Hoonestatud alade tuvastamine Sentinel-1 tehisavaradari mõõtmiste põhjal

Eva-Maria Tõnson[1],
Kalev Koppel, Anni Sisas,
Kaupo Voormansik

[1] Hugo Treffneri Gümnaasium

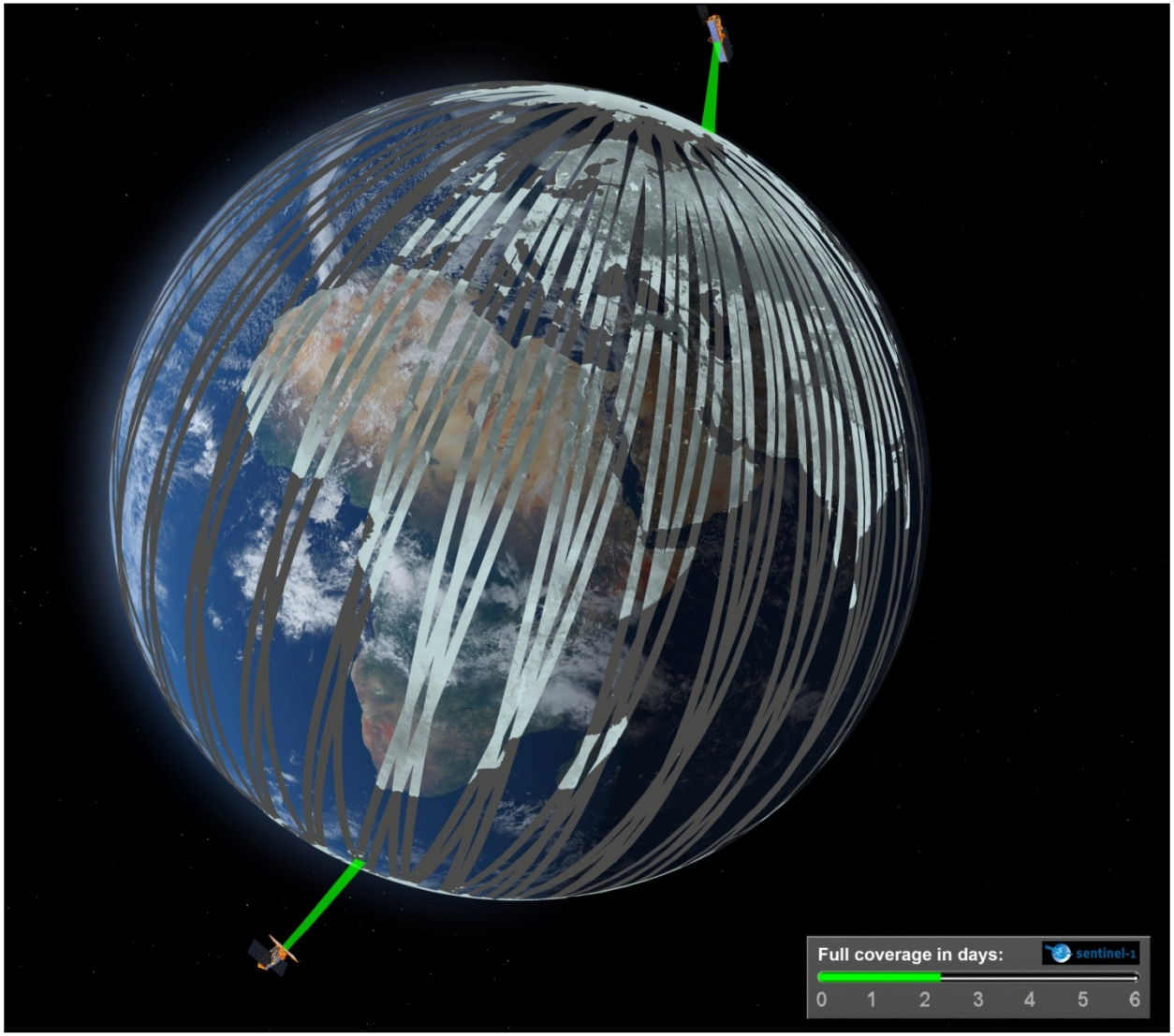
12. klass

Linnade kasv



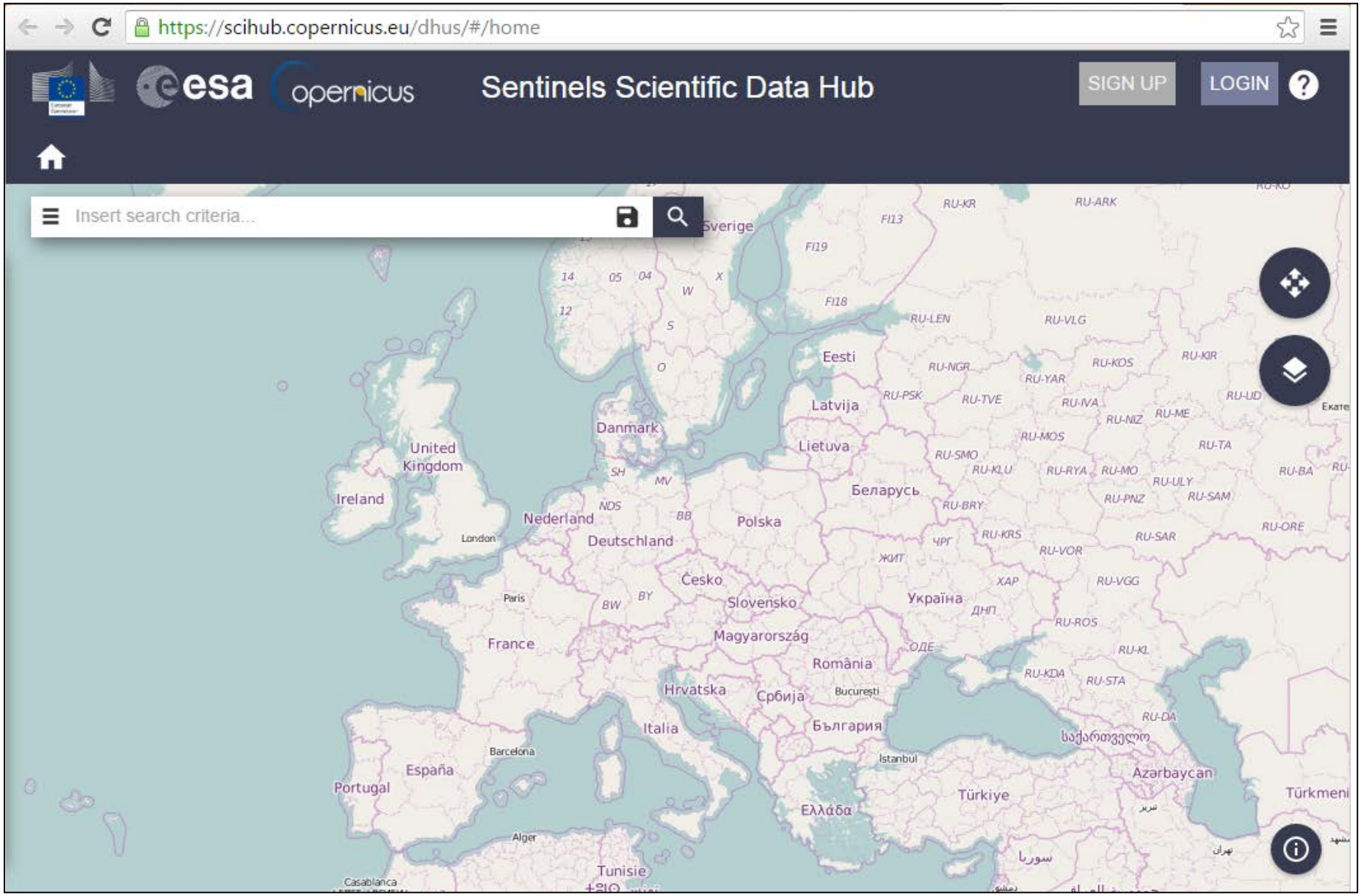
Joonis: Dhaka, Bangladesh. UN Photo/Kibae Park (2010).

Sentinel-1 ja Copernicuse programm



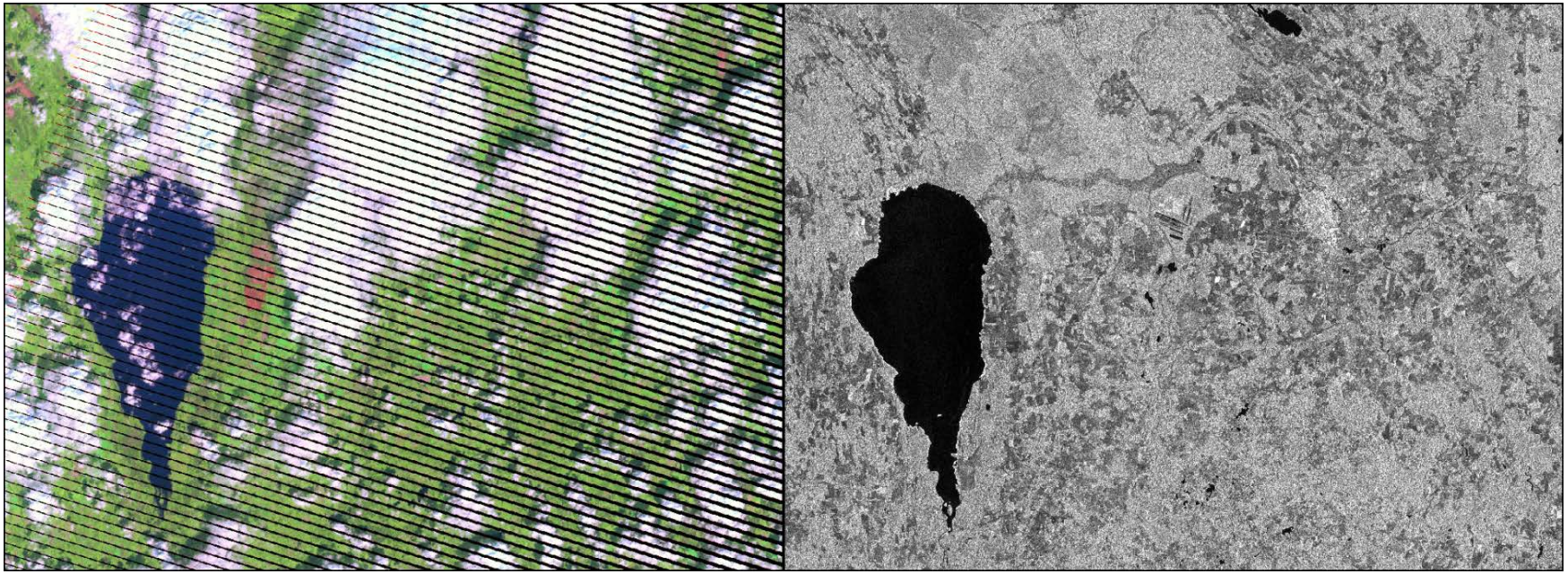
Joonis: Sentinel-1A ja B. ESA/ATG medialabs (2016).

Sentinels Scientific Data Hub



Tehisavaradar

- Genereerib ja mõõdab $\lambda \approx 5{,}6$ cm elektromagnetkiirguse tagasihajumist.



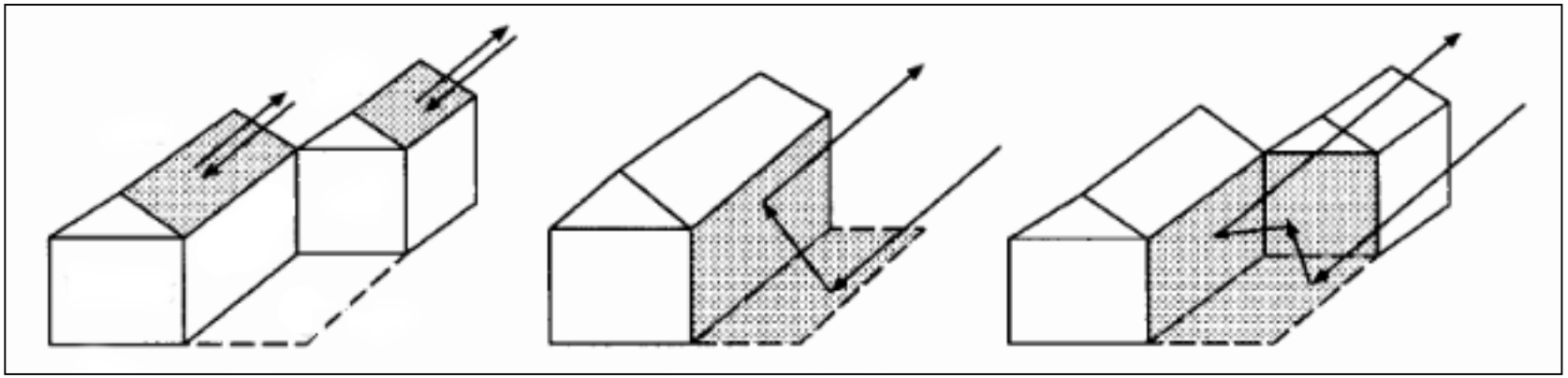
Joonis: Landsat 7 ja Sentinel-1 radaripilt 27. juunil 2015. USGS/ESA (2015).

Sentinel-1 tehisavaradari näitajad

Satelliit	Sentinel-1
Instrument	C-SAR
Kasutatud režiim	*Interferometric wide swath mode* (IW)
Kasutatud produkti liik	*Level-1 ground range detected high resolution* (GRDH)
Lahutus (maapealne ulatus (m) × asimuut (m))	20 × 22
Polarisatsioon	VV ja VH
Vaateala laius (km)	250

Hoonestatud alad radaripildil

- Sobivalt orienteeritult ehitistelt peegeldub saadetud signaal tagasi.

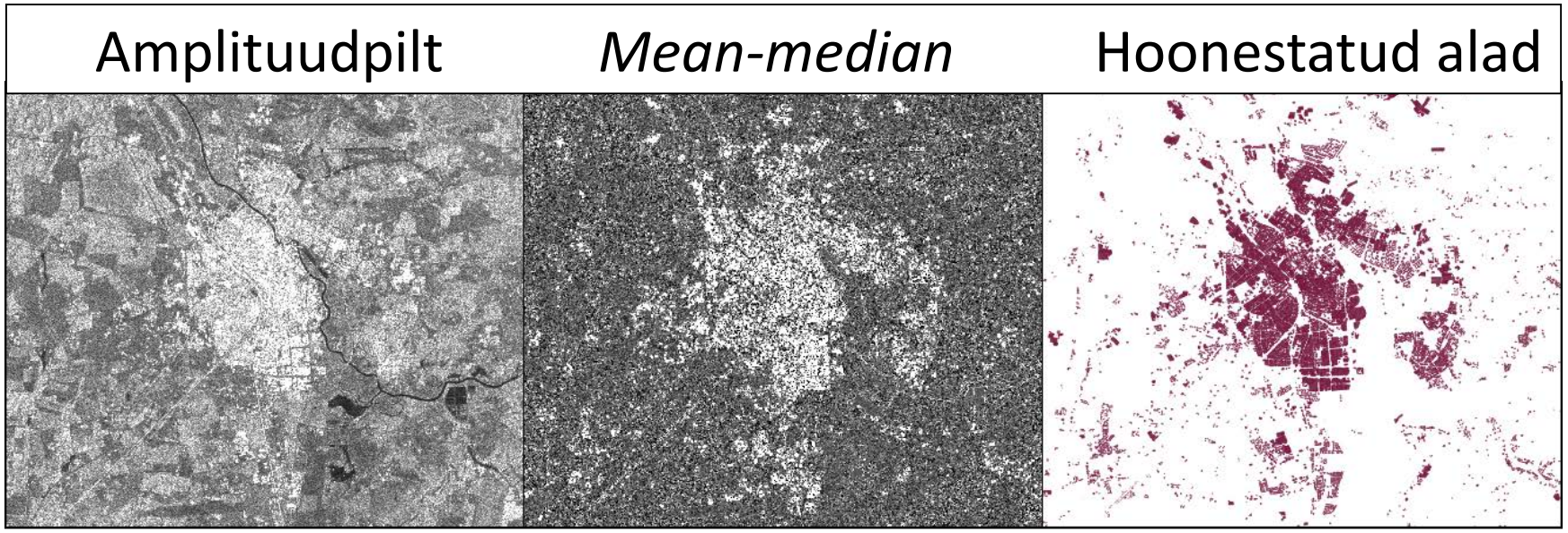


Joonis: Hoonestatud aladele iseloomulik tagasihajumine (kohandatud Dong *et al.* järgi)

- Seetõttu on tehisavaradari amplituudpildil hoonestatud aladel järsemad üleminekud kui loodusaladel.

Mean-median- ehk MM-meetod

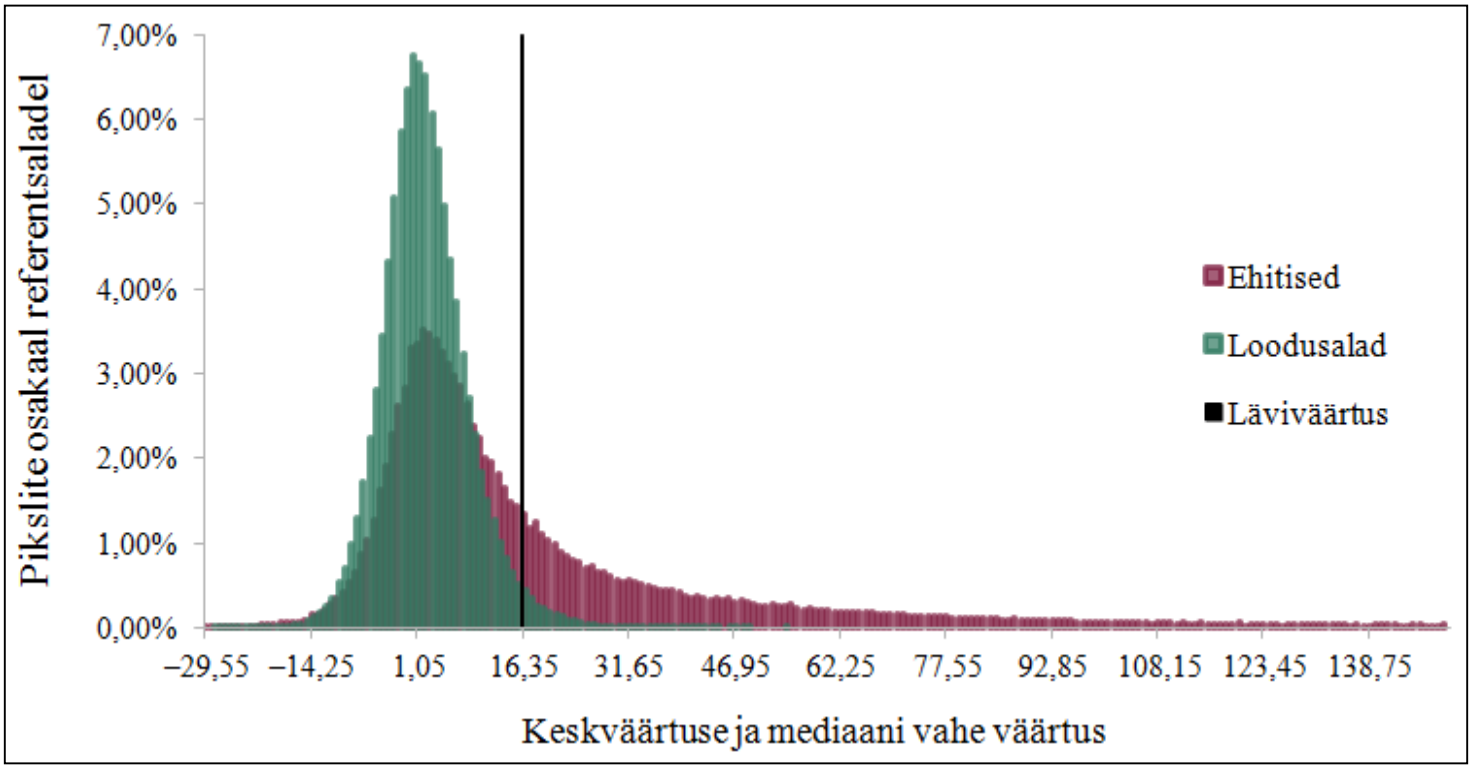
- Hoonestatud aladel on naaberpikslite jaotuses rohkem üksikuid väga eredaid piksleid.
- Sellele vastab kõrge keskväärtuse (*mean*) ja mediaani (*median*) vahe.



Joonis: Sentinel-1 pilt 16. märtsil 2015, keskväärtuse ja mediaani vahe ning hoonestatud alad. ESA/Maa-amet (2015).

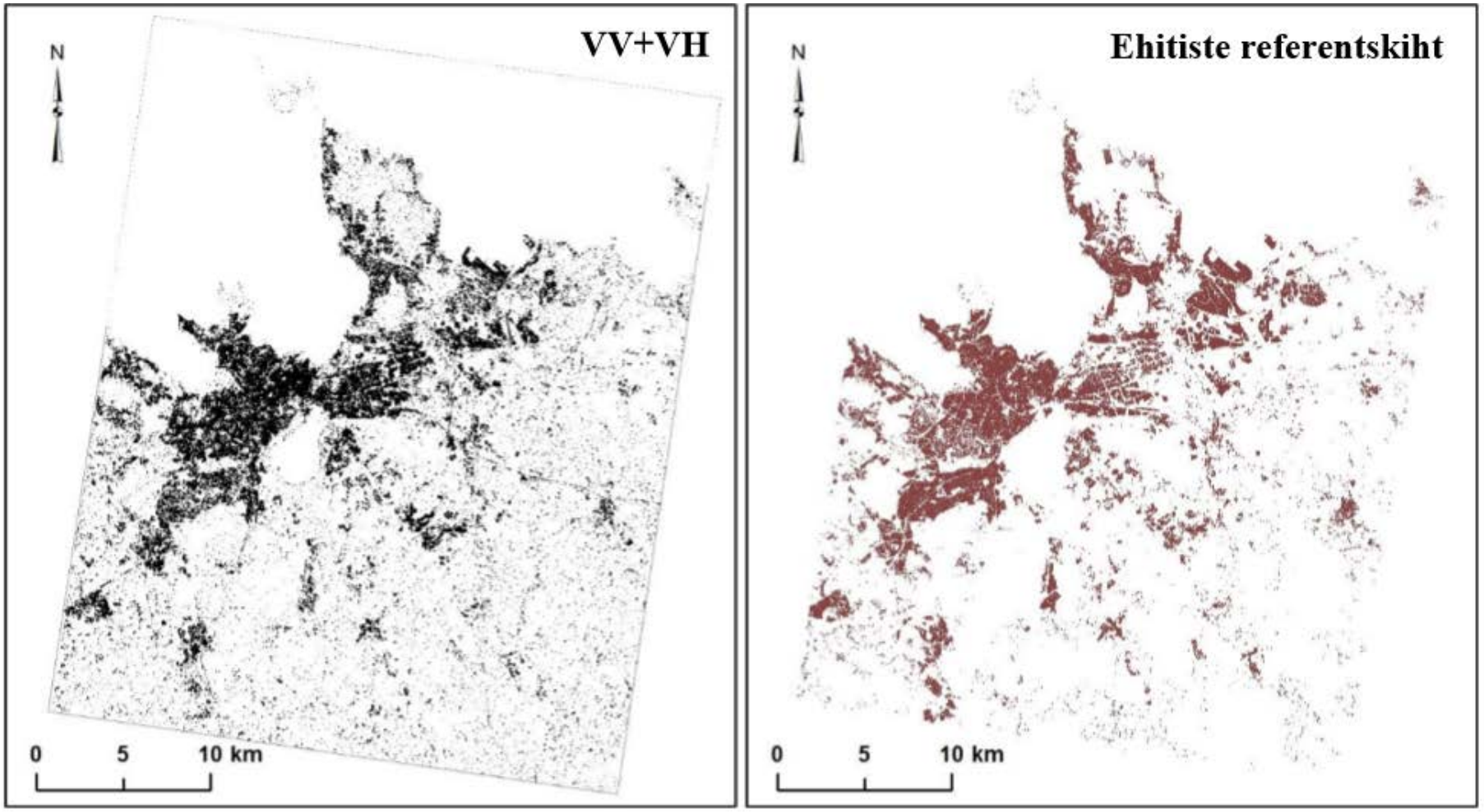
Läviväärtuse määramine

- Ühepoolne läviväärtus
- Jättes välja 95% loodusalade pikslite valikust.



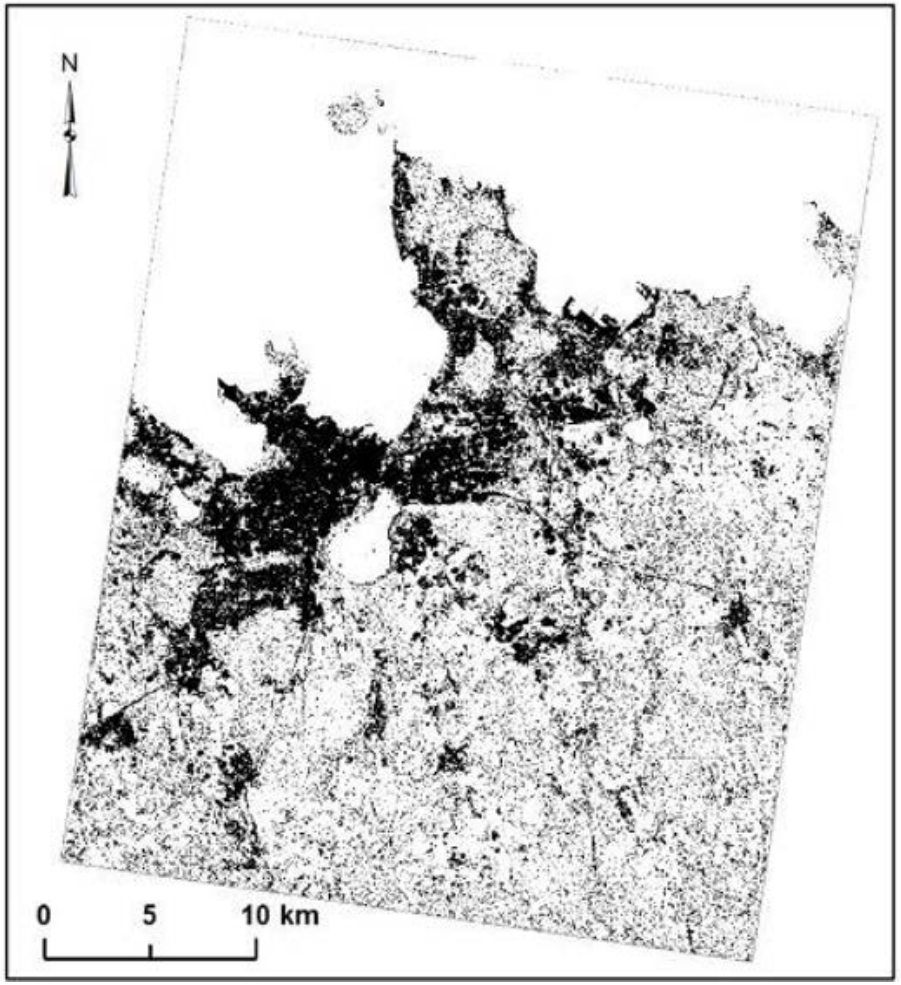
Joonis: Pikslite väärtuste jagunemine ja 04.10.2014 Sentinel-1 VV-polarisatsiooni kanali MM-kihi andmetel

VV- ja VH-kanali kuiva ilma piltide kombineerimine



Joonis: Mustaga on tähistatud 95% piiri rakendamisel tuvastatud ehitised VV- ja VH-kanali kombineerimisel (vasakul; kogutäpsus 82,2%) ning punakaspruuniga ehitiste referentskiht (paremal). Anni Sisas (2015).

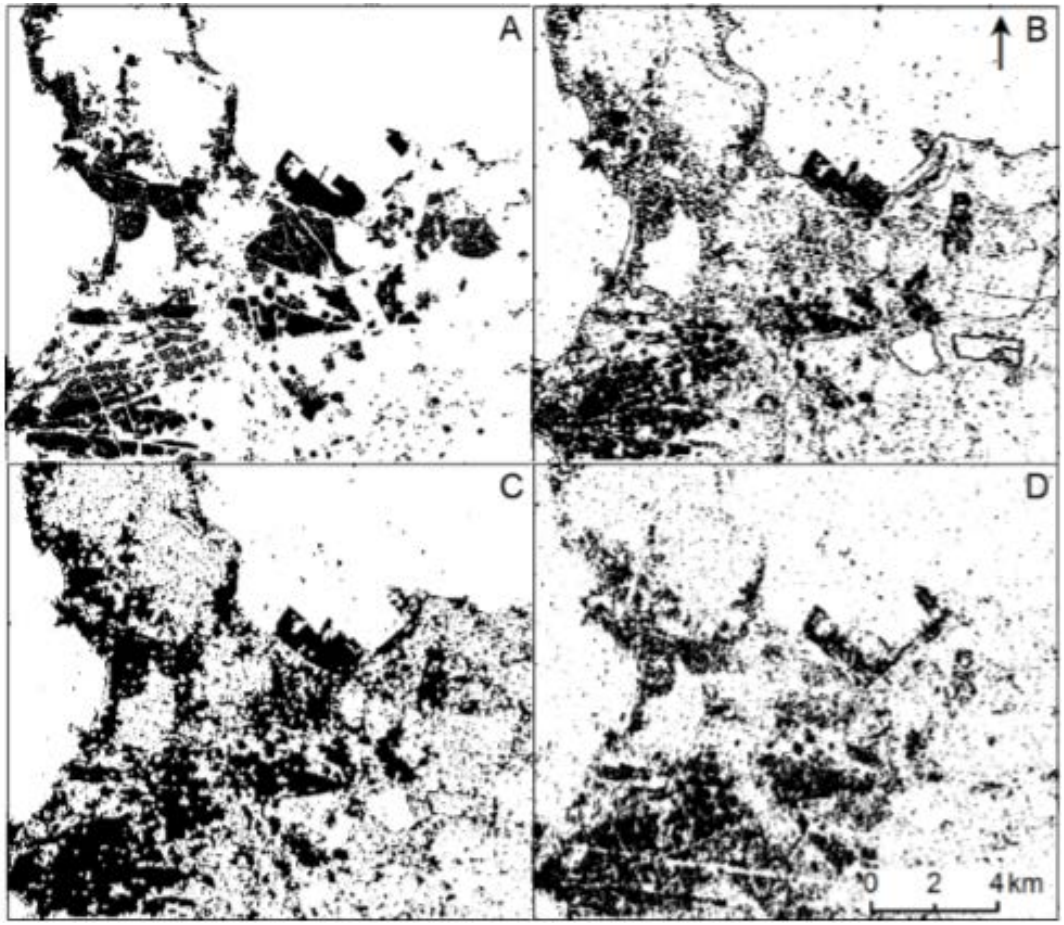
Tõusva ja langeva orbiidi VV- ja VH-kanali kombineerimine



- Klassifitseerimise kogutäpsus 89,1%.
- Visuaalselt paistab aga ehitiste esinemine radaripildil üle-hinnatud: ehitistele viitavaid musti täppe esineb rohkesti ka loodusaladel.

Joonis: Mustaga on tähistatud tõusva ja langeva orbiidi radaripildi VV- ja VH-kanali kombineerimisel tuvastatud ehitised. Anni Sisas (2015).

MM-meetodi võrdlemine teiste meetoditega Sentinel-1 andmetel



- Parim kogutäpsus saadi MM-meetodi rakendamisel 5x5 aknas.
- MM-meetodi klassifitseerimistäpsus on suurem kui haavelmüra lahknevusel, sest kombineerib lisaks lokaalse jaotusfunktsiooni infole ka amplituudiinfot.

Joonis: Ehitiste kiht (A), tuvastatud hoonestatud alad haavelmüra lahknevuse (B), MM-meetodi (C) ja interferomeetrilise koherentsuse (D) järgi. Tulemused kombineerivad mõlema orbiidi ja polarisatsiooni andmeid. K. Koppel, K. Zalite, A. Sisas, K. Voormansik, J. Praks, M. Noorma (2015).

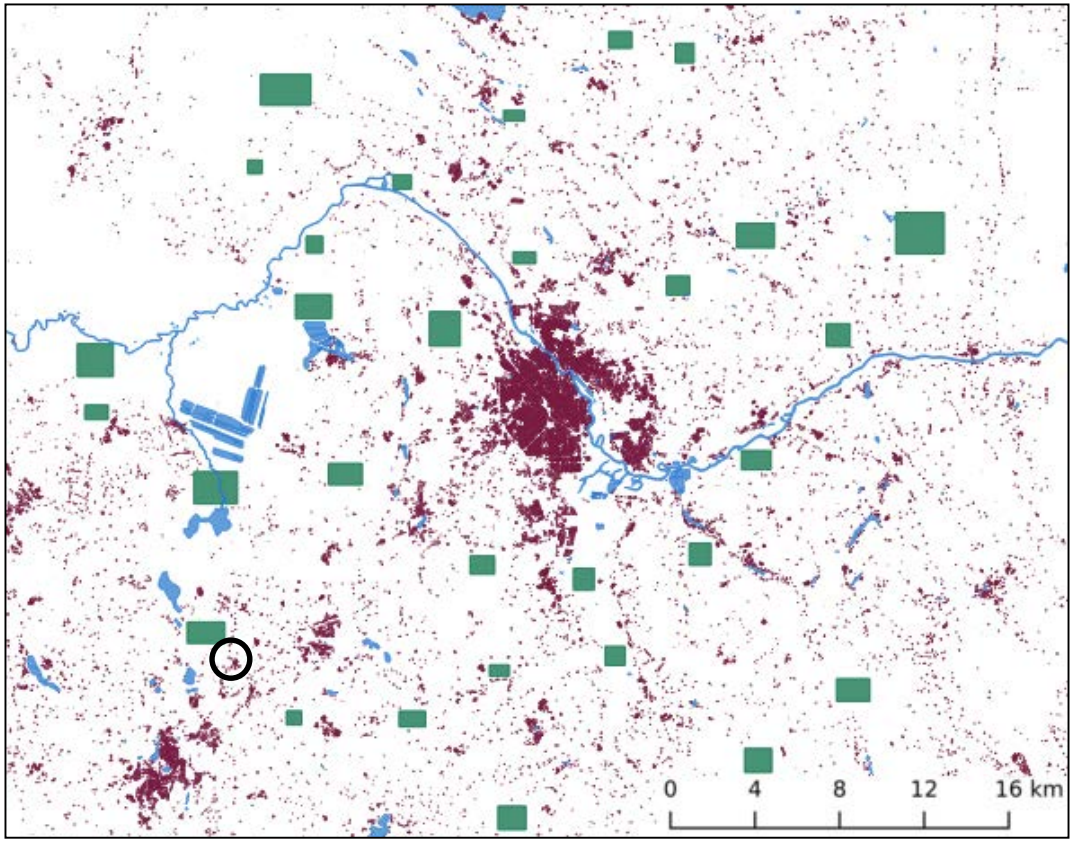
Eesmärgid

- Valehäirete vähendamine, kui ühe pildipaari asemel kasutada piisava ajalise vahega kahte pildipaari.

- Pildipaari moodustasid kuiva ilma tõusva ja laskuva orbiidi pilt.

Näidisandmed

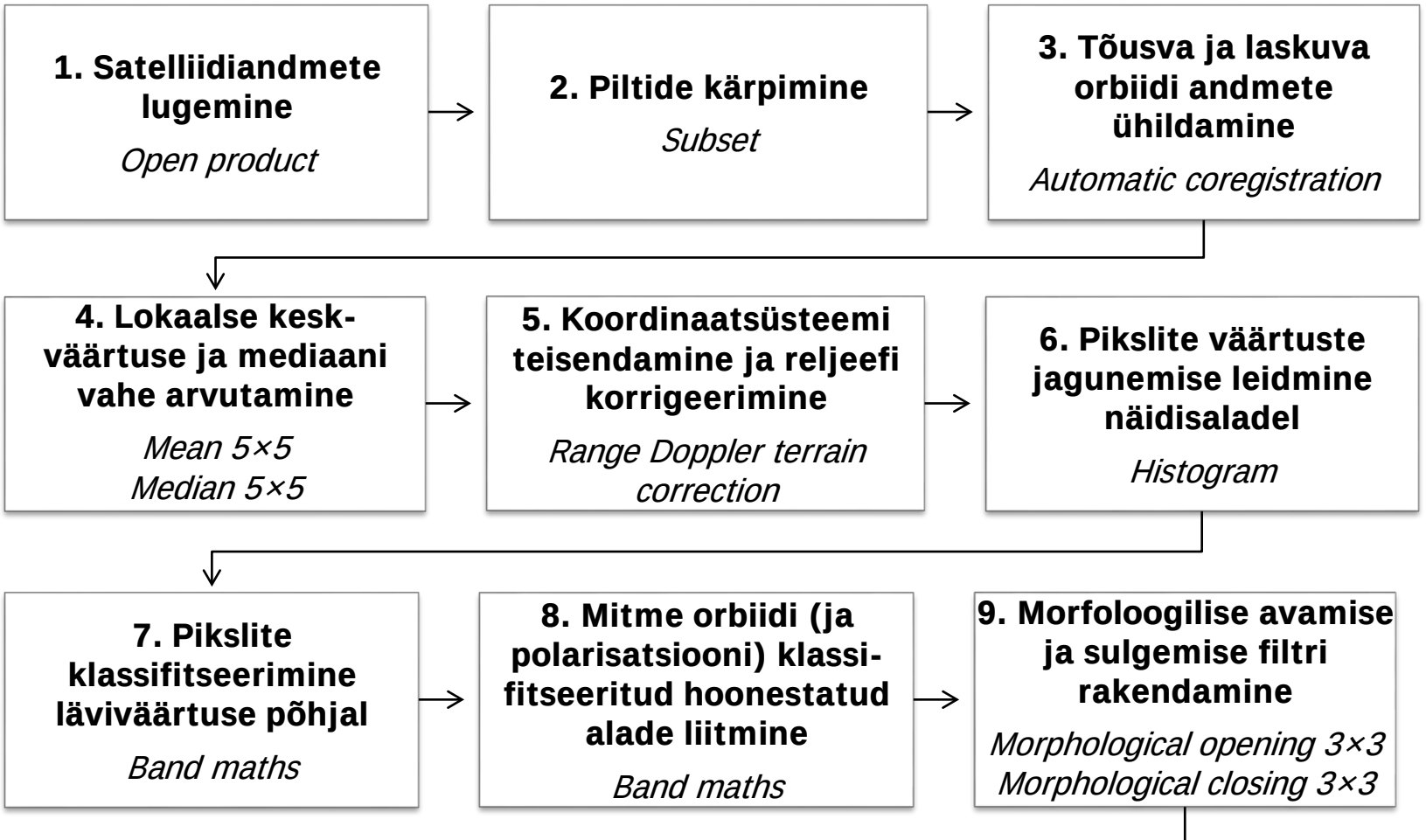
- Hoonestatud aladeks loeti piirkonnad hoonete, kasvuhoonete, katusealuste, tootmisõuede ja muud rajatistega.



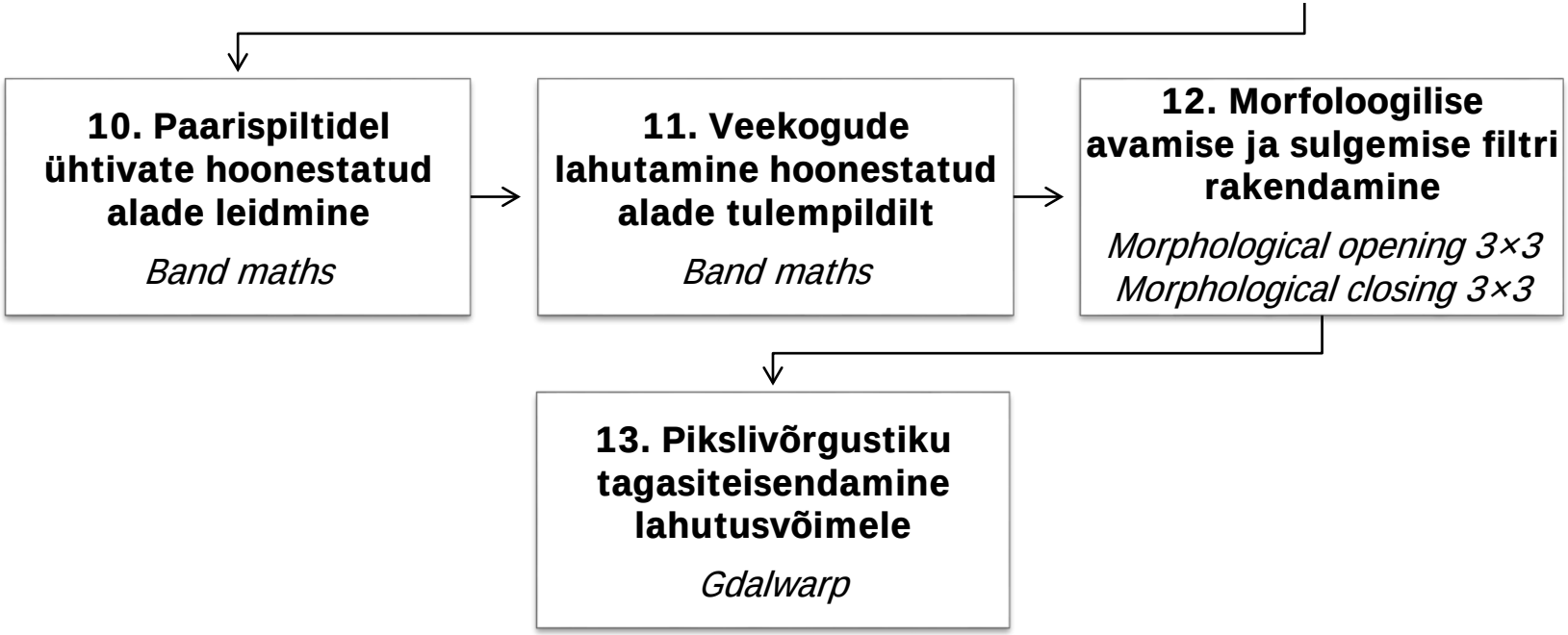
Joonis: Ehitiste (lilla), loodusalade (roheline) ja veekogude (sinine) näidiskiht. Maa-ameti ETAK ruumiandmed/Regio (2015).

Töötlusahel

- Töötlusahel kasutades Sentinel Application Platform ning Quantum GIS tarkvarapakette.



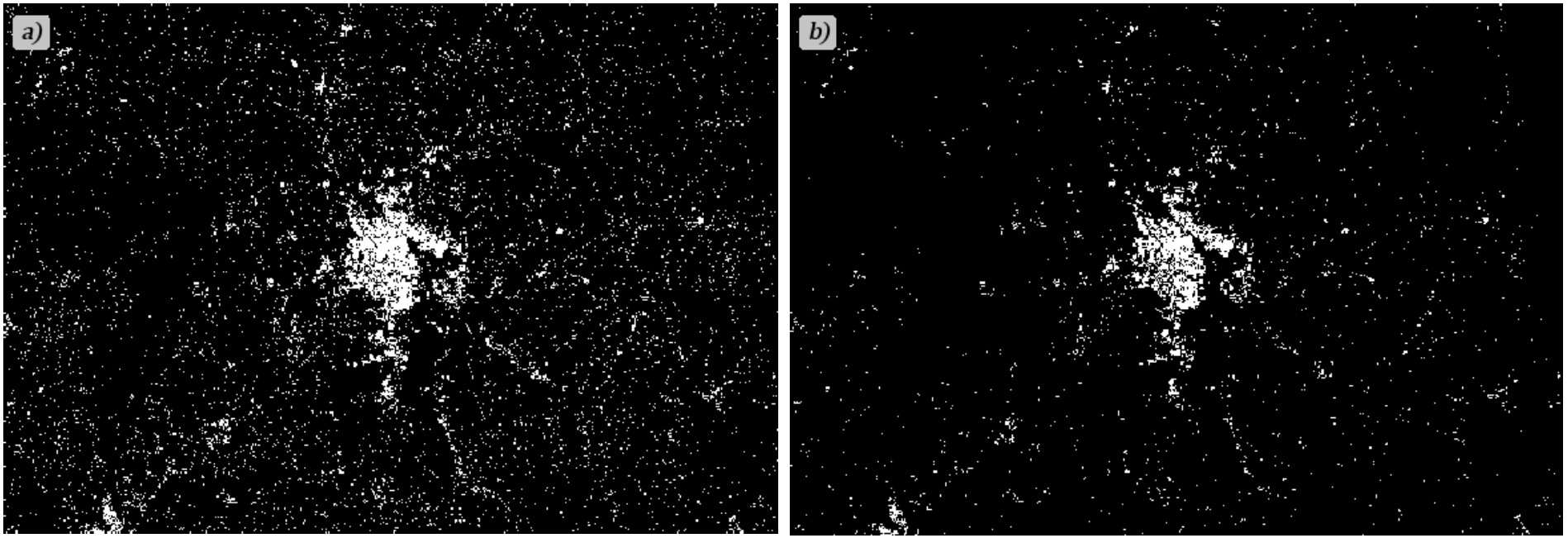
Töötlusahel



- Täpsust hinnati töötlusahelas mitte kasutatud näidisandmetel (hoonestatud alade, loodusalade ning kogutäpsus).

Valehäirete vähendamine

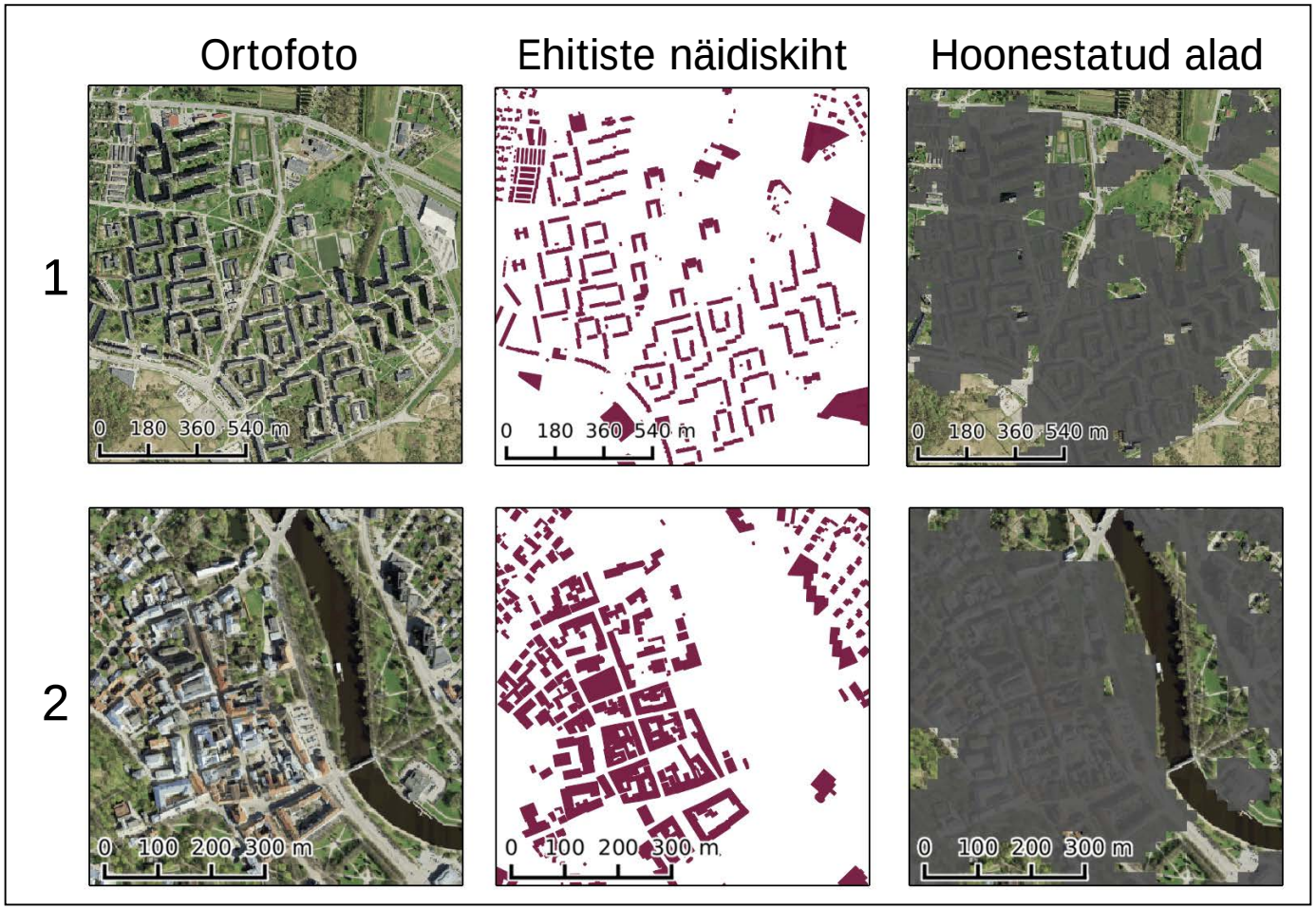
- Kahe paarispildi kombineerimisel väheneb loodusalade klassifitseerimine hoonestatud aladeks vähemalt 11 korda ehk 0,1%-ni võrreldes ühe pildipaariga.



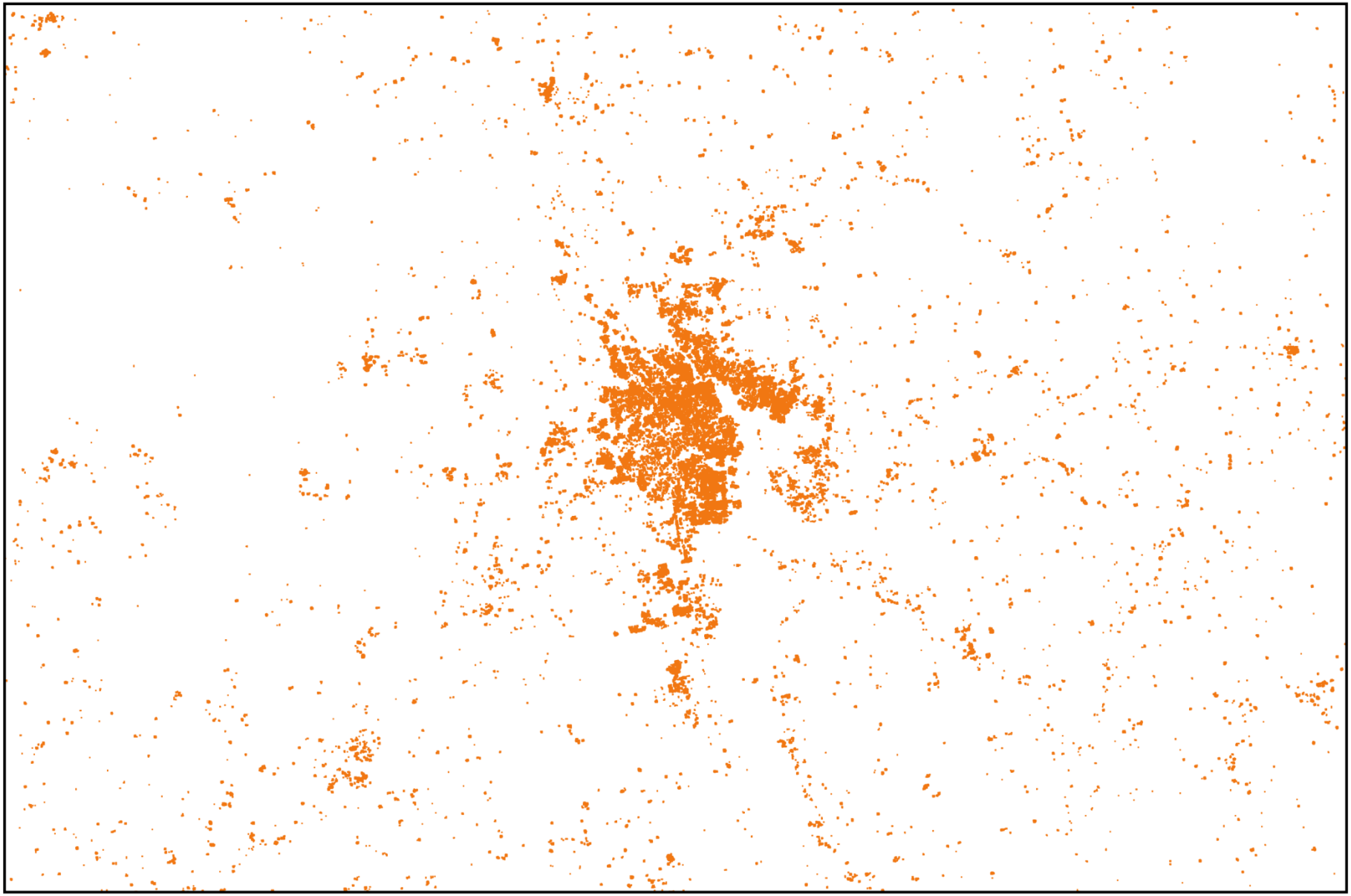
Joonis: Sentinel-1 2015. aasta kevadine paarispilt *a)* ja kombineeritud hoonestatud alade tulempilt *b).*

Sentinel-1 andmetel

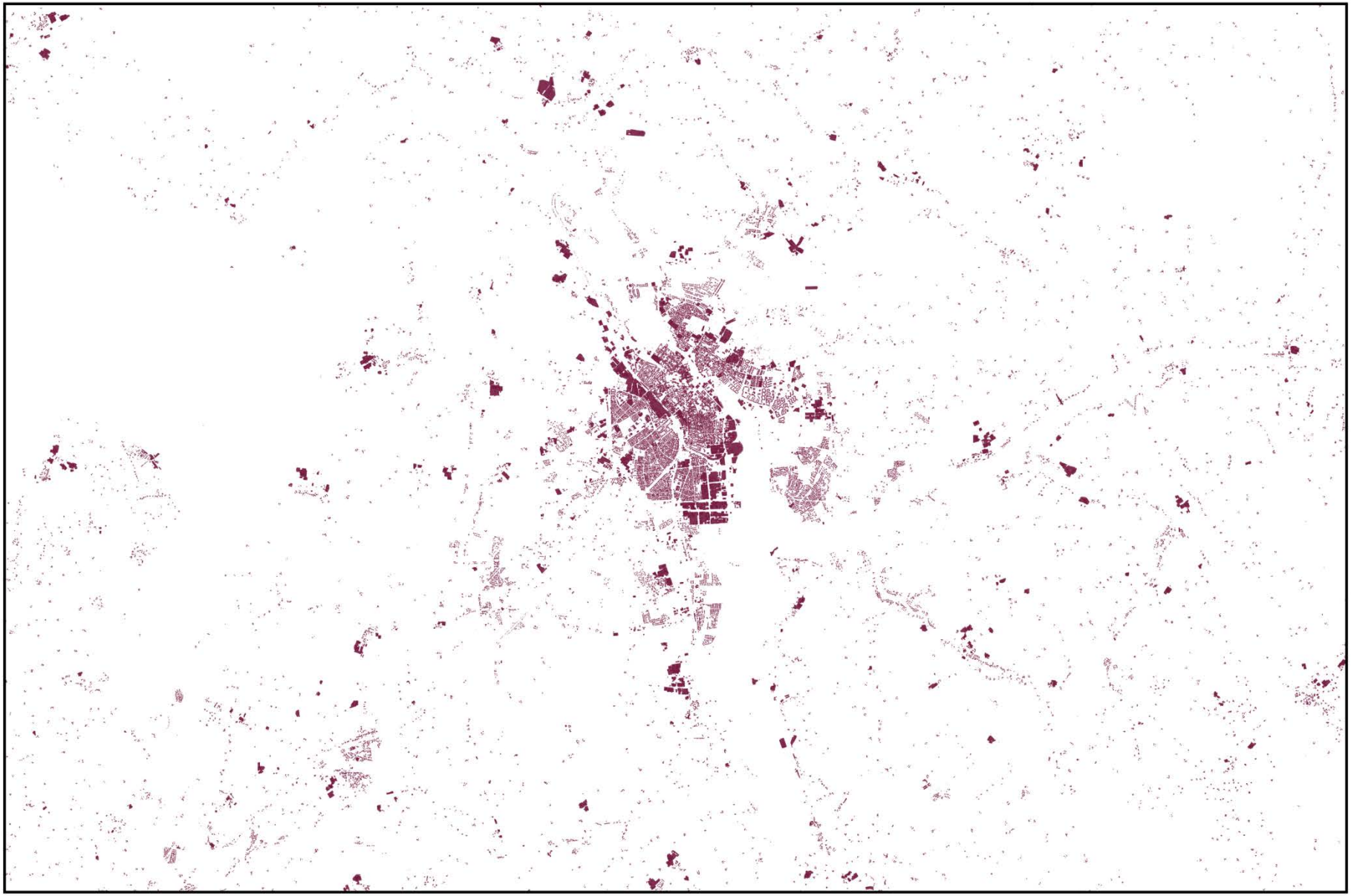
- Kogutäpsus võrreldes lahutusvõimele teisendatud vektorandmetega oli 95,6%.



Joonis: Hoonestatud alad Sentinel-1 andmetel Annelinnas (1) ja Tartu kesklinnas (2). Eva-Maria Tõnson (2016).



Sentinel-1 hoonestatud alade tulempilt, 2014–2015



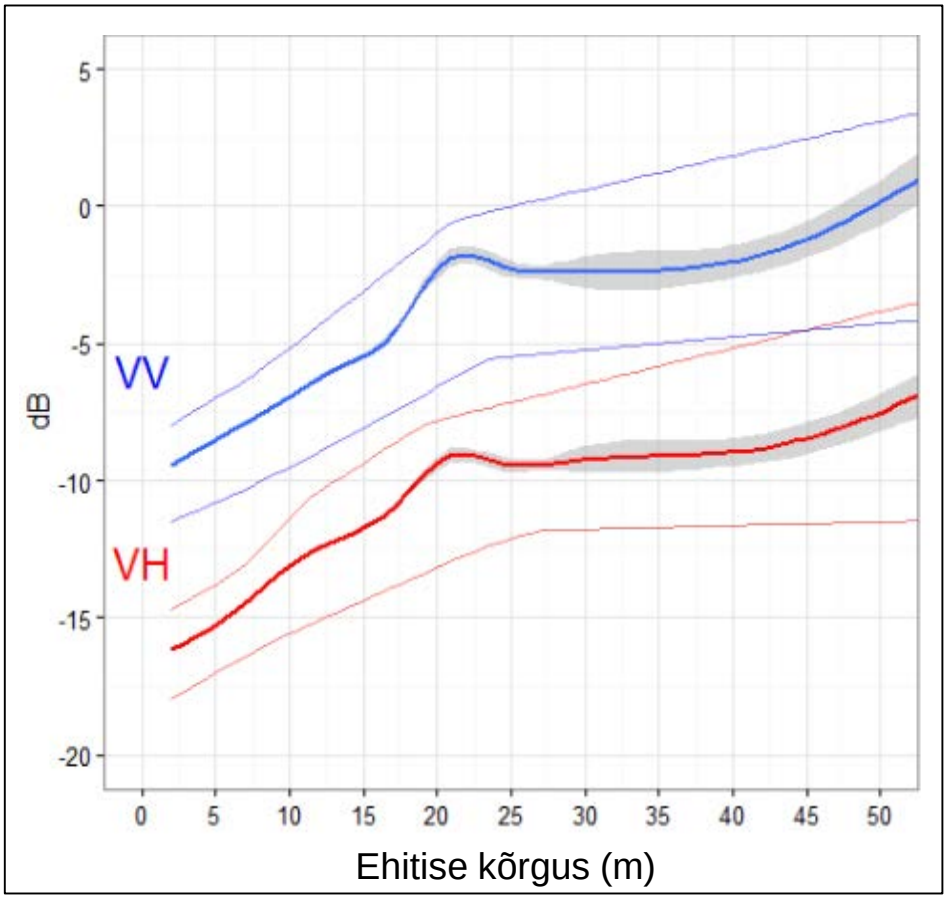
Ehitised, Maa-ameti ETAK ruumiandmed, 2015

Hoonete eristumine



Joonis: Aedlinn ja kortermajad Pekingi linna mudelil. Erakogu (2016).

Sentinel-1 piltide tagasihajumise ja hoonete kõrguse vaheline seos



- Nii VV- kui ka VH-kanalis on üle 31,5 m kõrguste ehitiste tagasihajumine 7–8 dB tugevam kui ehitistel madalamad kui 3,5 m.
- Kaksik- või kolmik-peegeldajatelt on tagasihajumine seda tugevam, mida suurem on ala pindala, millelt signaal tagasi hajub (st seina pindala).

Joonis: Sentinel-1 VV- ja VH-kanali tagasihajumise sõltuvus hoone kõrgusest. Joondiagramm on saadud 7 naaberväärtuse keskmistamisega. Kalev Koppel (2016).

Edaspidiseks arenduseks

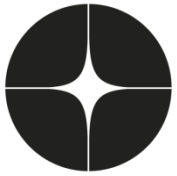
- Sobiva läviväärtuse leidmine.
- Veekogude määramine algse amplituudpildi andmetelt vektorkihi kaasamise asemel.
- Sentinel-2 optilise piirkonna mõõteandmete kaasamine töötlusahelasse.

Sentinel-1 andmete rakendatavus

- Teavet tuvastatud hoonestatud alade paiknemisest võiks kombineerida anonüümsete mobiilpositsioneerimis-andmetega, et saada infot rahvastiku paiknemisest ja hoonete kasutusest.

- Eestis saab sellisel meetodil uurida nii asulate tühjenemist kui ka valglinnastumist (uute asumite teket).

Aitäh!



TARTU OBSERVATOORIUM
eesti kosmosekeskus