

HPC lietojums zinātnē: pieredze, izaicinājumi un rezultāti VSRC

Pētniece Karina Šķirmante

karina.skirmante@venta.lv

HPC grupa: G.Jasmonts, J.Šteinbergs, M.Purviņš

Rīga, 19.03.2026

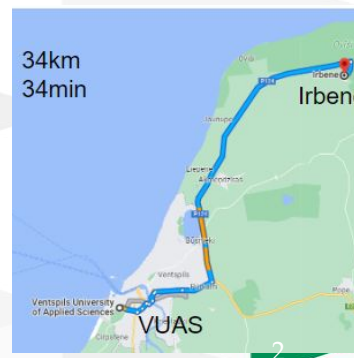
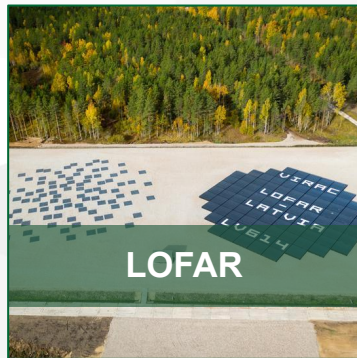
VENTSPILS AUGSTSKOLA



Ventspils Starptautiskais Radioastronomijas Centrs



- Attīstīt augsta līmeņa radioastronomijas un kosmosa tehnoloģiju pētniecību;
- Nodrošināt radioteleskopu un citas zinātniskās infrastruktūras efektīvu izmantošanu un attīstību;
- Veicināt starptautisku un nacionālu sadarbību zinātnē;
- Stiprināt pētniecībā balstītu izglītību un studentu iesaisti zinātnē;
- Sekmēt zināšanu pārnesi, inovācijas un tehnoloģiju komercializāciju;
- Uzturēt un attīstīt kompetenci signālapstrādē, elektronikā, mehānikā, kriogēnikā un citās saistītās jomās.





VSRC HPC resursi



Klastera kopējā specifikācija

CPU kodoli	432
RAM, GB	3456
GPU kartes: – 2 x V100 Tesla kartes: 1280 NVIDIA Tensor kodoli, 10240 NVIDIA CUDA* kodoli, –2 x T4 Tesla kartes	4
HDD, TB	4.21

Tīkla savienojums:
Ienākošā tīkla ātrums 10Gb/s
Tīkla savienojumi starp mezgliem: 1Gb/s
un 40Gb/s

Kopējā klastera veikspēja: **3.539 TFLOPS**
7 mezgli bez GPU + 2 mezgli ar GPU

**2.paaudzes HPC
klasteris**

Klastera kopējā specifikācija

CPU kodoli	480
RAM, GB	3840
GPU kartes	0
HDD, TB	17.57

Tīkla savienojums:
Ienākošā tīkla ātrums 10Gb/s
Tīkla savienojumi starp mezgliem: 1Gb/s
un 40Gb/s

Kopējā klastera veikspēja: **4.608 TFLOPS**
30 mezgli

**1.paaudzes HPC
klasteris**

Savienojums ar
1.2PB datu
serveri

**3.paaudzes
HPC klastera
iegāde
plānota
2027.gadā**

HPC pielietojumi saistībā ar
radioastronomisko datu apstrādi



Radioastronomiskie novērojumi rada ļoti lielus datu apjomus — aptuveni 1 Gb/s no katras antenas, kas var nozīmēt apmēram 1.5 TB viena novērojuma laikā.

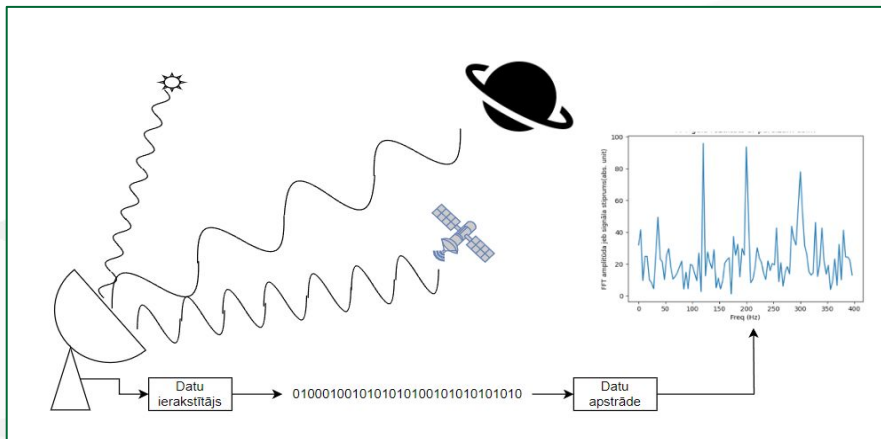
VSRC HPC galvenokārt tiek izmantots, lai:

- apstrādātu lielas datu plūsmas, veicot korelāciju un pēcapstrādi paralēli;
- pētītu un pilnveidotu datu apstrādes algoritmus, izmantojot CPU un GPU resursus;
- nodrošinātu interferometrisko datu apstrādi un zinātnisko analīzi;
- veikt modelēšanu.

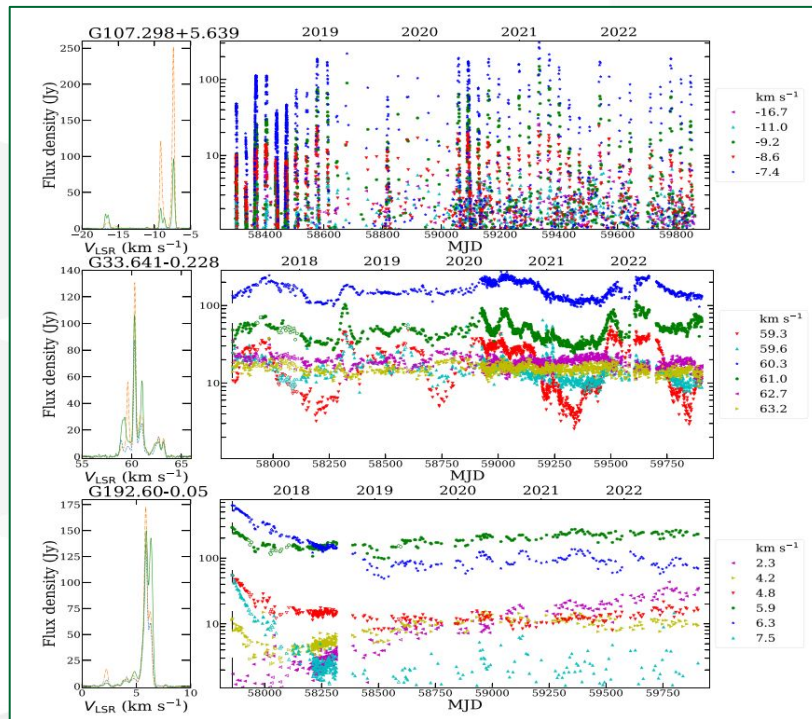


* AI ģenerēts attēls

Novērojumi, izmantojot vienu antenu (spektri un objektu monitorings)



1a. Tipisks radioastronomijas novērojums, iekļaujot teleskopa izmantošanu, datu reģistrēšanu, datu apstrādi un rezultātu analīzi



1b. A. Aberfelds, raksta rezultāti

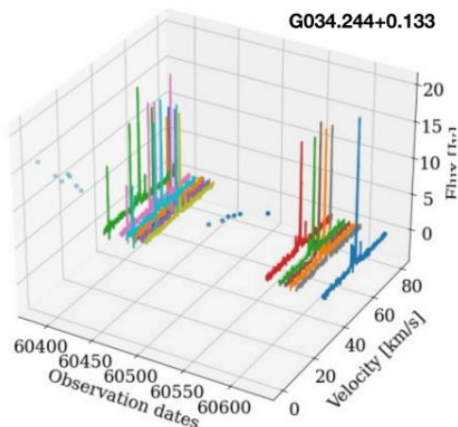
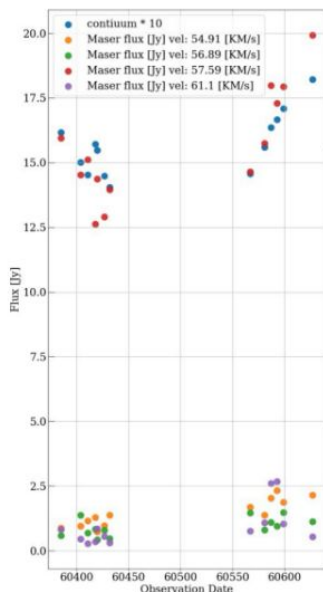
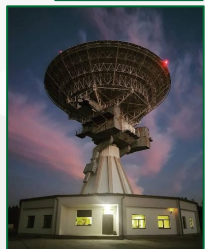


Novērojumi, izmantojot divas antenas vienlaicīgi jeb interferometrisko datu apstrāde

RT-16



RT-32



The radio continuum, and one maser feature, both increased

All other maser features remained stable

2. Augstas masas protozvaigznes G034.244+0.133 spektrs 6,7 GHz frekvencē

IVARS

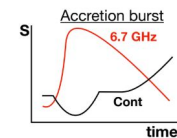


(Interferometer for VariableAstrophysical Radio Sources)

"A single-baseline radio interferometer in a new age of transient astrophysics"
No.14p-2022/J-0083

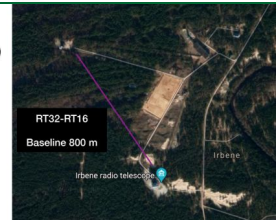
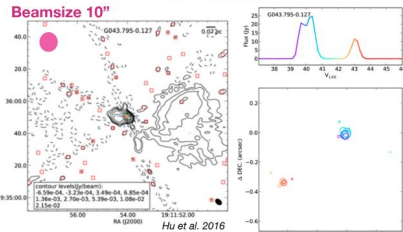
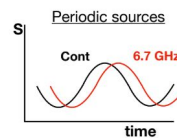
Irbene Single-baseline interferometer

High-cadence monitoring of continuum and maser flux in HMYSOs

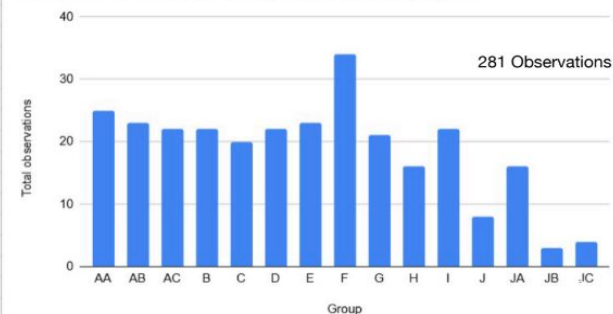


30 HMYSOs

Beamsize 10"



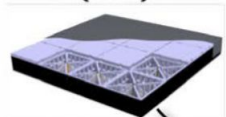
Total observations vs Group in the IVARS project



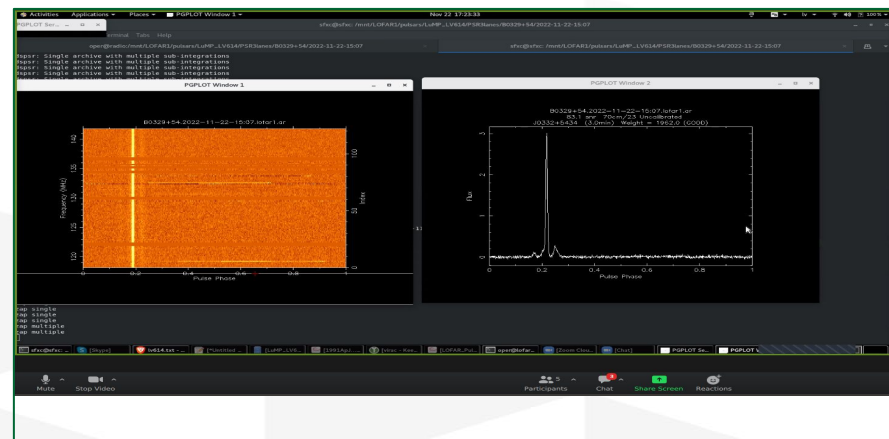
LOFAR novērojumu datu apstrāde



High-Band Antenna (HBA)



Low-Band Antenna (LBA)



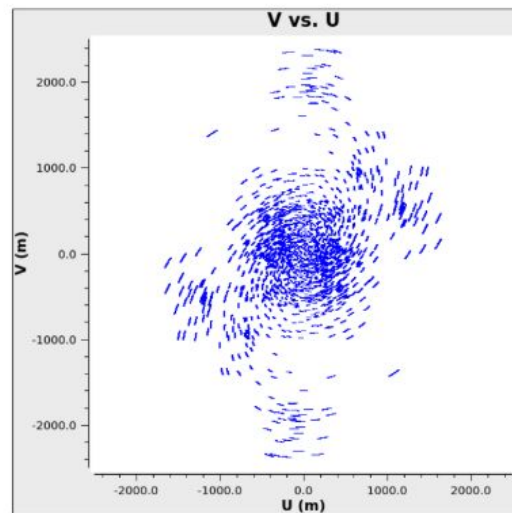
3b. Pulsāru novērojumu rezultāts. Kreisajā pusē - frekvence un pulsa fāze. Labajā pusē - amplitūda un pulsa fāze. Abos grafikos pie fāzes 0.2 redzams pulsārs.

3a. LOFAR. Attēls no <https://lofar.bg/what-is-lofar/>

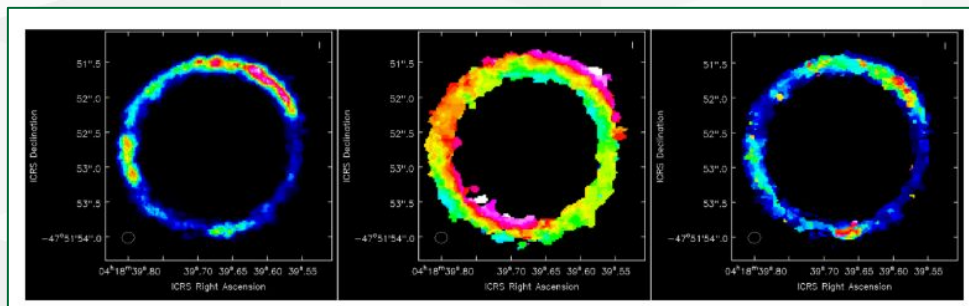
Daudz-antenu datu apstrāde - ALMA arhīvs



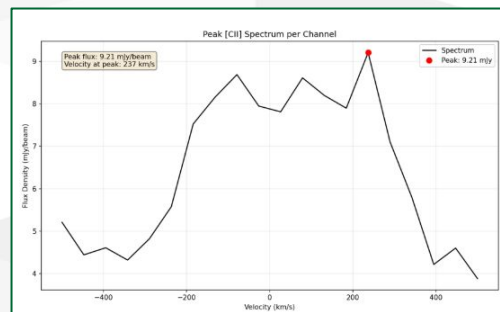
4a. ALMA interferometrs - 66 antēnas.
Foto: Alex Pérez.



4b. uv plaknes karte jeb pārklājuma punkti



4c. SPT0418-47 galaktikas momentu kartes

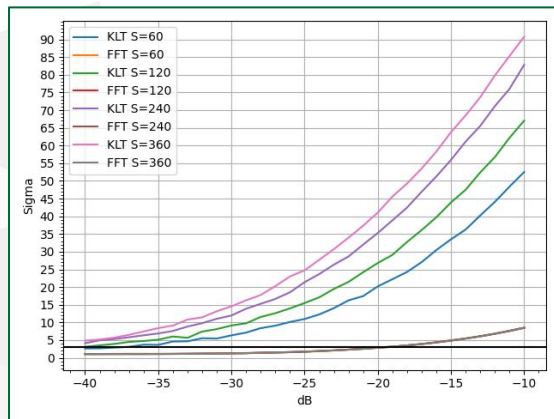


4d. SPT0418-47 CO₂ spektrs

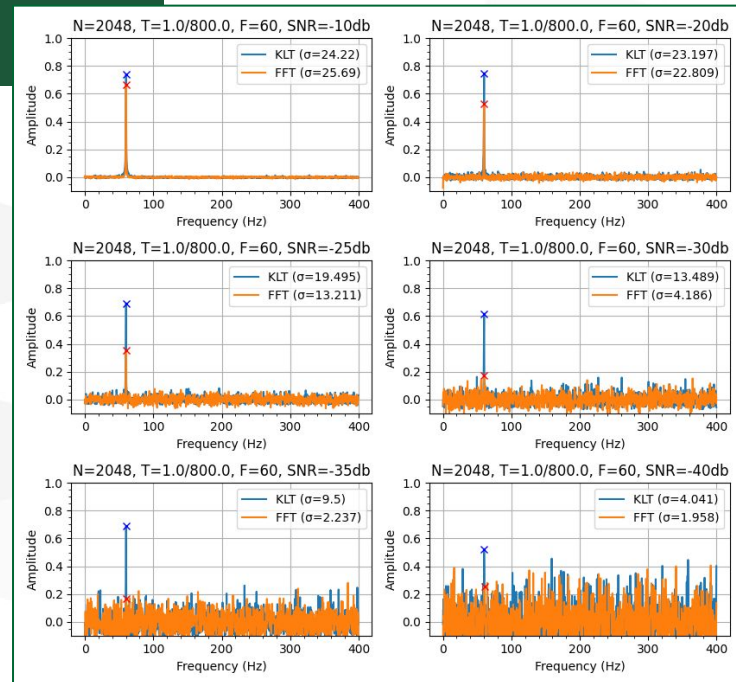
HPC pielietojumi saistībā ar
radioastronomisko datu
apstrādes uzlabojumu
pētījumiem



Karhunen–Loève transformācijas pielietojums signālu apstrādē ar augstu trokšņa līmeni



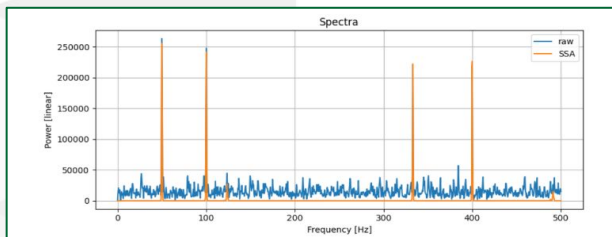
5a. KLT veikspēja atkarībā no signālu skaita
(Monte-Carlo simulācija no 1000 dažādiem
ģenerētiem signāliem)



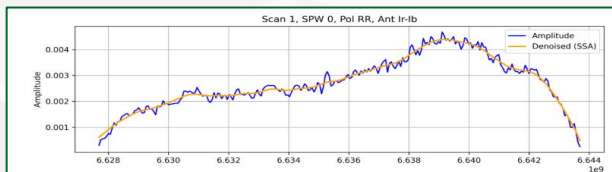
5b. KLT un FFT salīdzinājuma piemērs pie atšķirīga
trokšņa līmeņa

Singulārā spektra analīzes (SSA) trokšņu samazināšanas modulā izstrāde

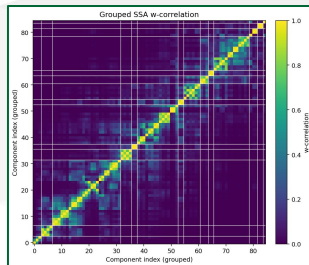
- 1) Izstrādāts uz SSA balstīts signāla trokšņu samazināšanas modulis.
- 2) Ieviesta eigenvektoru un svaru matricas fāžu telpas vizualizācija.
- 3) Ieviesta automātiska komponentu atlase rekonstrukcijai.
- 4) Validēts, izmantojot vairākas datu kopas un dažādus parametrus.



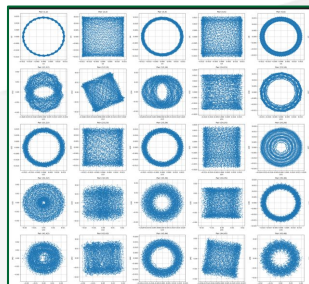
6a. Sintētisko datu atrokšņošana



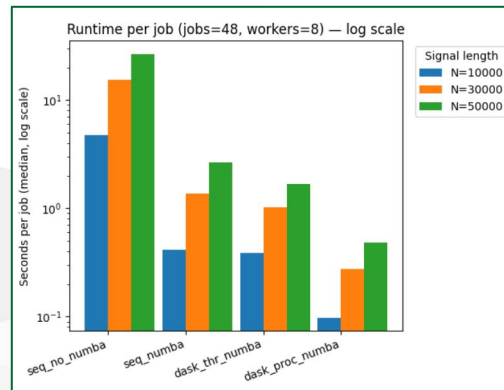
6b. Kroskorelācijas spektra atrokšņošana



6c. SSA WCorr matrica eigenvektoru pāriem



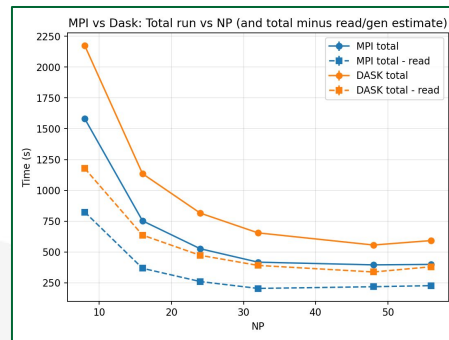
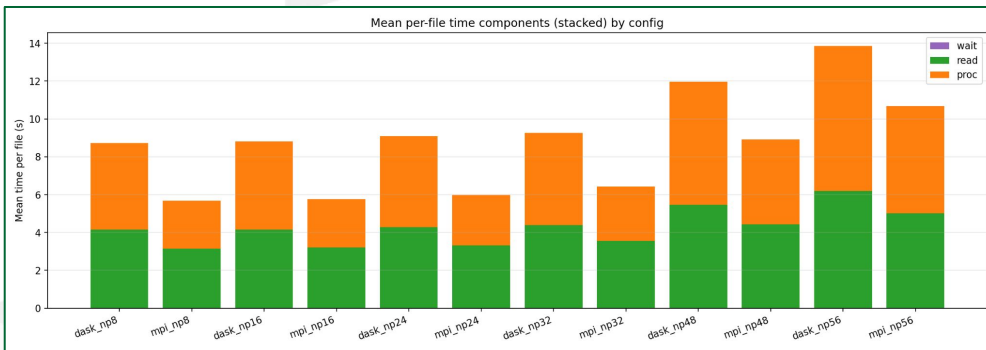
6d. SSA eigenvektoru pāru fāžu telpas attēlojumi



6e. Veiktspējas salīdzinājums: Python pret Numba; secīga izpilde pret Dask (pavedieni/procesi) dažādiem signāla garumiem (N), pie $L = 100$

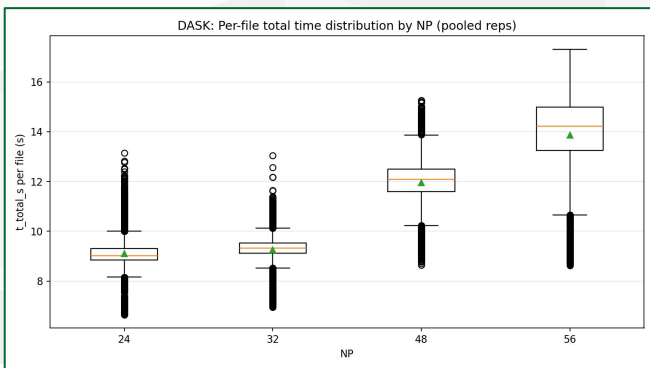
Numba būtiski samazina izpildes laiku, un Dask ar procesiem nodrošina vislabāko caurlaidspēju; palielinot N, aprēķinu izmaksas pieaug, taču metožu relatīvais snieguma salīdzinājums nemainās.

DASK vs MPI salīdzinājums

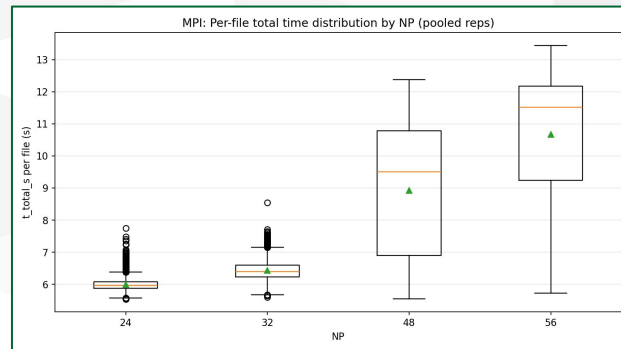


7b. MPI un DASK kopējā izpildes laika salīdzinājums atkarībā no procesu skaita (NP)

7a. Vidējais viena faila apstrādes laiks pa komponentēm

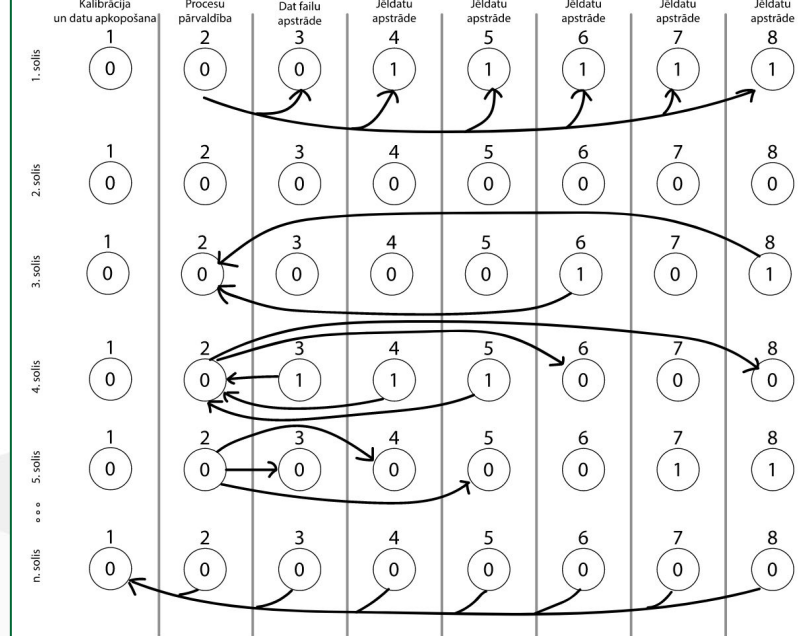


7c. DASK: viena faila kopējā apstrādes laika sadalījums atkarībā no procesu skaita



MPI kopumā pārspēj DASK gan datu lasīšanā, gan failu apstrādē.

7d. MPI: viena faila kopējā apstrādes laika sadalījums atkarībā no procesu skaita (NP)



Piezīme: Procesu iekšienē norādīts procesa statuss

Procesi 4-8 inicializēti kā brīvie procesi

Process nr. 2 detektē, ka ir brīvi procesi un tiem iedala failus

Process nr. 2 gaida uz pārejo procesu signāliem, par datu apstrādes beigām

Procesi nr. 8 un nr. 6 beidz jeldatu nolasīšanu, uzglabā rezultātu un nosūta procesam nr. 2 ziņu par darba beigām, kas atzīmē procesus par pieejamiem

Process nr. 2 iedala procesiem nr. 8 un nr. 6 jaunus failus. Procesi 3,4 un 5 ir beiguši savu datu apstrādi un ziņo par to procesam nr. 2

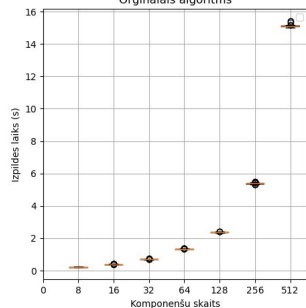
Ari process nr. 3 ir beidzis dat failu apstrādi, līdz ar to, tas savus rezultātus ieraksta failos un saņem instrukcijas jeldatu nolasīšanai

Process nr. 2, sekojot līdzīgam principam izsūta visus failus, komunicējot ar pārējiem procesiem

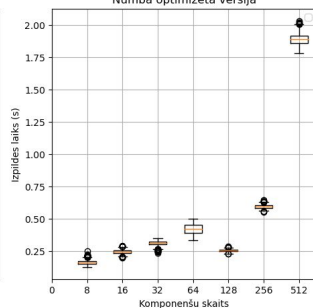
Kad visi faili izsūtīti, process nr.2 izsūta ziņojumu pārējiem procesiem par darba beigām un katrs process apstrādā beidzamos failus un nosūta visus iegūtos rezultātus kopā ar faila nosaukumu procesam nr. 1

8a. Paralelizēta MPI versija kalibrācijas procesam

Oriģinālais algoritms



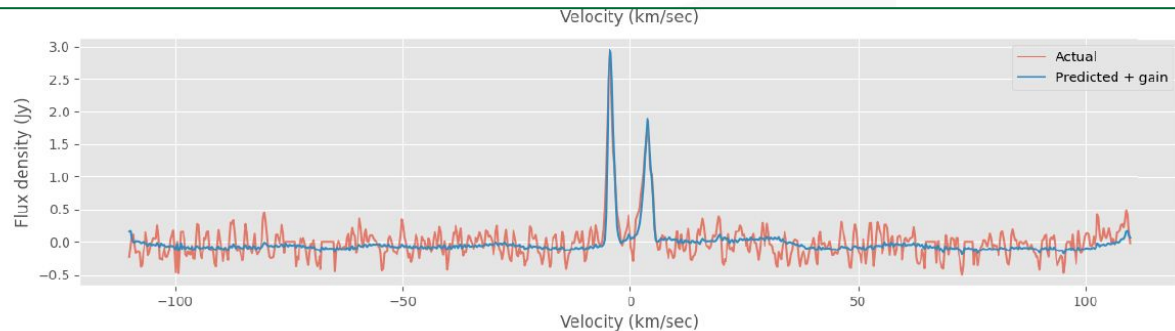
Numba optimizētā versija



Algoritmu optimizāciju pētījumi

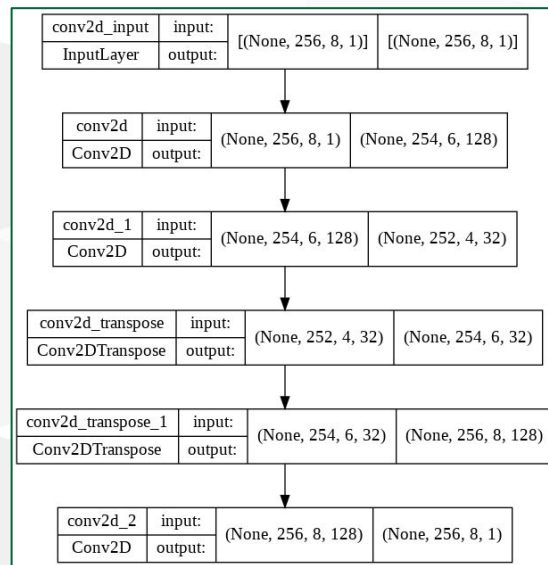
8b. SSA algoritma izpildes laiks atkarībā no komponentu skaita paralēlā datu apstrādes režīmā, izmantojot Numba

Mašīnmācīšanās algoritmu pieeja signāla trokšņu mazināšanā



9a. Objekta R LMi RCP spektra oriģinālais signāls un ar ML algoritmu izfiltrētais

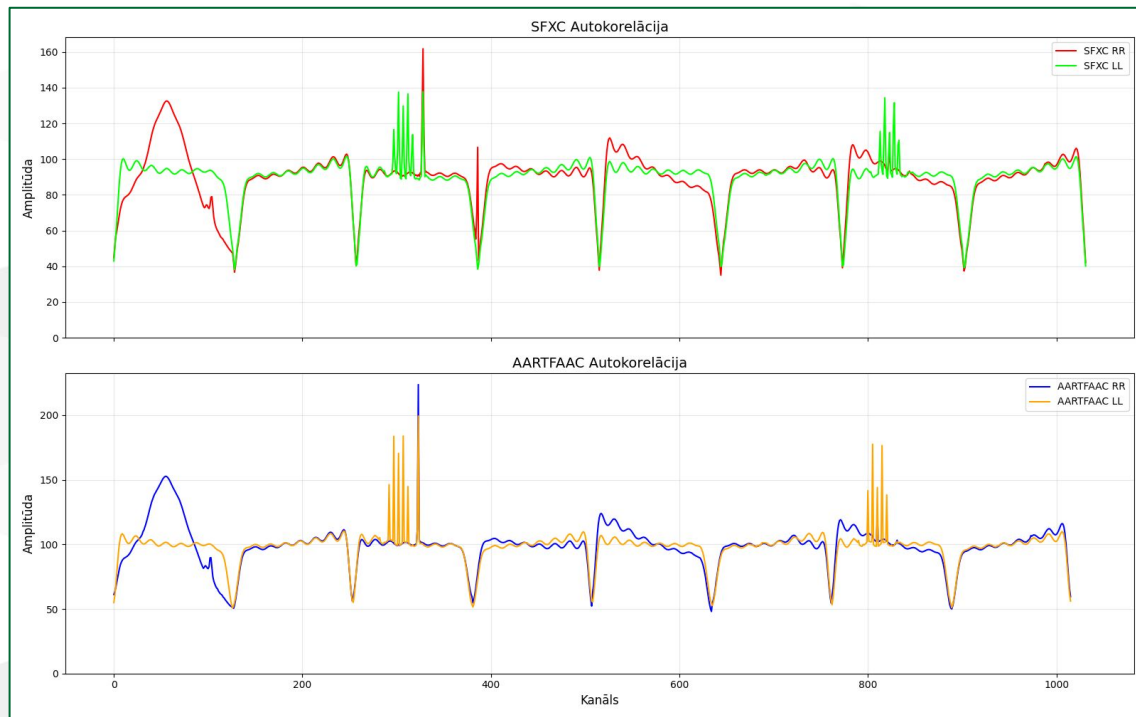
Lai veiktu trokšņa mazināšanu, tiek izmantota automātiskā kodētāja arhitektūra. Tīkls noņem visu, ko uzskata par troksni; Mērķis - minimizēt rekonstrukcijas kļūdas lielumu starp iegūto rezultātu un ideālu ievaddatu reprezentāciju.



9b. ML tīkla arhitektūra

GPU korelatora izstrāde AARTFAAC

- Lielām datu plūsmām nepieciešama GPU paātrināta korelācija.
- Pētījums* parāda, ka tensoru kodoli dod apmēram 5–10× veikspējas un energoefektivitātes ieguvumu.
- VSRC attīsta risinājumus augsto frekvenču datu apstrādei ar GPU.



*J.Romein, The Tensor-Core Correlator, A&A

10. Autokorelācijas rezultāts, izmantojot CPU (SFXC) un GPU (AARTFAAC) korelatorus

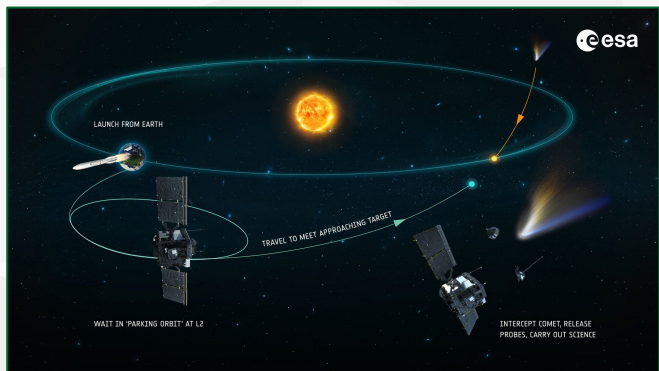
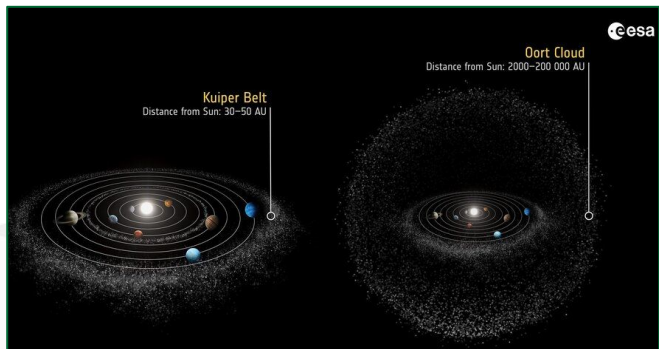
HPC pielietojumi saistībā ar
komētu pētījumiem



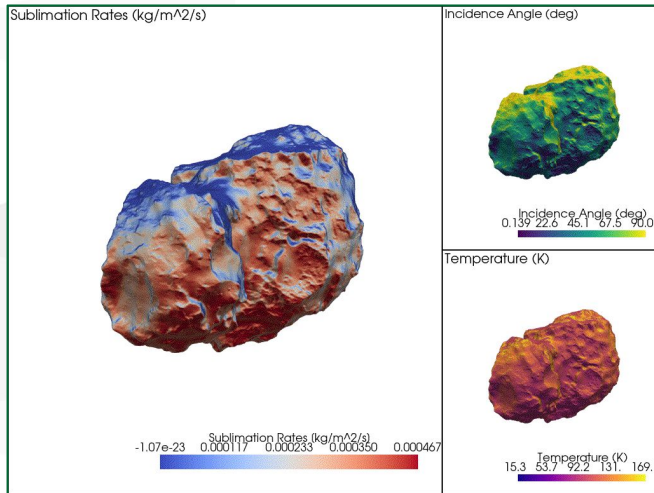
Komētas aktivitāšu modelēšana EKA “CI” misijas instrumentiem

Eiropas Kosmosa aģentūras misijas “Comet Interceptor” pārlidojuma scenāriju fotoreālistiskā modelēšana

Izstrādāt zinātniski pamatotus modelēšanas risinājumus, izmantojot fotoreālistisku 3D pieeju, lai nodrošinātu Eiropas Kosmosa aģentūras misijas “Comet Interceptor” instrumentu — OPIC, MIRMIS un EnVisS — testēšanu dažādos pārlidojuma scenārijos.

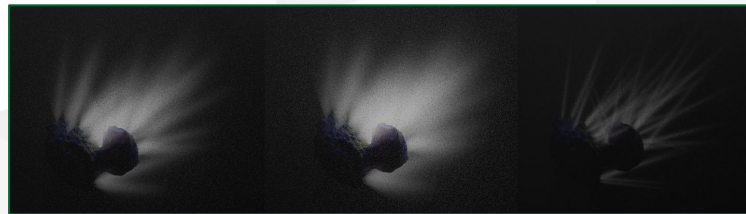


11b. CI misijas attēli no EKA arhīva

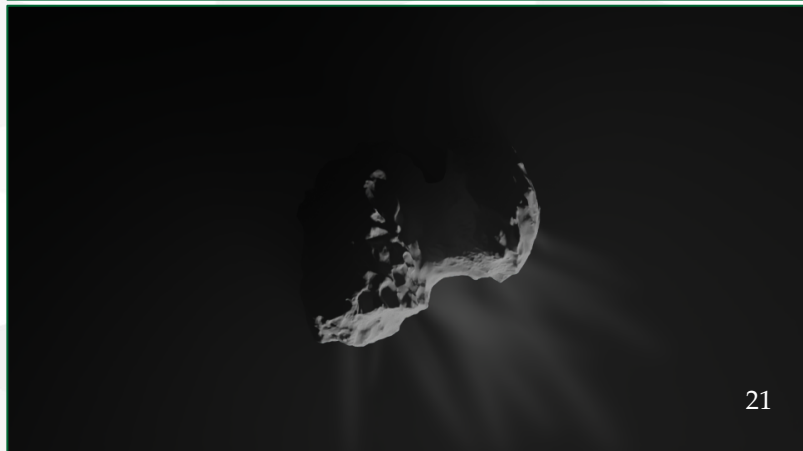
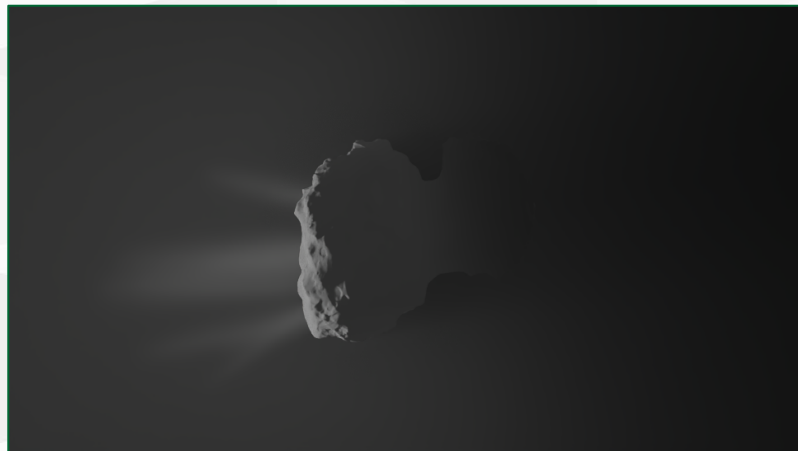


11a. Komētas 67P termālais modelis

11c. Komētas strūklas modelēšanas rezultāti



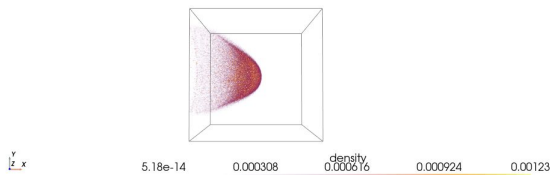
Komētu renderēšanas rezultātu piemēri



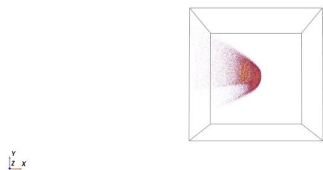
Komētas astes modelēšana

Integrēt Finsona–Probšteina modeli astes formas apstrādes cauruļvadā un simulēt reālistiskus astes modeļus, balstoties uz orbitālajiem parametriem. Novērtēt putekļu blīvumu, izmantojot Monte Kāro simulāciju.

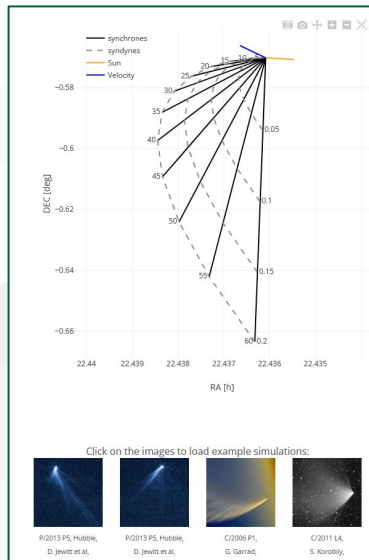
67P at 2014-07-20



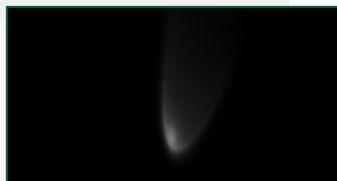
67P with regional activity



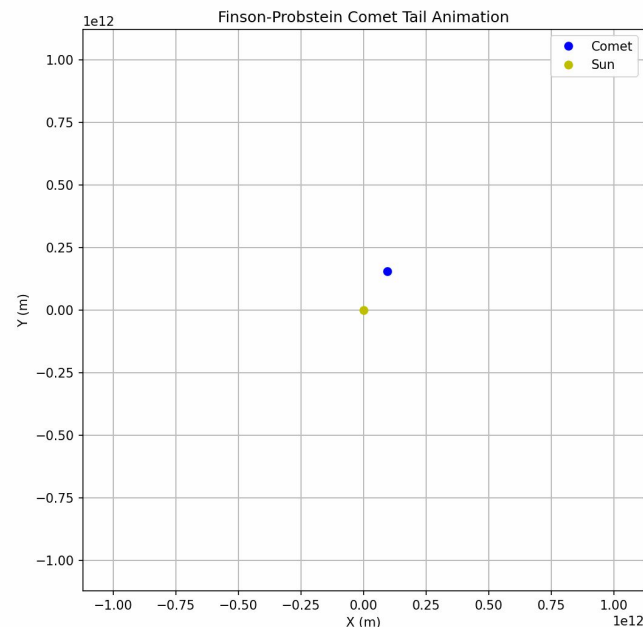
12a. Putekļu blīvuma sadalījums komētas astē



12b. Metodika no J. Vincent darba.



12d. Renderēts komētas astes piemērs

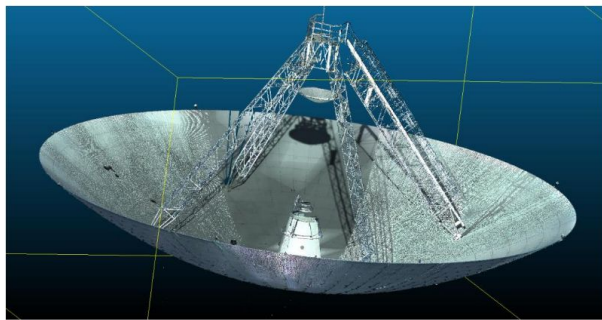


12c. Finsona–Probšteina modelis komētas astes formas simulācijai Saules starojuma un orbītas ietekmē

HPC pielietojumi saistībā ar
inženiertehnisko modelēšanu

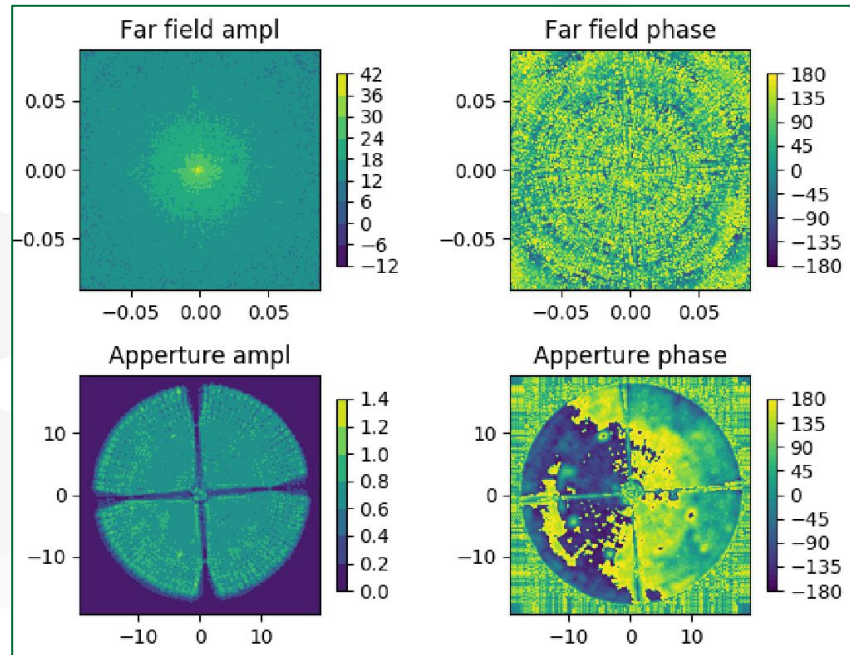
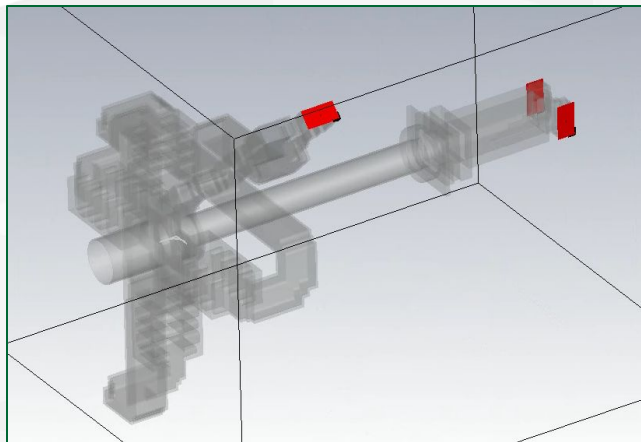


Inženiertehniskā modelēšana



13a. Modelis
(lāzerskener
a dati)

13b. X-diapazona
satelītkomunikāciju
viļņvadu
dipleksera
raidīšanas un
uztveršanas portu
savstarpējā
izolācija.
Aprēķināts ar CST
Microwave Studio
frekvenču domēna
FEM metodi



13c. RT-32 tālo lauku un apertūras strāvas
sadalījuma aprēķins, izmantojot fizikālās optikas
metodi (+C++ un Python). Spoguļi apstaroti ar ideālu
apstarotāju ($\lambda = 3$ cm) sekundārajā fokusā. 24



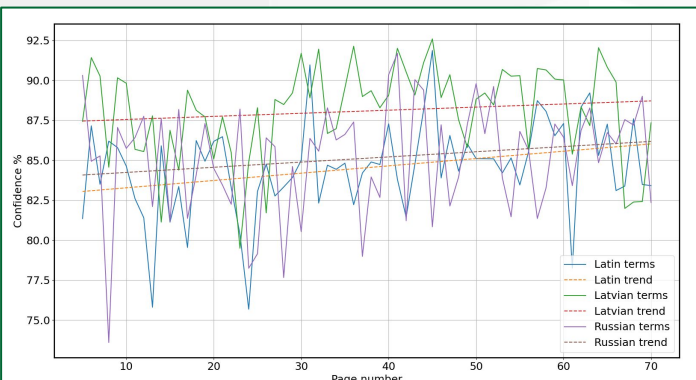
HPC pielietojumi saistībā ar
pētniecību valodniecībā



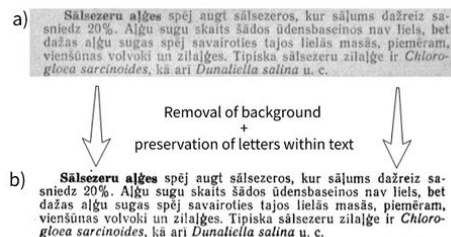
Tesseract OCR pielietošana automatizētai vārdnīcu digitalizēšanā, izmantojot ML algoritmus

a)	Adateņu dzimta 110	-> lv 0.9999
	Afilloforu rinda 109	-> lv 0.8588
	Agregātplazmodijs 46	-> lv 0.9999
	Airene, reibuma, 59	-> lv 0.9902
	Aitene, tīruma, 124	-> lv 0.9999
	Akinetas 139, 144	-> lv 0.9820
	Akrassomicētu klase 46	-> lv 0.9999
	Aktinomicētes 38	-> lv 0.9999
	Algoloģija 5	-> lv 0.9999
	Alksnene 114	-> lv 0.5593

14a. Digitalizācijas precizitātes piemērs



14c. Digitalizācijas un valodas identificēšanas precizitāte



14b. Pirmapstrādes operāciju rezultāts

Deens palihf!

Šī grāmata zēlusees zaur jittu, kas rakstīta Bahzu vallobā*), un ko ne tīf efmu tulfojis Latweefšu vallobā, bet šamā valkā ar to dšihwobams daščus wahrbiāus efmu atmettis, daščus zittabi šalizzis, daščus peelizzis, tā kā manīm rahdijahs labbaki buht šapraščanai un apzerreščanai, un kā nu zerru grāmata derrehs tīf labb jauneem laudin kas grīb ko labba mahžitees, — ka arri tašbeem kas jau ahra no šfohlas, ir teem kas pašči grīb ne ween šew paščus bet arri zittus mahžiht, jehšču grāmata dohd daudz wairaf no tam, ko šaffitaja pašča azjis un aušis warr panahft, ne ka no tahdahm leetahm ko, warr buht, ne muhščam ne dabuhš redfeht. Man dohmaht labbaki irr papreešču jo labbi šanemt un šapraft to, kas mums wiššap-

* Druffā mīma tā ļaujahs: Die Naturgeschichte für Kinder und Elementarjchiller, oder erster Unterricht über das Mineralreich, Pflanzenreich und Thierreich, mit über 300 colorirten Abbildungen. Stuttgart und Eßlingen. Verlag von Schreiber und Schill. XVI u. 204 S.

14d. Vecās drukas grāmatas piemērs

Paldies par uzmanību!

Kontakti:

karina.krinkele@venta.lv

VSRC HPC administrators: Gints Jasmonts

gints.jasmonts@venta.lv