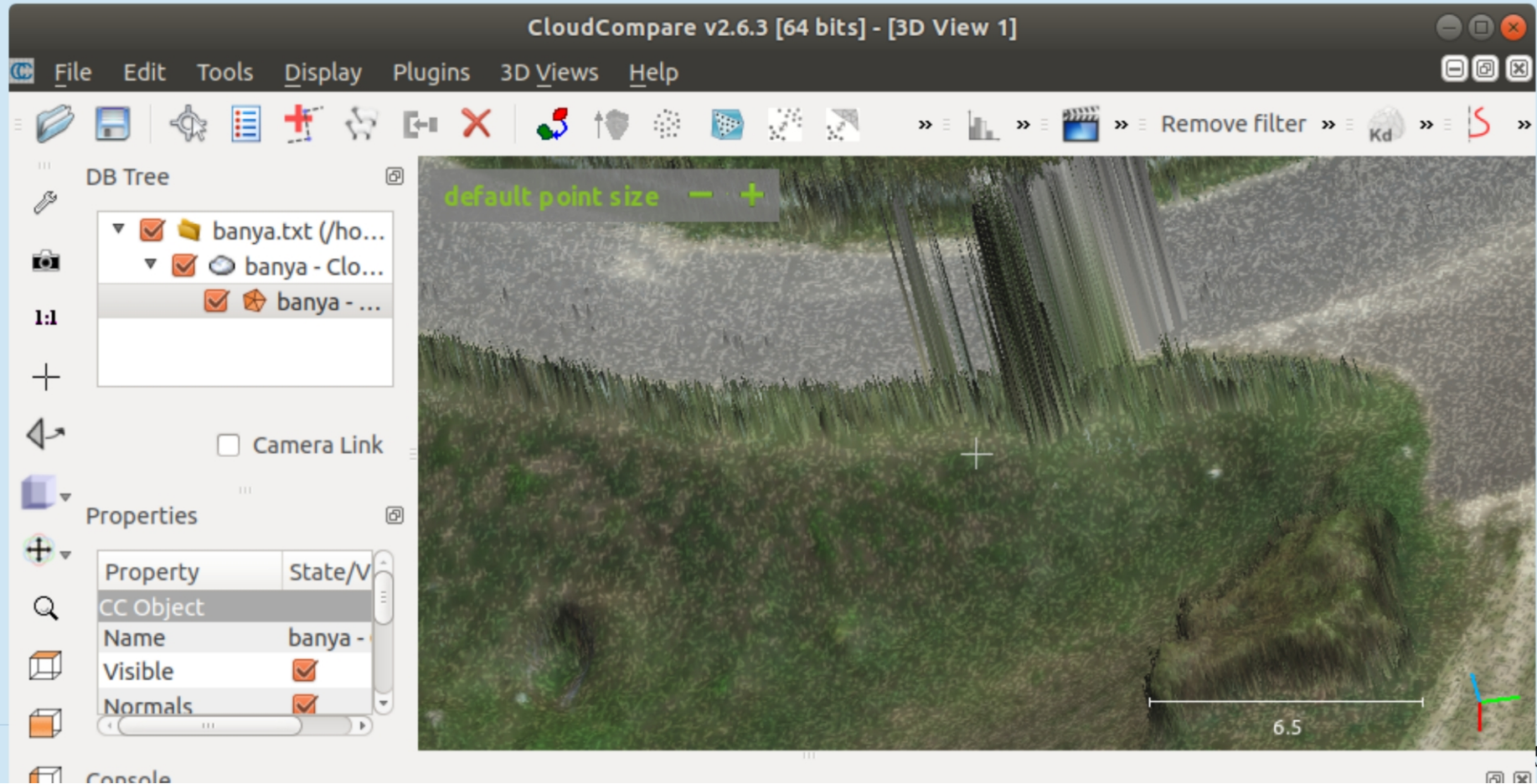
Pontfelhő átalakítása 3D lapokká



Pontfelhő átalakítása 3D lapokká



Pontfelhő átalakítása 3D lapokká

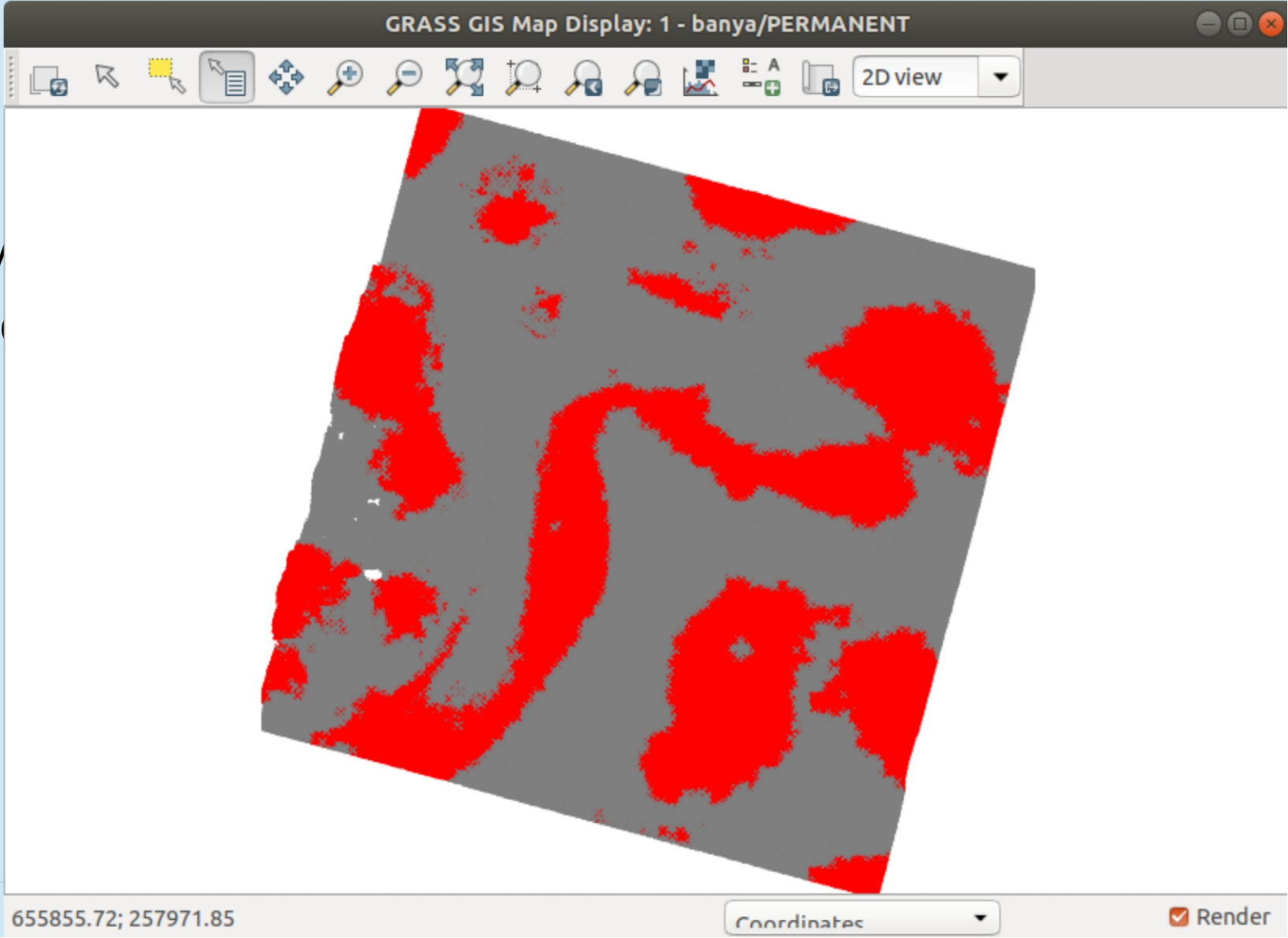


GRASS DSM → DTM

v.in.lidar banya1.las output=banya1

v.edgedetection banya1

v.in.lidar bany
v.edgedetecti



GRASS DSM → DTM



v.in.lidar banya1.las output=banya1

v.edgedetection banya1

v.category input=banya2 option=del cat=2,3 output=banya4

v.in.lidar bany
v.edgedetecti
v.category inp

