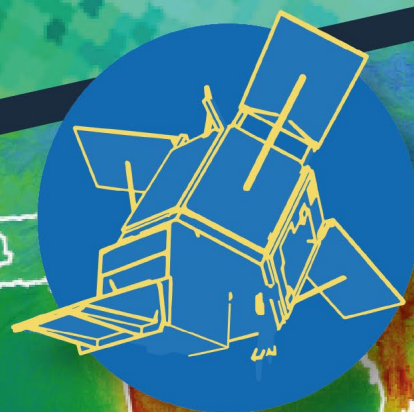
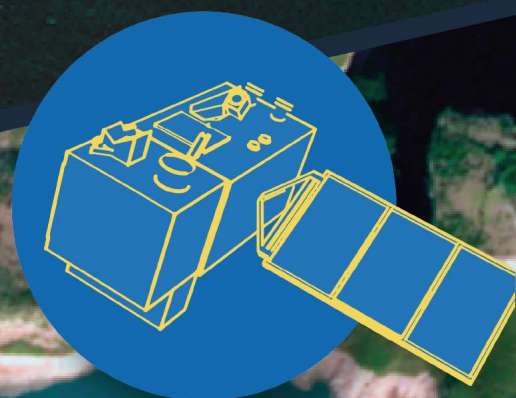
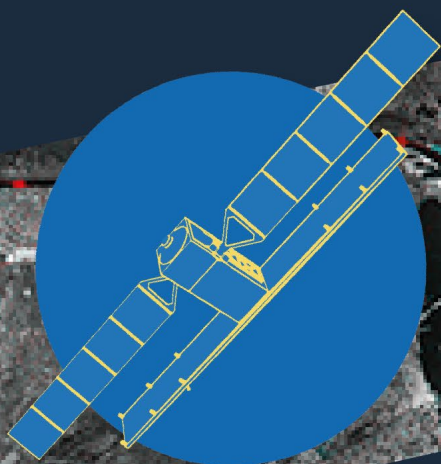


Valvurid kosmoses

Õppimine satelliidipiltide abil



Sisukord

1 – Copernicuse programmi ja Maa seire tutvustus	3
1.1 Sissejuhatus.....	4
1.1.1 Sentinel-1	4
1.1.2 Sentinel-2.....	5
1.1.3 Sentinel-3.....	6
1.1.4 Sentinel-5P	7
1.2 Mis on Maa seire ja mida saab sellega teha?	8
1.2.1 Maa seire ajalugu.....	8
1.2.2 Maa seire rakendusvaldkonnad	8
1.2.3 Sensori ajalugu	9
1.3 Maa seire klassiruumis.....	10
1.3.1 Sissejuhatus	10
1.3.2 Maa seire eelised klassiruumis.....	10
1.4 Maa seire haridusprojektid	11
1.4.1 Copernicuse Akadeemia.....	11
1.4.2 Cop4Schools	12
2 – Lühidalt Maa seirest	12
2.1 Mis on Maa seire? Kaugel ja samas lähedal.....	12
2.2 Kuidas Maa seire töötab?	13
2.2.1 Pikad ja lühikesed lained.....	13
2.2.2 Elektromagnetspekter	13
2.2.3 Mis on peegeldumine?	14

2.2.4 Mis on neeldumine?	15
2.2.5 Pildid kui arvuvõred	15
2.2.6 Maa seire meetodid	15
2.3 Mis on resolutsioon?	16
2.3.1 Ruumiline resolutsioon (eraldusvõime)	16
2.3.2 Ajaline resolutsioon	17
2.3.3 Spektraalne resolutsioon	17
2.4 Miks me tajume asju värviliselt?	17
2.5 Mida võib üks pilt meile öelda?	18
2.5.1 NDVI (normaliseeritud vegetatsiooniindeks)	18
2.5.2 Klassifitseerimine	18
2.5.3 Muutuste analüüs	19
3 Copernicus – Maa seire kõigile!	19
3.1 Teenused	20
3.2 Andmeruum	21
3.3 SNAP	21
3.4 Andmetöötlus Dataspace Hubis	21
3.4.1 Muutuste tuvastamine	21
3.4.2 Kas jalgpalliväljakul on kunstmuru või looduslik muru?	29
3.4.3 Soojus Hispaanias	32
3.4.4 Suessi kanal	38
3.5 Sentineli andmed arvutitundides	42
3.5.1 Pythoni API kasutamine	42
3.5.2 Andmekirje avamine SNAP-is	46

Lisateave.....	47
Jooniste pealkirjad	48

1 – Copernicuse programmi ja Maa seire tutvustus

1.1 Sissejuhatus

Copernicus on Euroopa Liidu kaugseireprogramm, mida koordineerivad Euroopa Komisjon ja Euroopa Kosmoseagentuur (ESA). Programmi selgrooks on satelliidiperekond Sentinel. „Sentinel” tähendab saksa keeles „valvur”. Sentineli satelliidid jälgivad meie planeedi eri aspekte ja saadavad olulisi keskkonna- ja kliimaandmeid.

Peaaegu iga Sentineli missioon koosneb mitmest identsest satelliidist, millest kaks on samal ajal orbiidil. Kahte satelliiti kasutatakse sellepärast, et saada sama asukoha kohta pilte sagedamini. Seega võib Sentineli satelliite kirjeldada kui võimsat võrgustikku, mis kogub pidevalt andmeid meie planeedi kohta ning aitab paremini mõista ja hallata olulisi keskkonna- ja kliimaküsimusi.

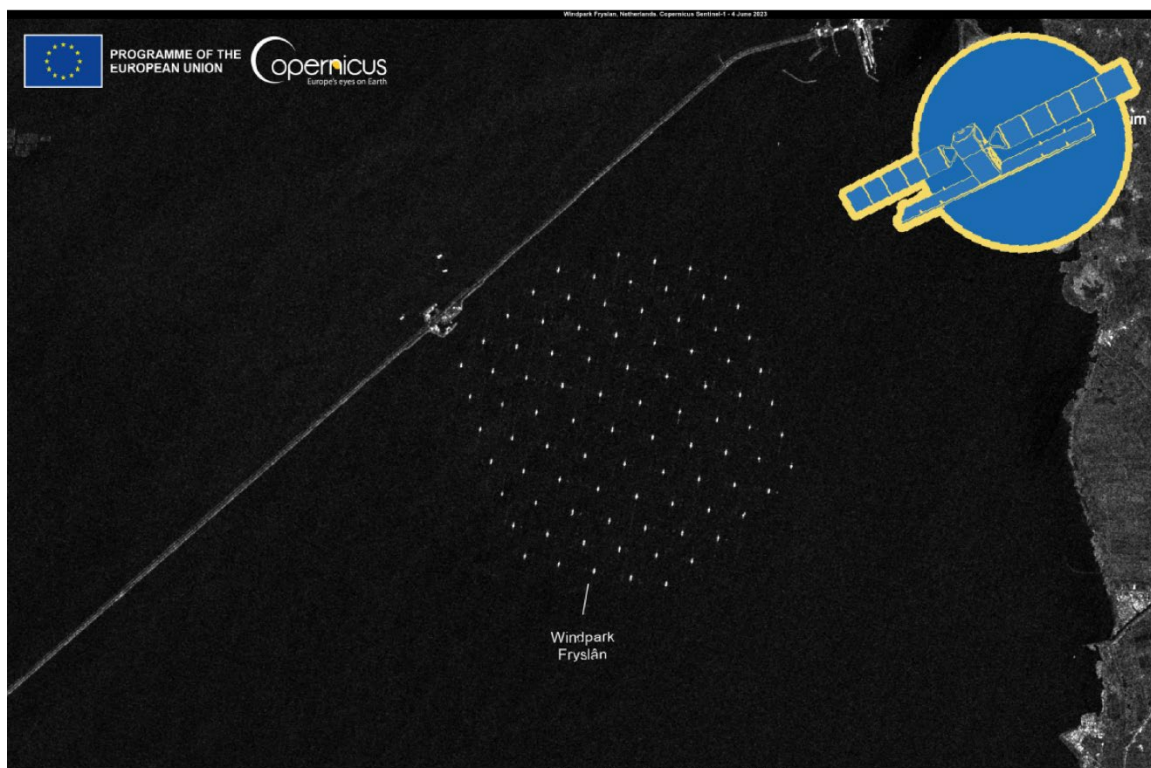
Sellesse võrgustikku kuuluvad: Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P ja Sentinel-6 missioonid. Käesolevas brošüüris kirjeldatakse Sentineli missioonide põhijooni ja eesmärgi.

1.1.1 Sentinel-1

Sentinel-1 on esimene kuuest missioonist ja see kogub andmeid järgmiste valdkondade kohta: keskkond, liiklus, majandus ja julgeolek. Andmeid kogutakse maa- ja veepinna kohta umbes 700 kilomeetri kõrguselt. Esimene satelliit Sentinel-1A saadeti orbiidile Prantsuse Guajaanas 3. aprillil 2014, millele järgnes Sentinel-1B 25. aprillil 2016. Viimane asendatakse alates 5. detsembrist 2024 Sentinel-1C-ga.

Peamine instrument Sentinel-1-l on sünteetilise avaga radar (SAR), millega saab teostada mõõtmise ka läbi pilvede ja öisel ajal. Päikese-sünkroonne satelliit võib anda reaalajas pilte üleujutustest, õlireostustest, pinnase liikumisest ja taimestiku tihedusest. Sentinel-1 on ainuke Euroopa satelliit, mis annab loodusõnnetuste korral operatiivset infot.

Joonisel 1 on näha Sentinel-1A tehtud satelliidipilti Hollandis IJsseli järvel asuvast Fryslâni tuulepargist, mida peetakse maailma suurimaks magevee tuulepargiks (töötab alates 2021. aastast).



Joonis 1: Hollandis IJsseli järvel asuv Fryslâni tuulepark.

1.1.2 Sentinel-2

Sentinel-2 on spetsialiseerunud taime- ja veekogude vaatlustele. 786 km kõrguselt suudab satelliit koguda väga hea resolutsiooniga andmeid, millega saab täpselt tuvastada taime- ja veekogude muutusi.

Esimene Sentinel-2A satelliit saadeti orbiidile 23. juunil 2015. Kaks aastat hiljem, 7. märtsil 2017, järgnes Sentinel-2B. 5. septembril 2024 startis Sentinel-2A järglane Sentinel-2C, mis on sellest ajast saadik edastanud pilte. Tulevikus on kavas orbiidile saata veel kaks satelliiti: Sentinel-2D aastal 2028 ja uue põlvkonna satelliit aastal 2033. Kõik satelliidid saadetakse orbiidile Prantsuse Guajaanast.

Need satelliidid koguvad andmeid nii nähtavas kui infrapuna spektris. Peamine vahend on multispektraalne instrument (MSI), mis kogub andmeid satelliidipiltide jaoks kõrgresolutsiooniga. Need aitavad koostada saagiprognoose, kaardistada puistuid ja hinnata taime kasvu. Satelliidid edastavad andmeid pinnamuutuste, metsade, põllumajanduspiirkondade, järvede ja rannikualade kohta. Sel viisil saab Sentinel-2 aidata kaasa ka riskide hindamisele ja kataastroofide ennetamisele. Satelliidid jälgivad ka biofüüsikalisi parameetreid nagu lehtede klorofüllisisaldus ja veesisaldus.

Sentinel-2 andmeid kasutatakse järgmistes valdkondades: veekogude seire, maismaa seire, metsandus, ilmaprognoos, kliimamuutused, turvalisus, georessursid ja georiskid.

Joonisel 2 on näha Sentinel-2 poolt 17.01.2024 tehtud pilt, mis näitab murettekitavalt madalat veetaset Kataloonia kaitsealal Sau veehoidlas. Tavapäraselt näitavad taime- ja veekogude kaldaalad.



Joonis 2: Sau veehoidla murettekitavalt madal veetase.

(<https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/sau-reservoir-worrisome-water-levels>)

1.1.3 Sentinel-3

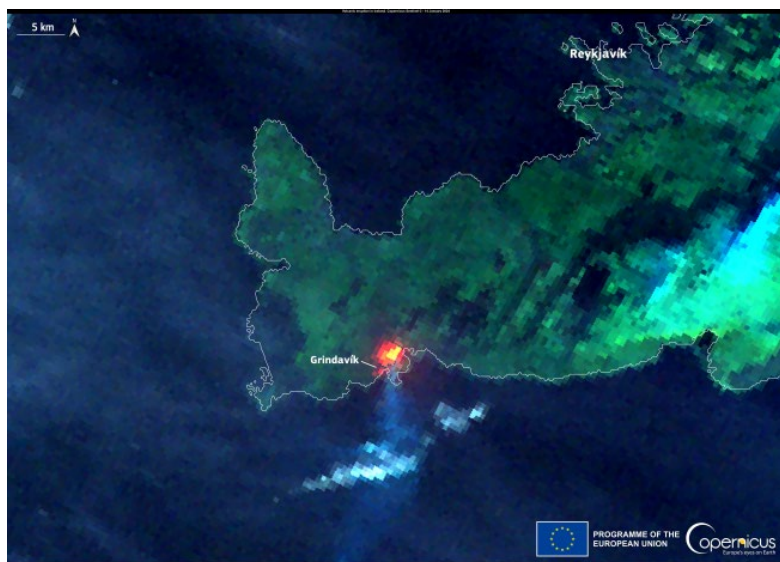
Euroopa Kosmoseagentuuri missioon Sentinel-3 mängib olulist rolli keskkonnaseires. Sentinel-3A saadeti orbiidile 16. veebruaril 2016 ja Sentinel-3B 25. aprillil 2018. Mõlemad satelliidid saadeti orbiidile Loode-Venemaal asuvalt Plessetski kosmodroomilt. Sentinel-3C on kavas orbiidile saata 2026. aastal. Sentinel-3D aga 2028. aastal.

Sentinel-3 töötati algselt välja ookeanide vaatlusteks. Eri instrumentide vaatlusi kombineerides on võimalik määrata ookeanide värvi, temperatuuri ja veepinna taset. Nendest tulemustest on võimalik saada infot ookeanihoovuste, lainekõrguste ja toitainete jaotuse kohta.

Lisaks annab Sentinel-3 ka olulist infot maismaa kohta. Sentinel-3 peal oleva mere ja maismaa kiirgustermomeetri (SLSTR) abil saab maapinna temperatuuri mõõta muljetavaldava täpsusega. SLSTR-seade mõõdab Maa pinnalt eralduvat soojuskiirgust üheksas erinevas spektriribas. Tulemus teisendatakse temperatuuri väärtusteks.

Kokkuvõttes aitab Sentinel-3 kaasa keskkonnamuutuste varajasele avastamisele ja annab teavet maakasutuse kohta. Selle abil saame välja töötada paremad Maa kaitsmise viisid.

Joonisel 3 on näha Sentinel-3 poolt jäädvustatud vulkaanipurse Islandil Reykjanesi poolsaarel. Pilt on tehtud 14. jaanuaril 2024, ainult mõni tund pärast vulkaanipurske algust.

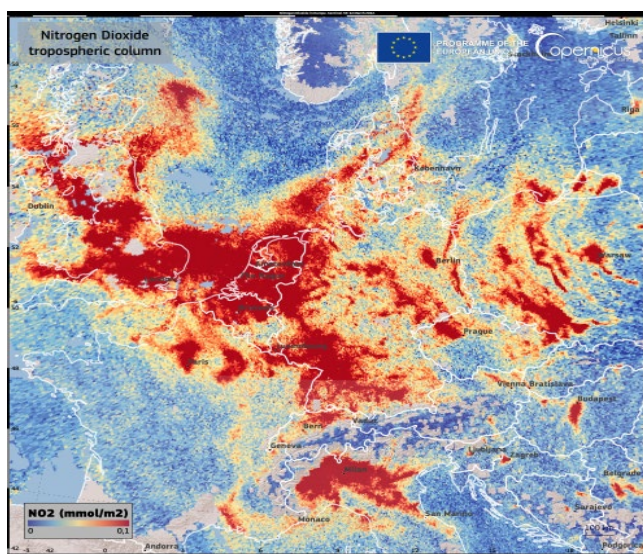


Joonis 3. Sentinel-3 poolt jäädvustatud vulkaanipurse 14. jaanuaril 2024 Islandil. See oli juba teine vulkaanipurse Reykjanesi poolsaarel vaid mõne nädala jooksul. (<https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/second-volcanic-eruption-icelands-reykjanes-peninsula-just-few-weeks>)

1.1.4 Sentinel-5P

Täht P tähistab eelkäijat, st Sentinel-5P-le järgneb Sentinel-5. Sentinel-5P on iseseisev satelliit, aga Sentinel-5 saab olema instrument teise satelliidi pardal.

Sentinel-5P startis Plessetski kosmodroomilt 13. oktoobril 2017. Sentinel-5P keskendub Maa atmosfääri jälgimisele, annab teavet õhukvaliteedi, osooni ja UV-kiirguse kohta. Mõõdetakse näiteks ka tervisele kahjuliku gaasi lämmastikdioksiidi kontsentratsiooni troposfääris. Joonisel 4 on näha NO₂ kontsentratsiooni Euroopas 22. märtsil 2022. Selle põhjal võiks teha järeldusi õhukvaliteedi kohta paljudes Euroopa piirkondades.



Joonis 4. Õhukvaliteet Euroopas 22. Märtsil 2022 (<https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/air-quality-europe-22-march-2022>)

Lisaks edastab 5P teavet selliste kasvuhoonegaaside kohta nagu CH₄ (metaan), millel on kliimamuutustes väga oluline roll. Sentinel-5P suudab koguda teavet ka vulkaanituha asukoha ja koguse kohta.

1.2 Mis on Maa seire ja mida saab sellega teha?

Kuidas me teame nii palju kliimast, linnade kasvust, taimestikust või looduskatastroofidest? Kuidas saab kaardistada erinevaid maapindu nagu kõrbed või vihmametsad? Satelliitide abil saame teha kõike seda ja palju muud. Maa seire on maapinna, selle ökosüsteemide ja atmosfääri uurimine kosmosest. Kaugseire või Maa seire satelliidid tiirlevad ümber Maa ja edastavad regulaarselt andmeid, mida seejärel maa peal analüüsitakse. Näiteks saab andmeid kasutada digitaalsete kaartide loomiseks või ilma prognoosimiseks.

Maa seirel on väga palju rakendusvaldkondi. Muuhulgas on võimalik tuvastada muutusi maismaal, veekogudes ja atmosfääris. Maa seire satelliidid annavad katastroofi korral aktuaalset infot ja võimaldavad meil abi koordineerida.

Satelliitide abil võib uurida ka linnade kasvu, merepinna tõusu ja kliimamuutusi. Satelliidiandmed on abiks otsuste tegemisel, näiteks uue rahvusvahelise kliimakaitse lepingu koostamisel või olemasolevate lepingute ajakohastamisel.

Lisaks tihedale koostööle Euroopa Kosmoseagentuuriga (ESA), teeb Copernicuse programm koostööd ka näiteks Euroopa Meteoroloogiasatelliitide Kasutamise Organisatsiooniga (EUMETSAT), Euroopa Keskpika Ilmaennustuse Keskusega (ECMWF), ELi ametitega ja mittetulundusühinguga Mercator Ocean.

1.2.1 Maa seire ajalugu

Maa seirega hakati tegelema Esimese maailmasõja ajal, kui just kasutusele võetud lennukid võimaldasid teha aerofotosid. Kaugseiret kasutati vaenlase positsioonide, vägede ja nende tugevuse jälgimiseks. Järgmine suur arenguhüpe kaugseires toimus Teise maailmasõja ajal. Näiteks otsiti rannikul maandumiskohti aerofotode abil ja infrapunafilmilindi kasutamine võimaldas eristada taimestikku ja kamuflaaživõrke.

1960. aastatel töötati välja filmilindid taimestiku eri tüüpide tuvastamiseks. Peagi arendati välja radarisüsteemid, mis esialgu paigutati lennukite külge. 1960. aastal saadeti kosmosesse esimene ilmasatelliit: TIROS 1. 1972. aastal võeti kasutusele esimene luuresatelliit: Landsat 1. Satelliit oli varustatud uut tüüpi anduriga ja tingis uute standardite kehtestamise. Copernicuse programm käivitati 1998. aastal. Praegu on Copernicus üks tähtsamaid Maa seire programme maailmas.

1.2.2 Maa seire rakendusvaldkonnad

Millistes valdkondades kaugseire andmeid kasutatakse?
Maakasutuse muutuste tuvastamine
Maismaa, mere ja õhu teabe kogumine
Üleilmsete kliimamuutuste mõju uurimine

Geodeesia, meteoroloogia, geoökoloogia, keskkonnateadused, säästev areng jne
Kliima- ja atmosfääriuuringud (sealhulgas ilmaennustus)
Maapinna liikumine
Kodanikukaitse
Julgeolekusektor
Mere- ja õhusaaste seire
Katastroofide ennetamine
Maastiku- ja linnaplaneerimine (maakasutus, maanteeliiklus, müra kaardistamine)
Ressursside haldamine
Keskkonnakaitse ja looduskaitse
Jne...

1.2.3 Sensori ajalugu

1960. aastatel hakati tasapisi tegelema kosmosetööstuse disaini teemaga ning selle kallal töötasid mitmed teadlased ja ettevõtted. Virginia T. Norwood töötas ettevõttes Hughes Aircraft Company ja üks tema ülesannetest oli jälgida, milliseid uusi projekte NASA (Ameerika Ühendriikide kosmoseagentuur) kaalub. Seega ta teadis, et NASA töötab satelliidipõhiste multispektraalsete piltidega. Norwood kogus kokku erinevate valdkondade eksperdid ja hakkas koos tööühmaga tegelema sama valdkonnaga.

Esimesel NASA Landsati satelliidil oli instrument nimega *Return Beam Vidicon* (RBV) (elektrooniline pildistamisseade). Seda tehnoloogiat hakati kasutama ka TIROSi ilmasatelliitidel ja Surveyori missioonidel Kuul. RBV on sarnane tavakaameraga. Kuid sel oli mõned piirangud ja Norwoodi meeskonna ülesandeks sai uue kosmoseskanneri loomine.

Norwood jätkas multispektraalse (MSS) skanneri disainimist Hughesi inseneri Jack Lansingiga. MSS skaneerib pildi satelliidi edasiliikumisel rida-realt. Pärast mõningaid probleeme ja täiustusi loodi toimiv MSS-skanner. (Digitaalsed) MSS andmed täiustasid oluliselt satelliitkaugseiret ja digitaalset Maa seiret.

23. juulil 1972 käivitati Landsat 1 koos RBV ja MSSiga. Kui esimesed pildid kaks päeva hiljem saabusid, olid teadlased, insenerid ja tehnikud pildi kvaliteediga väga rahul. Andur näitas stabiilset jõudlust nii geomeetriliselt kui ka radiomeetriliselt. Landsati programm oli NASA ja USGSi (Ameerika Ühendriikide Geoloogiateenistus) kõige olulisem koostöö.

Lugege rohkem Virginia T. Norwoodist siit (inglisekeelne): <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/virginia-t-norwood-the-mother-of-landsat/>

1.3 Maa seire klassiruumis

1.3.1 Sissejuhatus

Maa seire on tähtis teema ja muutub tulevikus üha tähtsamaks. Seepärast on selle valdkonna tutvustamine õpilastele väga oluline ja annab neile tuleviku jaoks ka praktilisi oskusi. Seda võib kasutada erinevate ainete raames, eelkõige geograafia ja füüsika tundides. Samuti saab läbida seda teemat keemia, matemaatika ja bioloogia tundides ning ainete omavahelise sidususe tõstmiseks.

1.3.2 Maa seire eelised klassiruumis

Õpetamine ja õppimine...

<i>Maa seire</i>	<i>Maa seire kaudu</i>	<i>... koos Maa seirega</i>
Vahendid ja meetodid	Ruumiline mõtlemine	Uurimuslik õpe
Teadusuuringud	Andmetöötlus	Teaduspõhine õpe
Teadusharud	Kriitiline mõtlemine	Probleemõpe
Kutsealane areng	Analüütiline mõtlemine	Tehniliste oskuste arendamine
	Kodanikuühiskonna liikmeks kasvamine	
Mida on Maa seirega võimalik jälgida?	Milliseid üldoskusi omandatakse?	Kuidas saab Maa seiret kasutada õppevahendina?

Maa seire õpetamisel õpetame ka palju muud!

Maa seire õpetamine mitte ainult ei tutvusta vahendeid ja meetodeid, vaid annab ka ülevaate erinevatest erialadest ja praegustest uurimistulemustest. Niimoodi arenevad õpilaste praktilised oskused ja teadmised Maa seire võimaluste kohta. Maa seire kaudu õppimine arendab selliseid olulisi oskusi nagu ruumiline mõtlemine, meediapädevus ning kriitiline ja analüütiline mõtlemine. Maa seire kasutamine klassiruumis võimaldab uurimuslikku, teaduspõhist ja probleemipõhist õppimist, lisaks arenevad üldoskused.

Kaugseire andmed on väga päevakajalised. Õpilased saavad mõne valdkonna probleemide lahendamisega tegeleda praktiliselt reaajas. Teiseks annavad satelliidipildid hea võimaluse jälgida mingit probleemset valdkonda linnulennult, õpitakse analüüsima nähtusi eri vaatenurkadest ja areneb ruumiline mõtlemine.

Maa seire motiveerivat mõju klassiruumis ei tohiks alahinnata. Põnevate satelliidipiltide ja kaasaegse tehnoloogia kombinatsioon köidab õpilasi emotsionaalselt ja stimuleerib nende uudishimu. Interdistsiplinaarne lähenemine edendab terviklikku mõistmist ja annab õpilastele võimaluse rakendada oma teadmisi erinevates kontekstides. Kaugseire teemaga tegelemine arendab ka õpilaste võimet teha iseseisvat tööd ja arenevad nende metoodilised oskused. Need oskused ei ole olulised mitte ainult igapäevases koolielus, vaid ka hilisemas akadeemilises ja kutsealases arengus.

Andmete aktuaalsus, ainulaadne perspektiiv, motiveeriv mõju ja mitmekülgne rakendatavus omavad suurt didaktilist lisaväärtust. Maa seire kasutamine klassiruumis võimaldab seega terviklikku ja praktilist haridust, mis rikastab õpilasi mitmel viisil.

1.4 Maa seire haridusprojektid

1.4.1 Copernicuse Akadeemia

Copernicuse Akadeemia loodi Euroopa Komisjoni eestvedamisel ja see seob omavahel Euroopa ülikoolid, teadusasutused ja ettevõtluskoolid nii programmis osalevates riikides kui ka mujal. Üldeesmärk on luua side teadusasutuste ning riigiasutuste ja teenuseosutajate vahel. Selleks toetatakse ühist teadustegevust ning luuakse uusi loenguid, koolitusi, praktikavõimalusi ja õppematerjale. See annab järgmise põlvkonna teadlastele ja ettevõtjatele vajalikud oskused Copernicuse andmete ja teabeteenuste parimaks kasutamiseks.

Copernicuse Akadeemia pöörab tähelepanu ka interdistsiplinaarsele koostööle loodusteaduse, tehnoloogia, inseneriteaduse, matemaatika, humanitaarteaduste ja teiste valdkondadega. Toetatakse Copernicuse andmete ja teabe kasutamist mitmesugustes avalik-õiguslikes ja eraõiguslikes asutustes. Copernicuse Akadeemia edendab aktiivselt koostööd haridusasutuste ja ettevõtjate vahel, et innovatsioon jõuaks kiiresti turule ning tooks seega kasu Euroopa kodanikele ja Maa tulevikule.

Euroopa kosmosestrateegia lahutamatu osana püüab Copernicuse Akadeemia välja töötada ka uusi vahendeid, edendada teadmiste jagamist ja tugevdada koostööd eri tasanditel. Copernicuse Akadeemial on oluline roll ka õpilaste ettevalmistamisel tänapäeva maailma erinevateks väljakutseteks.

1.4.2 Cop4Schools

Copernicuse Akadeemiasse kuulub liikmeid üle kogu maailma. Programmi liige on ka Ruhr-Universität Bochumi geograafia instituudi interdistsiplinaarse geoinfoteaduste töörühm. Töörühm viib ellu mitmesuguseid haridusprojekte, millest üks kannab nime „Cop4Schools“ ja mida toetab Copernicus. Selle projekti keskmes on Maa seire teema viimine kooli õppekavasse. Töötatakse välja õppematerjale, mis seovad Maa seiret erinevate õppeainetega. Projektis tegeldakse kliimamuutustega seotud katastroofide ennetamise teemaga.

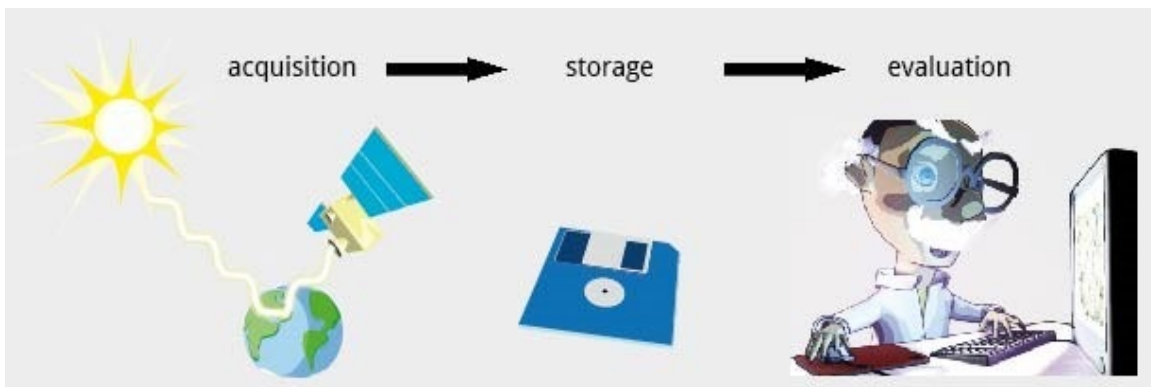
Projekti materjalid on kättesaadavad töörühma loodud veebisaidil „Kaugseire koolides“ (<https://fis.rub.de/>). Sealt leiate ka õppematerjale mitmesuguste teemade kohta teistest projektidest, mis on pühendatud teemale „Maa seire klassiruumis“.

2 – Lühidalt Maa seirest

2.1 Mis on Maa seire? Kaugel ja samas lähedal.

Väga lihtsalt öeldes on Maa seire meie planeedi jälgimine ja enamasti tehakse seda kaugelt. Kaugseireks nimetatakse eemal asuvate objektide kohta informatsiooni hankimist mittekontaktsete meetoditega. Enamasti tähendavad Maa seire ja kaugseire sama asja. Siiski võib Maad seirata ka maa pealt, seda tehakse kaugseire andmete kontrollimiseks.

Selles peatükis vaatleme Maa seire meetodeid ja vahendeid. Joonisel 5 on toodud lihtsustatud kujul Maa seire süsteem.



Joonis 5. Kuidas Maa seire toimib?

Maa peal olevatele objektidele langevad päikesekiired, mida peegeldatakse. Neid peegeldunud kiiri saab satelliitide abil kinni püüda ja salvestada. Saadud andmeid analüüsitakse arvutite abil.

Astronoomias jälgitakse ja uuritakse universumit koos oma planeetide, tähtede ja teiste taevakehadega. Maa seire on sarnane: samamoodi jälgitakse oma uurimisobjekti kaugelt, ilma kontaktita. Kuid uurimisobjektiks ei ole mitte avakosmos, vaid Maa ise!

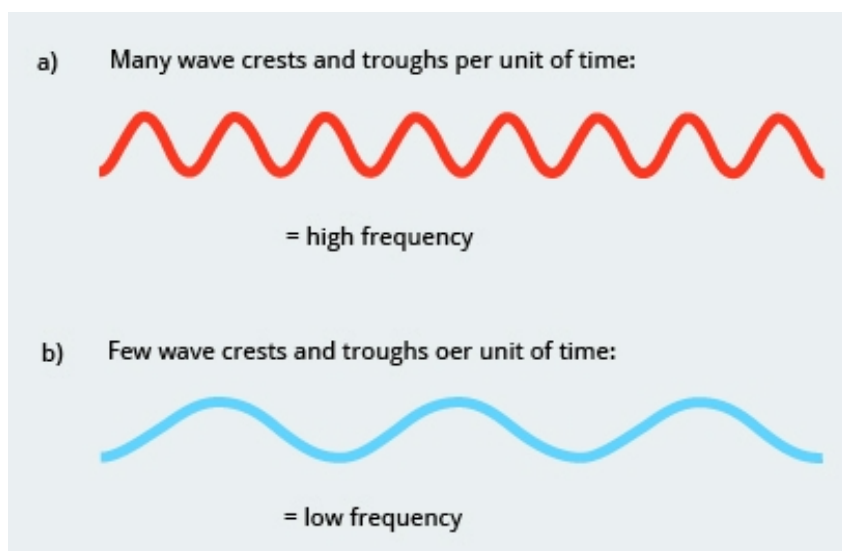
Maapinna uurimiseks on lennukite ja satelliitide külge kinnitatud mõõteseadmed (sensorid). Need püüavad kinni elektromagnetlaineid ja seejärel salvestavad need pildina.

2.2 Kuidas Maa seire töötab?

Maa seires kasutatakse Maa pinnalt peegeldunud päikesevalgust. Aga kuidas see töötab? Sageli nimetame päikesevalgust „päikesekiirteks“. Tegelikult pole see päris korrektne. Oma eriliste omaduste tõttu peaksime neid pigem nimetama „päikeselaineteks“.

2.2.1 Pikad ja lühikesed lained

Põhimõtteliselt on lained vibratsioonid, mis transpordivad energiat. Seda on lihtne mõista, kui mõtlete vette visatud kivi peale, mille ümber tekivad lained. Päikesevalgust nimetatakse elektromagnetlaineiks, mis erinevalt vee- või helilainetest ei vaja liikumiseks sellist keskkonda nagu vesi või õhk.



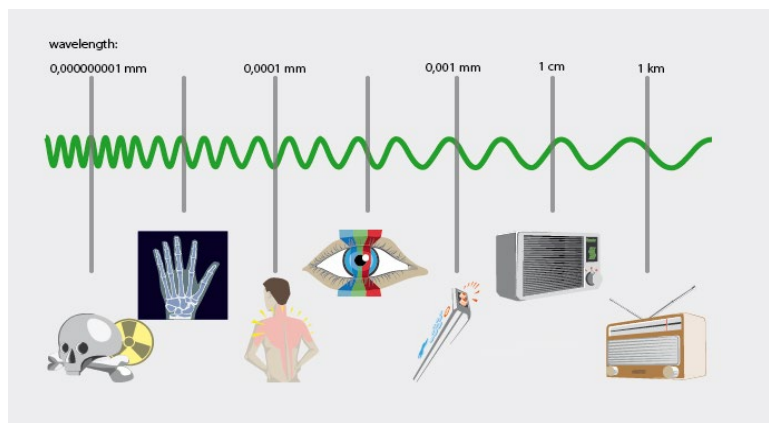
Joonis 6. Elektromagnetlained kõrgetel ja madalatel sagedustel.

Nagu ülaltoodud joonisel näha, on lainel hari ja nõgu. Kahe harja vahelist kaugust nimetatakse lainepikkuseks. Laine sageduseks nimetatakse suurt, mis näitab, mitu lainet (või võnget) läbib teatud punkti ajaühikus. Mida väiksem on lainepikkus, seda suurem on elektromagnetlaine sagedus ja energia.

Elektromagnetlainetel on ka teisi omadusi. Mingile pinnale jõudes need peegelduvad, neelduvad või kanduvad edasi.

2.2.2 Elektromagnetspekter

Selleks, et satelliitidega saaks Maad seirata, on vaja mõõteseadmeid. Neid nimetatakse anduriteks. Andurid salvestavad elektromagnetlaineid ja annavad välja pilte, mida saab hiljem analüüsida. Elektromagnetlained võivad olla väga erinevad (vt joonis 7).



Joonis 7. Elektromagnetspekter.

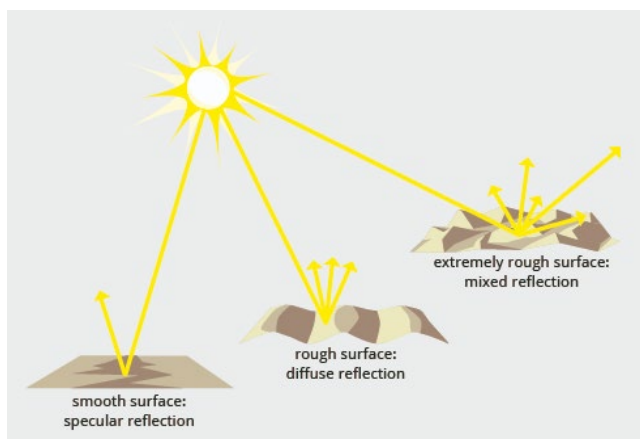
Päikesevalgus, nagu ka teised elektromagnetlained, võivad peegelduda ja neelduda. Peegeldumise korral liiguvad lained pinnast eemale; neeldumise korral aga muundatakse soojusenergiaks.

2.2.3 Mis on peegeldumine?

Peegeldumine tähendab, et peale pinnaga kohtumist liigutakse pinnast eemale. Näiteks kui pall visatakse vastu seina ja see tuleb tagasi, siis see peegeldub. Sama juhtub päikesevalgusega, kui see jõuab maapinnani. Kui pind on sile, siis langemisnurk = peegeldumisnurk. Langemisnurk on langeva valguskiire ja pinna vaheline nurk, peegeldumisnurk on peegeldunud valguskiire ja pinna vaheline nurk.

Mittehajusa peegeldumise põhimõtet on kujutatud joonisel nr 8. Üldiselt eristatakse kolme tüüpi peegeldumist. Objekti pinna karedus määrab ära, milline nendest on kõige olulisem.

1. Mittehajus peegeldumine toimub siledade pindade korral; siis langemisnurk = peegeldumisnurk.
2. Hajus peegeldumine toimub karedate pindade puhul; siis peegeldub valgus ühtlaselt kõikides suundades.
3. Segapeegeldumine on omane looduslikule aluspinnale (nt metsad); siis peegeldub valgusvihk kõikides suundades ebaühtlaselt.



Joonis 8. Kolme tüüpi valguse peegeldumine. Segapeegeldus (paremal) on omane looduslikule aluspinnale.

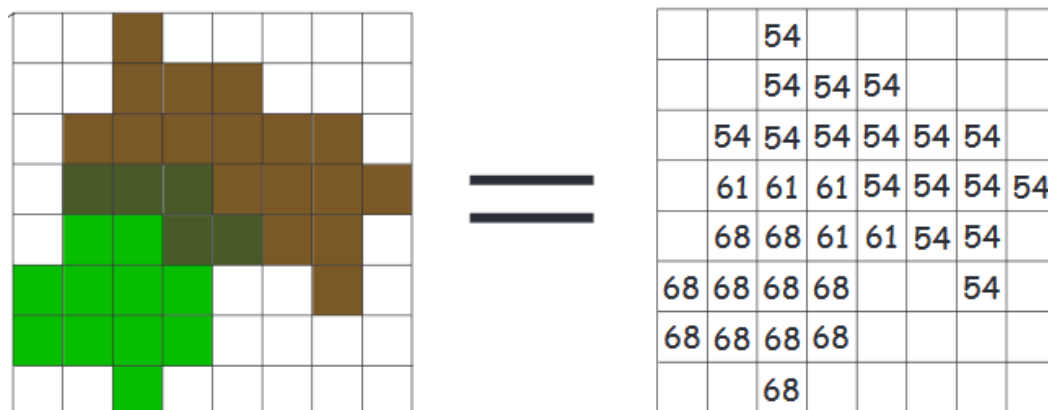
2.2.4 Mis on neeldumine?

Valgus mitte ainult ei peegeldu pindadelt, vaid ka neeldub. Valguse neeldunud energia salvestatakse ja vabastatakse aeglaselt soojusena.

Seda näeb ka igapäevaelus. Näiteks must T-särk neelab palju rohkem päikesevalgust kui valge. Sellepärast higistame musta särgiga rohkem kui valgega.

2.2.5 Pildid kui arvuvõred

Satelliitidelt saadud andmed paigutatakse ridadesse ja veergudesse. Neid nimetatakse ka rasterandmeteks.



Joonis 9. Andur salvestab andmed numbritena.

Numbrid näitavad valguse peegeldumise intensiivsust. Heledad pinnad peegeldavad tavaliselt suure intensiivsusega ja neil on suur numbriline väärtus, samas kui tumedad pinnad neelavad rohkem valgust ja seetõttu peegeldavad vähem. Mustade objektide puhul võib see olla päris null.

2.2.6 Maa seire meetodid

Maa seire andureid võib kinnitada nii satelliitide kui lennukite külge. Andurid töötavad kas passiivselt päikesevalguse abil või aktiivselt, st kiirgavad ise mikrolaineid (joonis 10).



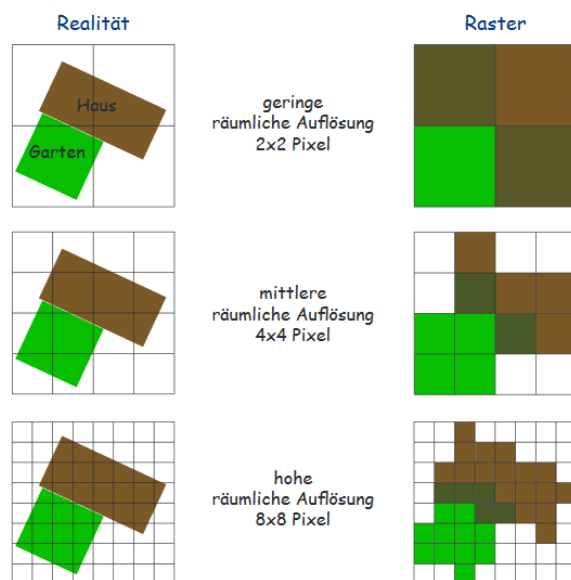
Joonis 10. Maa seire passiivsed ja aktiivsed salvestussüsteemid.

Lennuki külge kinnitatavad andurid asuvad maapinnale üsna lähedal ja seetõttu on andmed väga hea ruumilise eraldusvõimega. Kuid lennukid saavad lennata ainult üle väikese osa Maa pinnast, nii et neid kasutatakse enamasti eriuuringuteks.

2.3 Mis on resolutsioon?

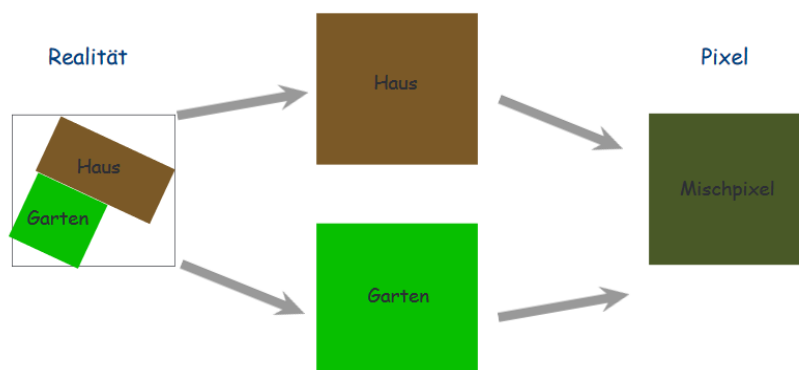
2.3.1 Ruumiline resolutsioon (eraldusvõime)

Pilt jagatakse ruudukesteks, mida nimetatakse piksliteks. Ruumiline lahutus on defineeritud kui pildi ühe piksli suurus, mis esindab mõõdetud ala pindala anduri vaateväljas (näiteks ruutmeetrites). Kõrge ruumilise resolutsiooniga on näha rohkem detaile (nt joonis 11).



Joonis 11. Näiteid erineva resolutsiooni kohta.

Lähestikku asuvad objektid satuvad sageli samasse pikslisse. Seda nimetatakse segapikslis. Joonisel 12 näeme, kuidas objektide värvikomponendid segunevad ja luuakse segapiksel. Mida madalam on ruumiline eraldusvõime, seda rohkem segapikslit luuakse ja seda vähem objekte saab üksteisest eristada.



Joonis 12. Segapikslite moodustamine.

2.3.2 Ajaline resolutsioon

Lisaks ruumilisele resolutsioonile on oluline roll ka ajalisel resolutsioonil. See näitab, kui pika ajavahemiku tagant tehakse sama piirkonna kohta järgmine satelliidipilt. Sõltuvalt orbiidist võib see olla 15 minutit kuni mitu nädalat. See sõltub satelliidi andmete kasutamise eesmärgist. Näiteks looduskatastroofide puhul on infot vaja võimalikult kiiresti.

2.3.3 Spektraalne resolutsioon

Satelliidiandurid kasutavad Maa pinnalt peegeldunud valgust. Mis värvi on valgus tegelikult? Kui vaatame valgust läbi prisma, siis näeme, et valgus jaguneb punaseks, rohelseks ja siniseks. Kõik ülejäänud värvid koosnevad nendest kolmest nn põhivärvist. Kollane koosneb näiteks rohelisest ja punasest.

2.4 Miks me tajume asju värviliselt?

Kui nähtav valgus jõuab värvilise pinnani, siis mõned lainepikkused neelduvad ja teised peegelduvad. Näiteks punane õun neelab rohelist ja sinist valgust ning peegeldab punast. Roheline leht seevastu neelab punast ja sinist ning peegeldab rohelist. Valged pinnad peegeldavad kõiki kolme lainepikkust samal määral, samas kui mustad pigmendid neelavad kõik kolm lainepikkust täielikult. Kõik teised värvid on loodud punase, rohelse ja sinise valguse koostoimel. Niimoodi muudavadki meid ümbritsevad objektid neeldumise ja peegeldumise kaudu valge päikesevalguse abil maailma värviliseks.



Joonis 13.
Peegeldumine ja
neeldumine.

Kas _____ satelliidid
tajuvad _____ ka
_____ maapinda
värviliselt?

Satelliidiandurid näevad Maad hallina. Sest iga lainepikkuse vahemik registreeritakse eraldi nn kanalites. Lisaks nähtava valguse kanalitele (punane, roheline, sinine) on enamikul satelliitidel ka inimsilmale nähtamatud infrapunavalguse kanalid, ja mõnel satelliidil isegi ultravioletvalguse kanalid.

Satelliidi salvestuskanalite arvu nimetatakse spektraalseks eraldusvõimeks. Mida rohkem kanaleid on Maa seire anduril, seda suurem on satelliidi spektraalresolutsioon.

Satelliit loob igas kanalis pildi, mis koosneb erinevatest hallidest toonidest, mistõttu seda nimetatakse ka hallskaala kujutiseks. Kui pind peegeldab palju punast valgust, näiteks tenniseväljakud, paistab see pind punase kanali halli skaala kujutisel täiesti valge ja rohelisel kanalil must.

2.5 Mida võib üks pilt meile öelda?

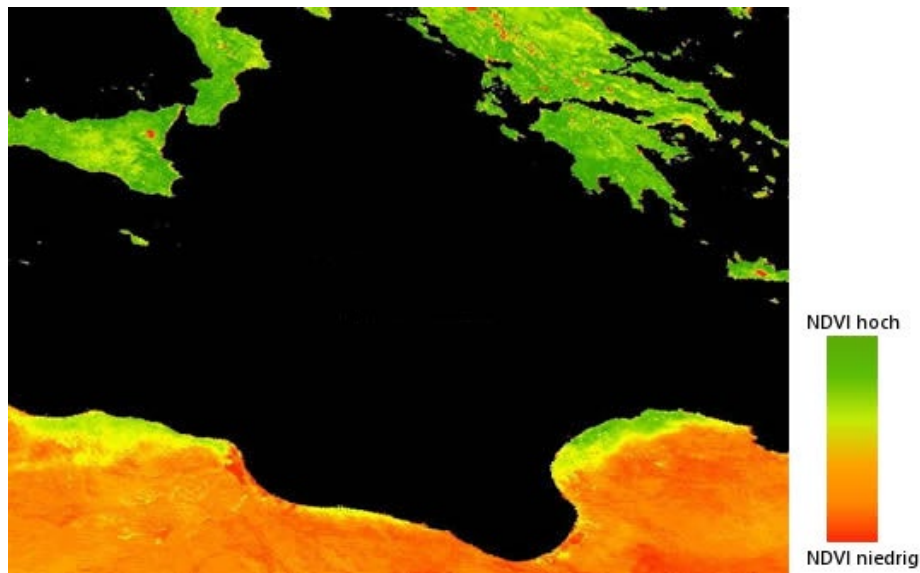
2.5.1 NDVI (normaliseeritud vegetatsiooniindeks)

Terved taimed peegeldavad tugevalt infrapunavalgust, kuid peaaegu üldse mitte punast valgust. Seetõttu saab taimi uurida NDVI abil, mida arvutatakse järgmiselt:

$$NDVI = \frac{IR - RED}{IR + RED}$$

IR – infrapunavalgus

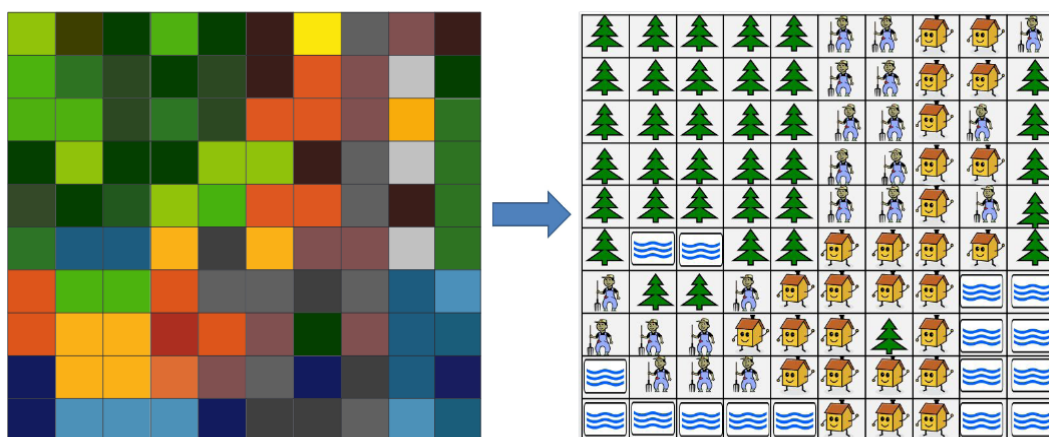
RED – punane valgus



Joonis 14. NDVI pilt Vahemerest

2.5.2 Klassifitseerimine

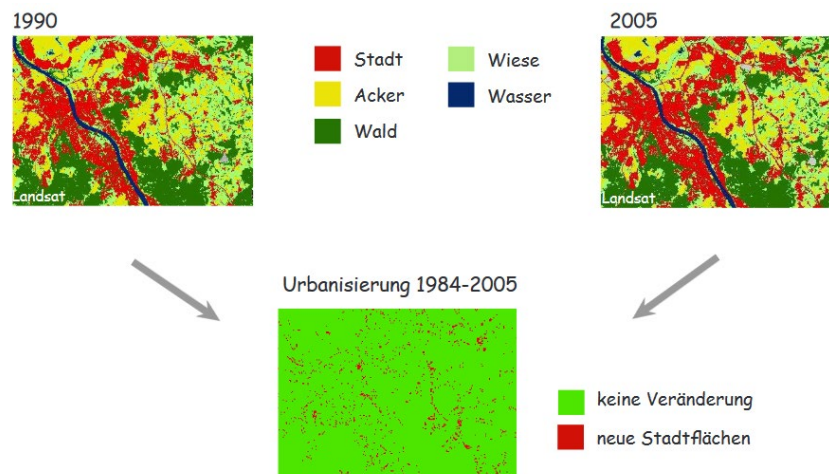
Klassifitseerimiseks nimetatakse sarnaste omadustega pikslite rühmitamist temaatilistesse klassidesse. Joonisel 15 näime, kuidas veele ja taimestikule värvi määramine lihtsustab piltide tõlgendamist.



Klassifitseerimise abil saame maapinda esitada lihtsustatud viisil. Näiteks saame luua temaatilisi kaarte, kus on näidatud sellised klassid nagu asula, vesi ja mets.

2.5.3 Muutuste analüüs

Muutuste analüüsiga tuuakse esile mitte ainult maapinna praegune seisund, vaid ka selle muutumine aja jooksul. Joonisel 16 on kaks klassifitseeritud satelliidikujutist Bonni/Reini-Siegi piirkonnast kahel erineval ajahetkel. Kolmas pilt näitab muutust.



Joonis 16. Muutuste analüüs

3 Copernicus – Maa seire kõigile!

Copernicuse programm on Euroopa Maa seire programm, mille raames ehitatakse võimsat taristut Maa satelliidipõhiseks seireks. Programmi haldab Euroopa Komisjon, tehnilise koordineerimise eest vastutab Euroopa Kosmoseagentuur (ESA). Kogutud ja töödeldud andmed on vabalt kättesaadavad kõigile inimestele. See toetab uute rakenduste ja teenuste väljatöötamist kogu maailmas.

Copernicuse põhiteenused on maismaa ja mere seire, katastroofide ja kriiside ohjamine, atmosfääri seire, kliimamuutuste seire ja julgeoleku toetamine. Kõik teenused kasutavad Sentinel satelliidipilte. Lisainfo saamiseks kasutatakse kolmandate osapoolte andmeid. Selleks, et ametiasutused, teadlased, ettevõtted, organisatsioonid ja kodanikud saaksid Copernicuse andmeid kasutada, tuleb neid eelnevalt töödelda. Selleks ongi olemas Copernicuse teenuseid.

Copernicuse programm aitab leevendada sotsiaalseid probleeme, kliimamuutusi, looduskatastroofide jne. Rakendusvaldkondi laiendatakse pidevalt edasi läbi teadusuuringute ja koostöö tööstusega.

Teave Copernicuse programmi kohta

Ametlik brošüür „Copernicus: Euroopa vaade Maale“: https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_brochure_DE_web_Oct2017.pdf

Copernicuse programm Saksamaal: <https://www.d-copernicus.de/>

Sentinel-Online: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

Copernicuse programm keskkonnaseireks:

https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/Tutorial_Copernicus_online.pdf

3.1 Teenused

Atmosfääriseire teenus on saadaval alates 2015. aasta juunist. Keskendutakse viiele peamisele valdkonnale – õhukvaliteet ja atmosfääri koostis, osoonikiht ja ultraviolettkiirgus, heitkogused, päikesekiirgus ja kliimamõjud. Oluliseks koostööpartneriks on Euroopa Keskpika Ilmaennustuse Keskus (ECMWF).

Atmosfääriseire teenuse kataloog:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_AtmosphereMonitoring_Feb2017.pdf

Merekeskkonna seire teenus pakub regulaarseid andmeid ookeanide ja mereökosüsteemide füüsilise ja biogeokeemilise seisundi, varieeruvuse ja dünaamika kohta alates 2015. aasta maist. Rakendusvaldkondadeks on nt mereohutuse suurendamine (hoovuste ja tuulte täpsema prognoosi abil), ressursside kaitse, kliimamuutuste mõju uurimine ookeanidele. Teenuse koostööpartner on mittetulundusühing Mercator-Océan.

Merekeskkonna seire teenuse kataloog:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_MarineMonitoring_Feb2017.pdf

Maismaaseire teenus on saadaval alates 2012. aastast. Seiratakse biofüüsilisi parameetreid (nt mullaniiskus), maakatet ja maakasutust (nt linnamaa vs põllumajandusmaa) ja päevakajalisi nähtusi (nt looduskatastroofe). Töötatakse välja maalihete seire võimalusi. Oluline koostööpartner on Euroopa Keskkonnaagentuur.

Maa seire teenuse kataloog:

<https://www.copernicus.eu/sites/default/files/Copernicus%20Land%20Monitoring%20Service%20factsheet%20status%20oktober%202018.pdf>

Copernicuse kliimamuutuste teenus (C3S) kogub teavet mineviku, oleviku ja tuleviku kliima kohta. Eesmärk on toetada ELi kohanemis- ja leevendamispoliitikat. Kogutud andmeid kasutatakse näiteks selleks, et hinnata kliimamuutuste mõju bioloogilisele mitmekesisusele, esmatarbekaupade kättesaadavusele või veemajandusele. Kliimaandmete kogu (CDS) on kättesaadav kõigile kasutajatele. Teenus täiendab ELi olemasolevaid meteoroloogia- ja keskkonnateenuseid.

Koostööpartner on Euroopa Keskpika Ilmaennustuse Keskus (ECMWF).

Kliimaandmete kogu (CDS): <https://cds.climate.copernicus.eu#!/home>

Julgeoleku teenus on kättesaadav alates 2015. aastast ja toetab kolme valdkonda: piirivalvet, mereseiret ja ELi välispoliitikat. Piirivalve eesmärk on vähendada ebaseaduslike sissetundajate arvu, vähendada merel hukkuvate inimeste arvu, suurendada ELi sisejulgeolekut ja võidelda piiriülese kuritegevuse vastu. Mereseire ülesanne on toetada Euroopa meresõiduohutust. See puudutab muu hulgas laevanduse ohutust, aga ka kontrolli kalanduses ja võitlust merereostuse vastu. Välispoliitika eesmärk on toetada kriisilukordades olevaid kolmandaid riike ning vähendada ülemaailmseid ja suuri piirkondi haaravaid ohte.

Koostööpartnerid on Euroopa Komisjon FRONTEX (Euroopa rannikuvalve), Euroopa Meresõiduohutuse Amet (EMSA) ja Euroopa Liidu Satelliidikeskus (EU SATCen).

Turvateenistuse kataloog:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_Security_oktoober2017.pdf

Hädaolukordade ohjamise teenuse (EMS) kaudu saavad volitatud kasutajad kätte kriiside kaardid ja analüüsid. Näiteks saab teavet mingi piirkonna (või inimgrupi) haavatavuse kohta (enne katastroofi), operatiivinfot kriisijuhtimiseks (katastroofi ajal) ning katastroofi ulatuse ja taastamisvajaduste kohta (pärast katastroofi). Katastroofiks võib olla nt üleujutus, maavärin, metsatulekahju või humanitaarkriis.

Ligipääsu EMSi teenusele saab taotleda keskusest nimega *Joint Federal and State Reporting and Situation Center* (GLMZ).

Hädaolukordade ohjamise teenuse kataloog:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_Security_oktoober2017.pdf

<https://emergency.copernicus.eu/>

3.2 Andmeruum

Copernicus Dataspace Ecosystem on Euroopa Komisjoni poolt käivitatud digitaalne keskkond, mis võimaldab vaba ligipääsu Sentineli missioonide andmetele ja paljule muule. Satelliidiandmeid saab otsida, analüüsida, visualiseerida ja alla laadida. Maa seire andmekogumeid on võimalik kasutada ka selliste veebiteenuste kaudu nagu openEO ja SentinelHub.

Ametlik veebisait: <https://dataspace.copernicus.eu/>

Youtube'i video (ametlikust koduleheküljest): <https://youtu.be/Am93Xi0PZ5o>

3.3 SNAP

SNAP (ESA Sentineli rakendusplatvorm) on Copernicuse tarkvara, mille töötasid välja Brockmann Consult, Skywatch, Sensor ja C-S. Programmi ja töövahendeid saab kasutada Maa seireandmete töötlemiseks ja analüüsimiseks. SNAP-i saab tasuta alla laadida ja kasutada igaüks.

ESA teabeleht: <https://earth.esa.int/eogateway/tools/snap>

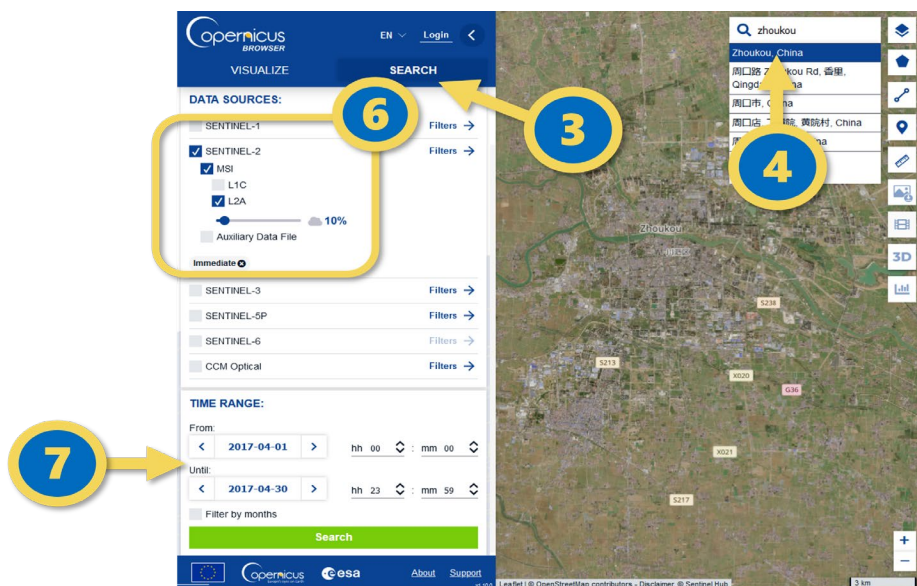
Link allalaadimiseks: <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>

3.4 Andmetöötlus Dataspace Hubis

3.4.1 Muutuste tuvastamine

1. Minge veebisaidile <https://dataspace.copernicus.eu/> ja valige ülevalt *Copernicus Browser* (Copernicuse veebilehitseja).
2. Registreeruge või logige Copernicuse veebilehitsejasse (see on tasuta ja reklaame ei ole!).
3. Andmete allalaadimiseks valige vasakul vahekaart nimega SEARCH (otsi).

- Uuritava asukoha määramiseks kirjutage paremal otsingu aknas (🔍 Go to Place) „Zhoukou“.
- Valige Zhoukou, Hiina; linna nägemiseks suumige sisse.
- Nüüd valige andmeallikas. Selleks valige vasakul *DATA SOURCES* → *Sentinel-2* → *MSI* → *L2A*. Nüüd saate atmosfääri suhtes korrigeeritud pildi. Pilvkatte liugur libistage 10%-ni.
- Muutuste tuvastamise puhul tuleb valida üsna suure ajavahega pildid. Vanimad pildid Zhoukou linna kohta on saadaval 2017. aasta aprillist. Pange otsingusse 1. aprill 2017 kuni 30. aprill 2017.

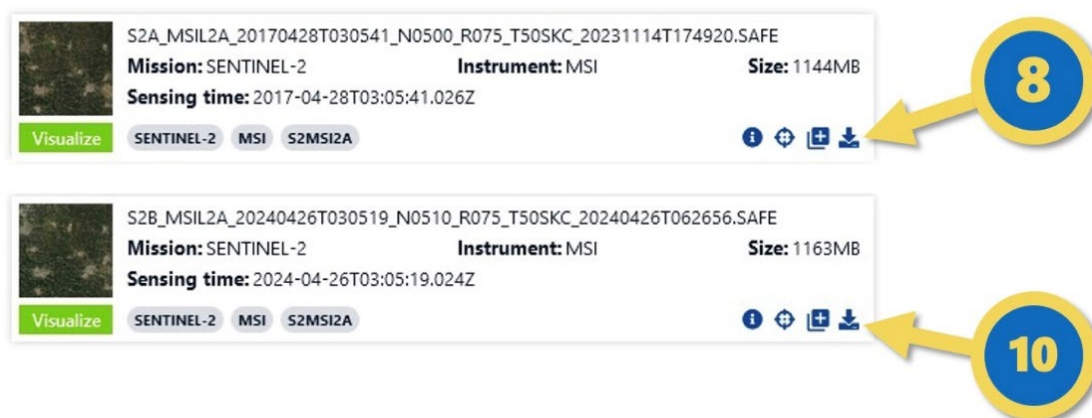


Joonis 17. Uuritava paiga ja andmeallika valimine.

- Klõpsake tulemuste loetelust mõnel pildil ja kontrollige üksikasju. Piltide arv sõltub sellest, kui lähedale te suumisite, st kui mitu pilti vaatevälja mahub. Piltide nimed on väga sarnased, sest pärinevad samast salvestusribast. Laadige alla pilt:

S2A_MSIL2A_20170428T030541_N0500_R075_T50SKC_20231114T174920.SAFE

- Korrake otsingut (*Go to search*) kuupäevadega 2024-04-01 kuni 2024-04-30 (alustage viimasest kuupäevast, sest muidu ei saa esimest muuta).



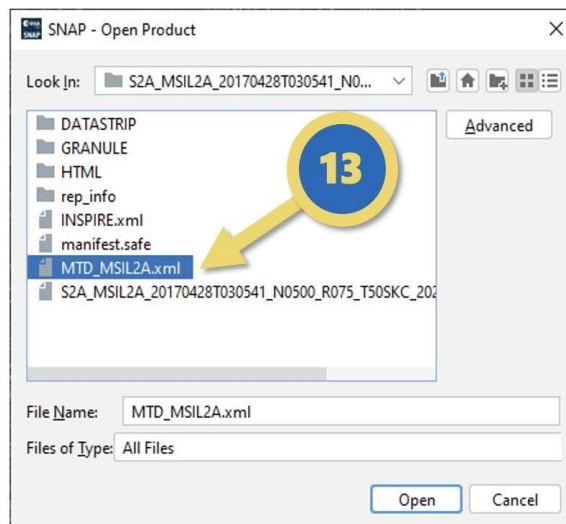
Joonis 18.

Satelliidipiltide allalaadimine.

- Laadige samast piirkonnast alla pilvevaba pilt
S2B_MSIL2A_20240426T030519_N0510_R075_T50SKC_20240426T062656.SAFE
- Pakkige allalaaditud zip failid lahti.

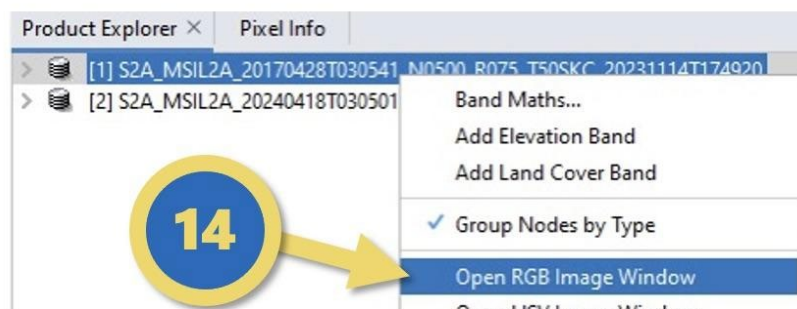
Piltide analüüsimine SNAP-is

12. Laadige oma SNAP programm alla aadressilt: <https://step.esa.int/main/download/snap-download/> ja avage programm oma arvutis.
13. Failide avamiseks vajutage vasakul üleval ääres kausta sümbolil. Valige allalaaditud lahtipakitud piltide kaustad ja avage mõlemas SAFE kataloogis fail „MTD_MSIL2A.xml“.



Joonis 19. Failide avamine.

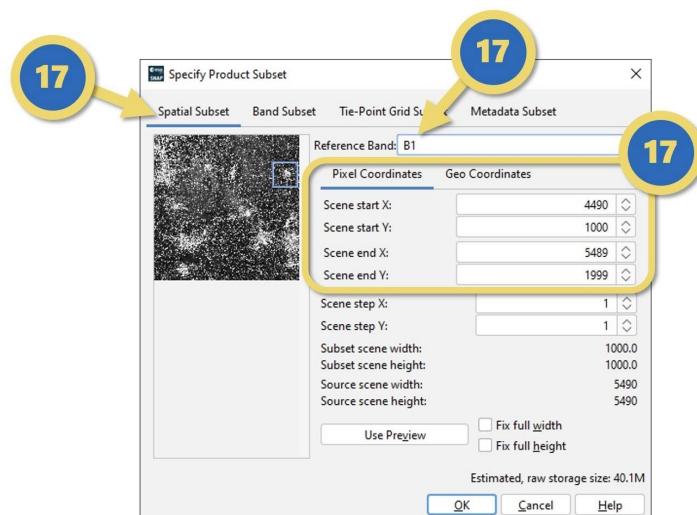
14. Minge pildi nime peale ja vajutage hiire paremat klahvi, valige *Open RGB Image Window*. Veenduge, et valitud on *Sentinel 2 MSI Natural Colors* ning punase jaoks B4, roheline jaoks B3 ja sinise jaoks B2 kanal. Klõpsake nuppu OK.



Joonis 20. Faili avamine RGB formaadis.

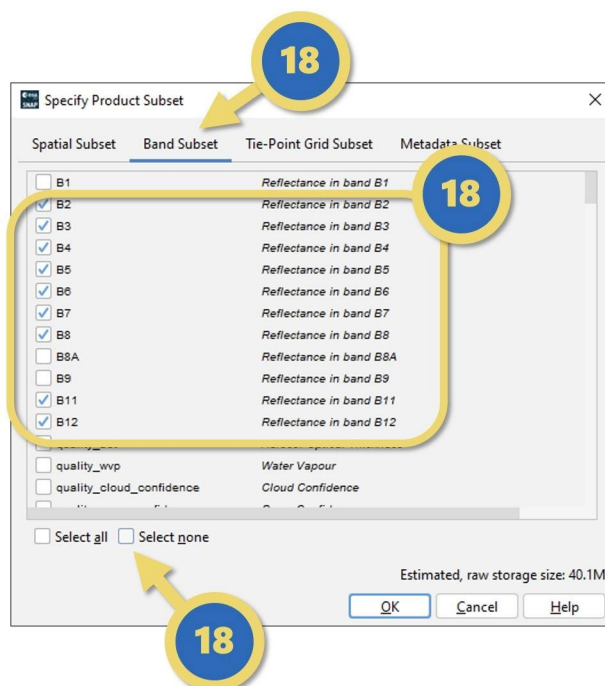
15. Piltide võrdlemiseks joondage need horisontaalselt (üleval sümboliribal nupp „Tile horizontally“ ).
16. Kuna kogu pildi klassifitseerimine võtaks enamikus arvutites liiga kaua aega, valime meid huvitava piirkonna välja. Selleks Klõpsake ülemises menüüs *Raster* → *Subset* (alamhulk).
17. Vahekaardil *Spatial Subset* (ruumiline alamhulk) saab määrata alamhulga piirid (vt numbreid järgmise pildi pealt). Ümber Zhoukou linna valime piirkonna *Scene start X*: 4490 *Scene start Y*: 1000 *Scene end X*: 5489 *Scene end Y*: 1999. Võrdlusribaks jätame B1.

NB! 2010. aasta rahvaloendusel oli selles piirkonnas umbes 340 000 elanikku. Mitmed lähestikused linnad on kokku kasvanud.



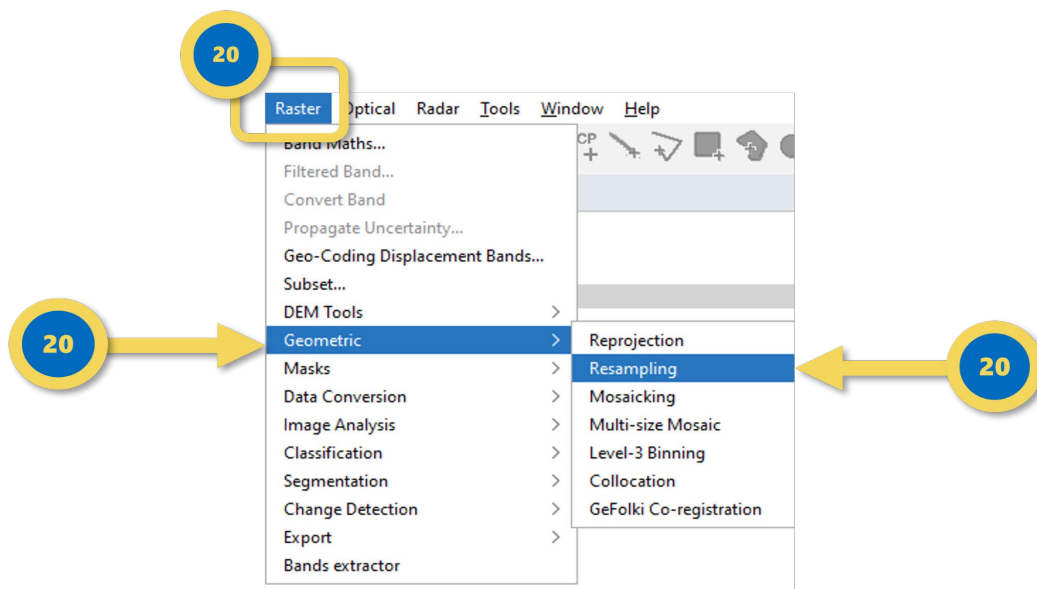
Joonis 21. Ruumilise alamhulga määramine.

18. Vahekaardil *Band Subset* (vt järgmist pilti) valige ainult ribad 2–8 ja 11–12, mis on 10–20 m resolutsiooniga ribad nähtavas ja lähiinfrapunavalguses. Vaikimisi on valitud kõik ribad. Kõigepealt tuleb see tühistada: *Select none* ja seejärel valige pildil näidatud ribad.



Joonis 22. Ribade määramine

19. Tühistage vahekaardil *Tie-point Grid Subset* vaikimisi valikud: *Select none*, sest neist ükski pole klassifitseerimiseks vajalik. Vajutage OK. Tulemus kuvatakse vasakul üleval olevas *Product Exploreri* aknas. Valige samamoodi alamhulk ka teisel pildil.
20. Enamik klassifitseerimisalgoritme nõuab, et ribadel oleks sama resolutsioon ja ulatus. Kuna mõnel alamhulga ribal on resolutsioon 10 m ja teistel 20 m, tuleb need ühtlustada. Selleks valige *Raster* → *Geometric* → *Resampling*.



Joonis 23. Resolutsioonide ühtlustamine

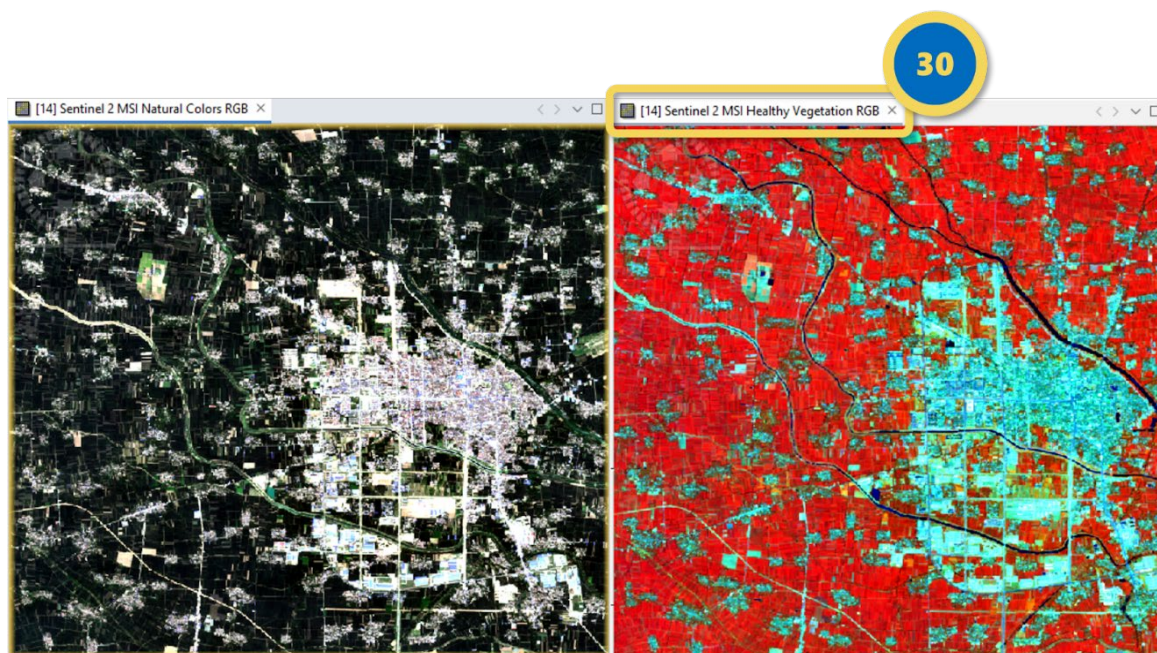
21. Valige vahekaardil *I/O Parameters* (sisend- ja väljundfaili parameetrid) sisendfailiks 2017. aasta fail. Väljundfaili nime saate lühendada, nt võite panna: S2A_MSIL2A_20170428T030541_Zhoushou_20m
22. Valige vahekaardil *Resampling parameters* (uue resolutsiooni määramise parameetrid) referentsribaks (*By reference band from source product*) B5.
23. Valige teisendamise algoritmiks (*Define resampling Algorithm*) keskmistamise meetod (*Downsampling method* → *Mean*). Klõpsake nuppu *Run* (Käivita). Korrake resolutsiooni muutmist 2024. aasta alamhulga failiga.
24. Enne klassifitseerimise alustamist tuleb alamhulgad uuesti projekteerida (tegeleme edasi uue resolutsiooniga failidega). Selleks valige *Raster* → *Geometric* → *Reprojection*.
25. Valige vahekaardil *I/O Parameters* (sisend- ja väljundfaili parameetrid) sisendfailiks 2017. aasta alamhulk laiendiga *resampled*. Väljundfaili nime saate lühendada, aga jätke viimaseks sõnaks vaikimisi pakutud *reprojected*. Veenduge, et see on kirjutatud teiste andmetega samasse kausta.
26. Vahekaardil *Reprojection parameters* kontrollige, kas projektsioon on „Geographic Lat/Lon (WGS 84)”. Kõik muud seaded võivad jääda selliseks, nagu nad on. Klõpsake nuppu *Run* (Käivita). Tehke sama 2024. aasta failiga.
27. Avage mõlemad pildid loomulikes värvides: *Open RGB Image Window* → *Sentinel 2 MSI Natural Colors*. Kui teil on korraga lahti mitu pilti, saate neil vahet teha nime ees oleva numbri järgi.
28. Ümberprojekteerimise tõttu näevad pildid teistsugused välja. Tühjad nurgad on samuti klassifitseeritud ja see moonutab tulemust. Seepärast lõikame need ära. Kordame alamhulga loomise protsessi (vt 17–19). Seekord paneme järgmised koordinaadid:
Scene start X: 50
Scene start Y: 50
Scene end X: 1149
Scene end Y: 949
 Ribad ja metaandmed jäävad seekord samaks, neid ärge muutke.

29. Nüüd on 2017. aasta ja 2024. aasta piltide kohta tehtud alamhulgad, seejärel ühtlustatud resolutsioon, ümberprojekteeritud ja määratud uuesti alamhulgad. Salvestage mõlemad töödeldud pildid *Product Explorer* aknas (parem hiireklõps ja avaneb valik *Save Product*). Veenduge, et failid lähevad õigesse kataloogi.

Klassifikatsioon

SNAPis on erinevaid klassifitseerimismeetodeid. Üks võimalus on lasta tarkvaral ise otsustada, mis millega kokku käib, seda nimetatakse juhendamata klassifitseerimiseks. Kui kasutaja määrab ise, millised pikslid kokku kuuluvad, siis seda nimetatakse juhendatud klassifitseerimiseks. Kui soovime kahte ajaperioodi võrrelda, siis peaksime kasutama viimast, sest juhendamata klassifitseerimise puhul ei ole kaks tulemust omavahel võrreldavad.

30. Juhendatud klassifitseerimiseks vajab tarkvara näiteid eri klasside kohta (1. linnapiirkond 2. viljatu maa, 3. taimestik ja 4. vesi). Loomulikes värvides pildil võib olla neid raske eristada. Aga meil on võimalik kasutada ka teisi võimalusi, nt *Healthy Vegetation* pilti, kus taimed helendavad punaselt. Selleks minge faili nime peale, parem hiireklõps *Open RGB Image Window* ja valige *Profile: Sentinel 2 MSI Healthy Vegetation*.



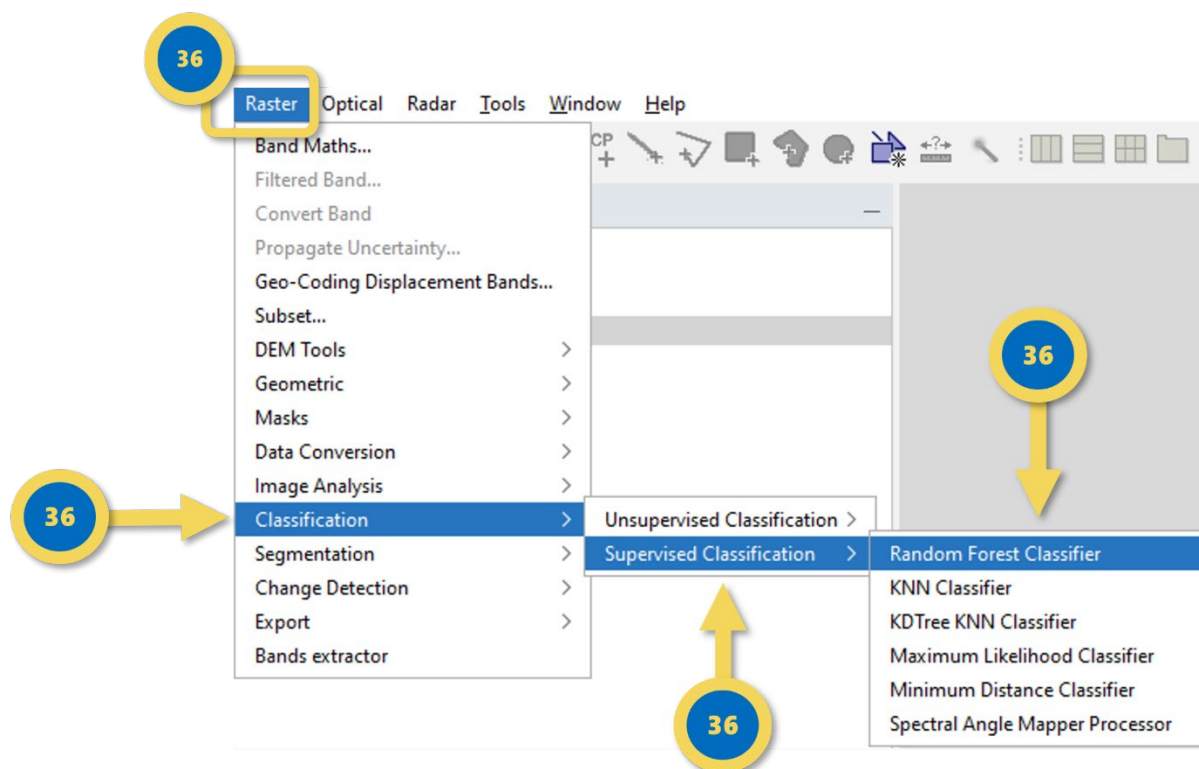
Joonis 24. Sama piirkond loomulikes värvides pildil ja taimestiku tervist näitaval pildil.

31. Tarkvarale antud näited peavad olema nõ puhtad pikslid, st ei tohi sisaldada ühegi teise klassi piksleid. Näidisalad loome vektoritena. Selleks klõpsake ülaosas tööriistaribal *Vector* → *New Vector Data Container* ja andke sellele nimi.



32. Kasutage tööriistariba nuppe selleks, et lisada klasse ja näitepiirkondi.
33. Iga klassi puhul veenduge, et valitud piirkonnad oleksid „puhtad“, st esindatud oleksid ainult valitud klassi kuuluvad pikslid (nt majade vahel poleks puid, põldude vahel teid jne). Iga piksel loeb!
Vihjed: Hiinas peetakse punast ja sinist katust õnnetoovateks. Lisage need oma linnaklassi, kuid veenduge, et nende vahel ei oleks puid. Linnapiirkondade alla võiks teha ka tööstuspiirkonna alamklassi.
34. Kui olete rahul kõigi nelja klassi võrdlusaladega (piisab 5–6 väikesest hulknurgast!), salvestage pilt (parem hiireklõps *Save Product*).
35. Kui loote teisel pildil näidisaladid, siis kasutage kindlasti samu klasse. Kui alad pole vahepeal muutunud, siis võite hulknurgad sättida enam-vähem samadesse kohtadesse. Lõpuks kindlasti salvestage.

36. Kui mõlemad pildid on koos näidisaladega salvestatud, valige menüüst *Raster* → *Classification* → *Supervised Classification* → *Random Forest Classifier*.

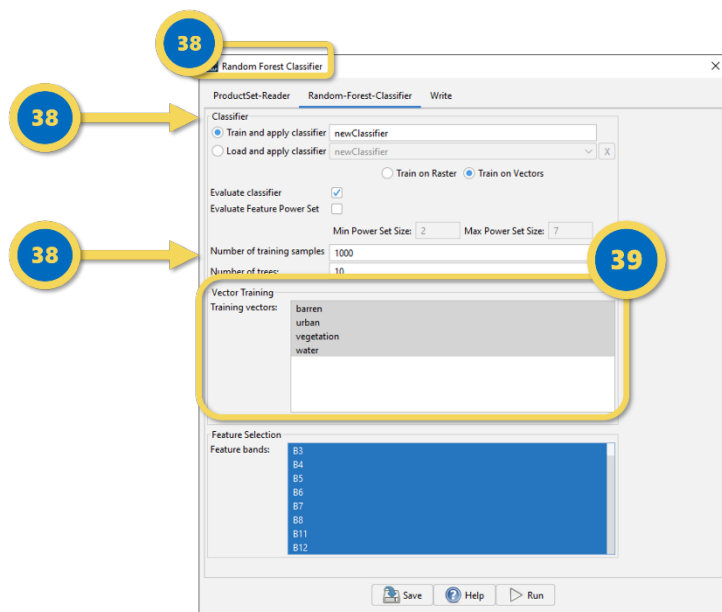


Joonis 25. Metsa klassifikatsiooni määramine.

37. Avanevas aknas klõpsake suurel plussmärgil ja valige 2017. aasta näidisaladega fail.

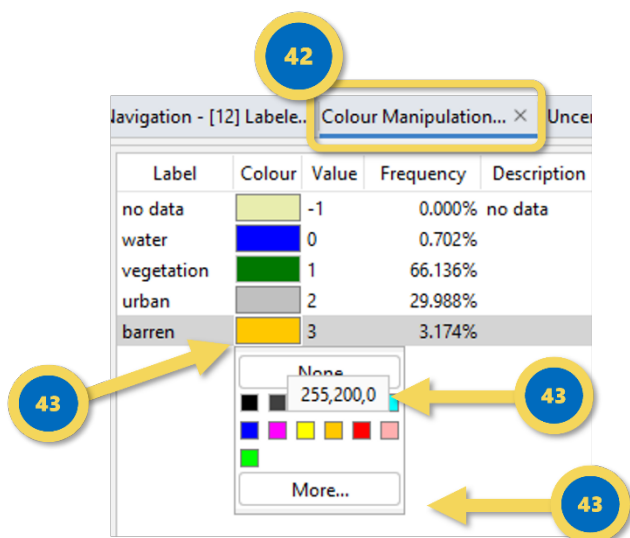
38. Vahekaardil *Random Forest Classifier* (Juhuslik metsaklassifikaator) vähendage proovialade arvu 5000lt 1000le.

39. Valige Vektorikoolituses (*Vector Training*) kõik klassid (vt joonis). Seejärel kerige vajadusel allapoole ja valige kõik ribad (2–12).



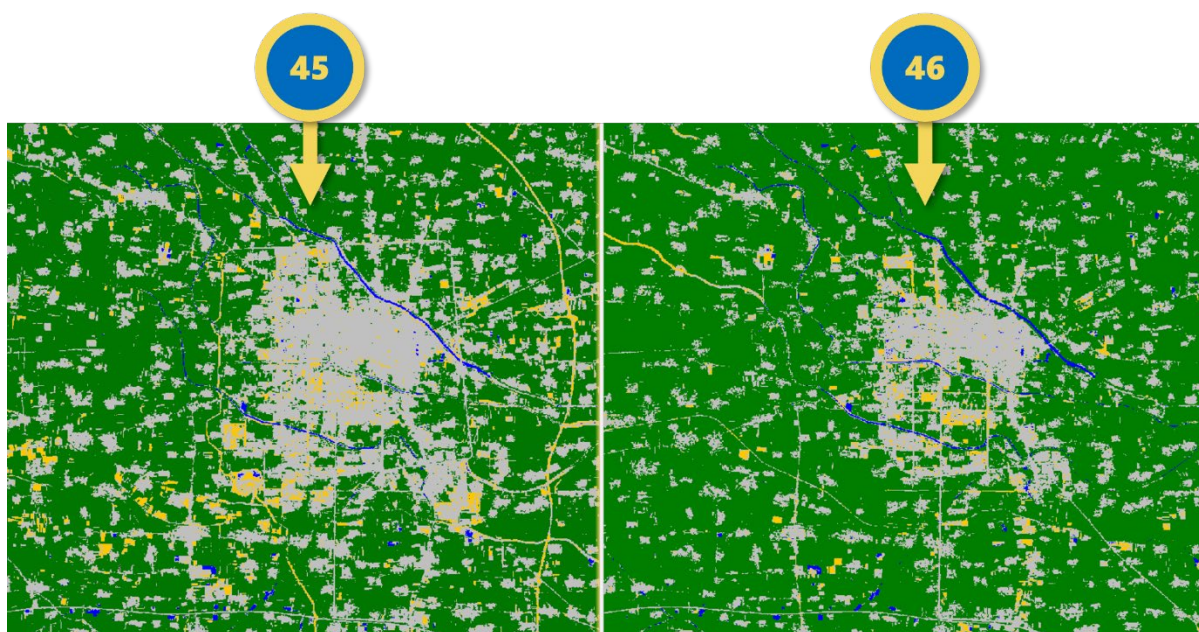
Joonis 26. Juhuslik metsa klassifikaator.

40. Minge vahekaardile *Write* ja veenduge, et failil on sobiv nimi ja kataloog. Seejärel klõpsake nuppu *Run* (Käivita).
41. Korrake sama protsessi 2024. aasta näidisladega failiga. Seejärel vajutage failile kaks klõpsu ning avage mõlema toote juures *LabeledClasses*.
42. Allpool peaks olema paista värvide muutmise aken (*Color Manipulation*). Kui seda ei paista, siis valige menüüst *View* → *Tool windows* → *Color Manipulation*.
43. Siin saate muuta klasside värve (vt joonis).



Joonis 27. Värvide muutmine

44. Pange mõlemas failis klassidele samad värvid.
45. Võrrelge, kui palju on mingi klassi väärtusi 2017. ja 2024. aastal. Kuidas on see seitsme aastaga muutunud?
46. Võrrelge linnapiirkonda aastatel 2017–2024.



Joonis 28. Linnapiirkonna võrdlemine

Näidistulemus

Klass	Värvus	Esinemine 2017. aastal	Esinemine 2024. aastal
Vesi		0,75%	0,7%
Taimestik		77,7%	66,1%
Hoonestatud ala		19,9%	30%
Viljatu maapind		1,7%	3,2%

Seitsme aasta jooksul laienes vaadeldavas piirkonnas ehitiste all olev ala ligikaudu 10% (kahekümne protsendilt kolmekümnele). Hoonestatud ala suurenes seega poolteist korda. Taimkattega ala vähenes 11,5%, viljatu maapinna osakaal peaaegu kahekordistus 1,7%-lt 3,2%-le. Lähemal vaatlusel selgub, et 2024. aastal on edelaosas arvukalt põlde, mis on tõenäoliselt just koristatud või värskest istutatud. Linnapiirkondades esinevad piklikud alad aga näitavad ehitusplatse. Veealade osakaal ja jaotus on muutunud vaid vähesel määral ning on tõenäoliselt tingitud vooluveekogude erinevast veetasemest.

Märkus: Selleks, et saada täpne teaduslik analüüs, oleks vaja teha täiendavaid analüüse.

3.4.2 Kas jalgpalliväljakul on kunstmuru või looduslik muru?

Bioloogia valdkonna näide

NDVI (normaliseeritud taimestiku indeks) annab meile teavet taimede tervise kohta. See võimaldab ka vaadata, kas piirkonnas on tõelisi taimi või on seal kunsttaimed (nt kunstmuru). Loomulikes värvides pildi puhul on väga keeruline eristada, kas jalgpalliväljakul on looduslik muru või kunstmuru. NDVI pildil peegeldab looduslik muru valgust lähisinfrapuna piirkonnas tugevamalt kui kunstmuru (vt joonis 29).



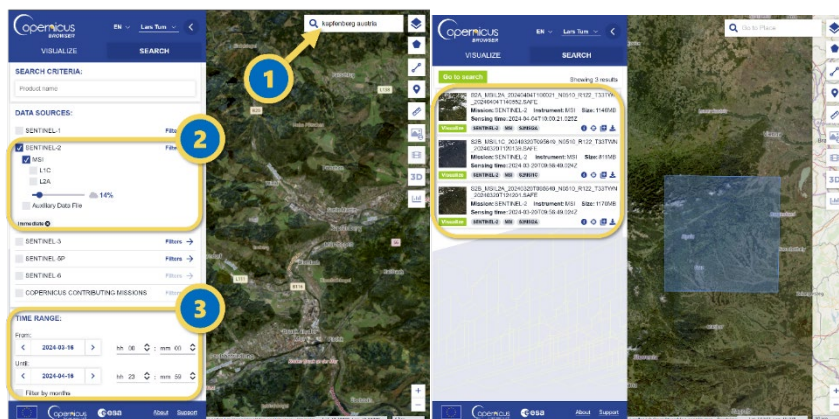
Joonis 29. Loomulikes värvides pilt (vasakul) ja NDVI pilt (paremal).

Andmete kogumine

Sentinel-2-l on nähtava, lähisinfrapuna ja infrapuna kiirguse salvestamiseks 13 riba. NDVI arvutamiseks kasutatakse punaseid ja lähisinfrapunaseid ribasid.

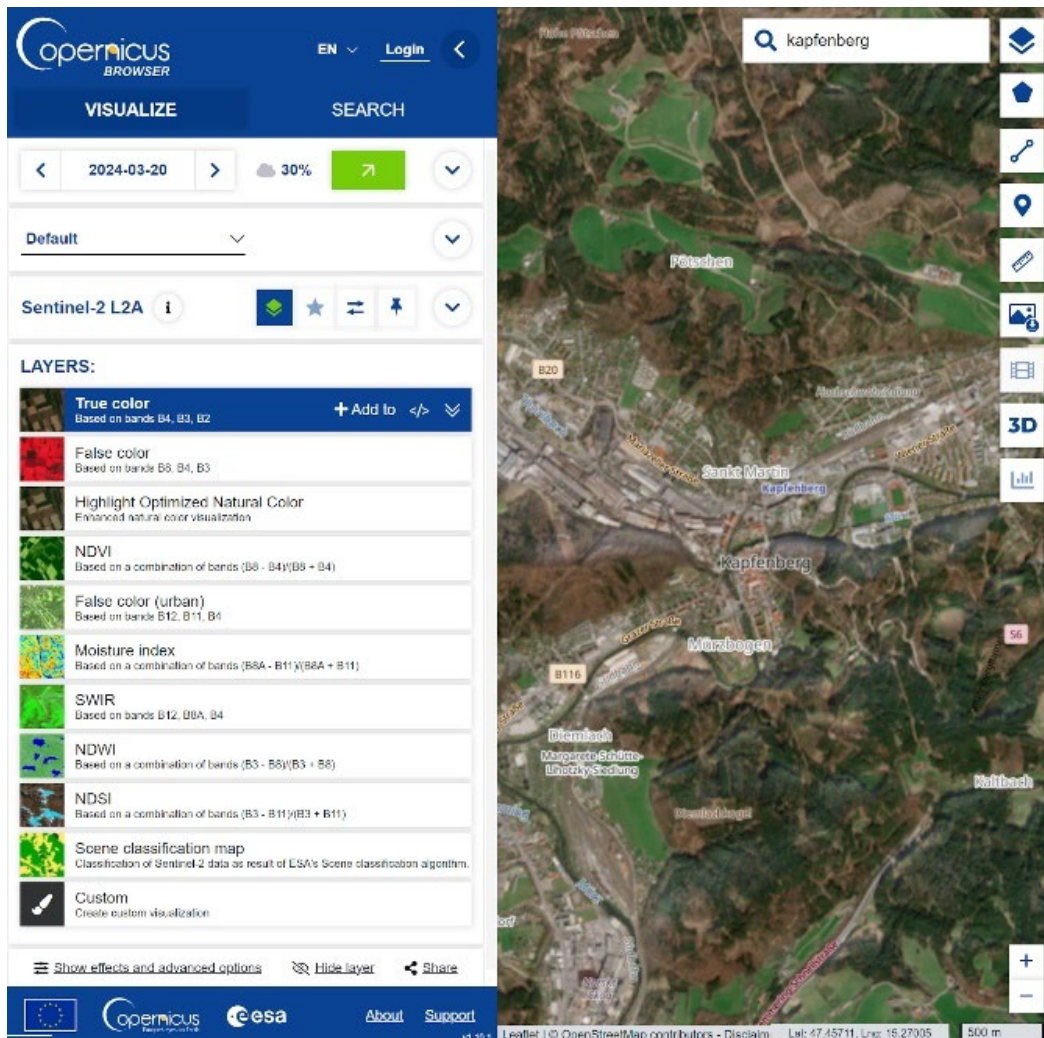
Teeme loomulike värvide ja NDVI pildi võrdluse Copernicuse brauseris. Selleks kasutame andmepäringut ja analüüsi.

1. Avage brauser: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> ja logige sisse. Klõpsake paremal väljale SEARCH ja sisestage vasakul otsinguväljale „Kapfenberg Austria“. Suumige linn sisse.



Joonis 30. Copernicuse brauseri satelliidipildi päring

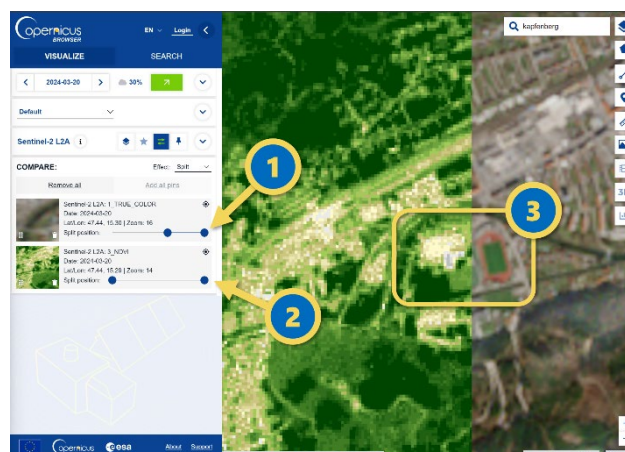
2. Valige Sentinel-2, sättige pilvede katvuse protsendiks 15 või vähem.
3. Valige piisavalt pikk ajavahemik, et saada piisavalt pilvevabu pilte.
4. Klõpsake rohelisel nupul *Search*.
5. Valige üks tulemustest, klõpsates pildi all väiksel nupul *Visualize* (Visualiseeri).
6. Vajadusel kohandage oma otsinguparameetreid.
7. Kui satelliidipilt on visualiseeritud (see võib võtta aega), valige *Layers* (kihid) alt NDVI.
8. Klõpsake *Add to* → *Add to Compare* (lisa võrdlemiseks).
9. Nüüd valige loomulike värvidega kiht (*True color*) ja korrage sammu nr 8.



Joonis 31. Loomulike värvidega kihi valimine.

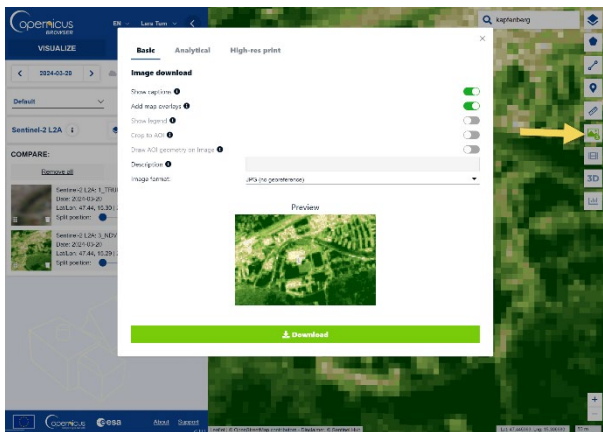
10. Piltide võrdlemiseks klõpsake nupul .

11. Piirkonna täpsustamiseks saate kasutada liugureid (vt joonis 32). Otsige üles Kapfenbergi jalgpalliväljakud (vajadusel kasutage Google Mapsi), abiks võib olla joonis nr 1.



Joonis 32. Jalgpalliväljakute võrdlus.

12. Saadud pildi allalaadimiseks klõpsake joonisel 5 kollase noolega näidatud sümbolil.

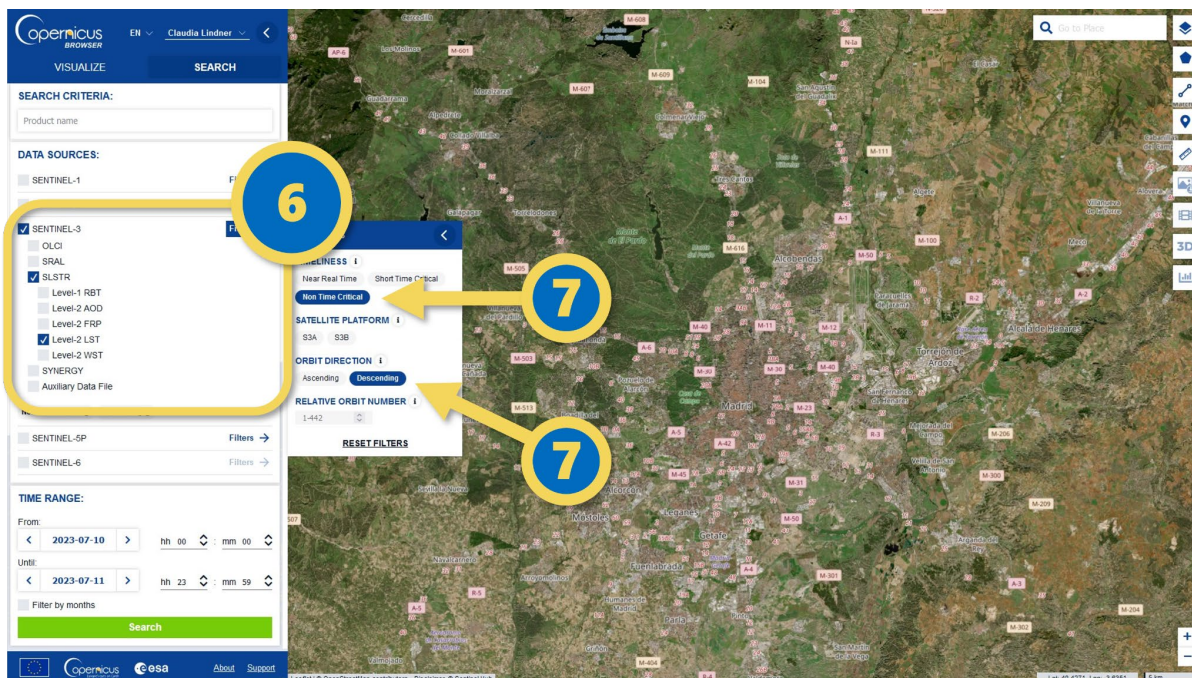


Joonis 33. Pildi allalaadimine Copernicus brauseris.

3.4.3 Soojus Hispaanias

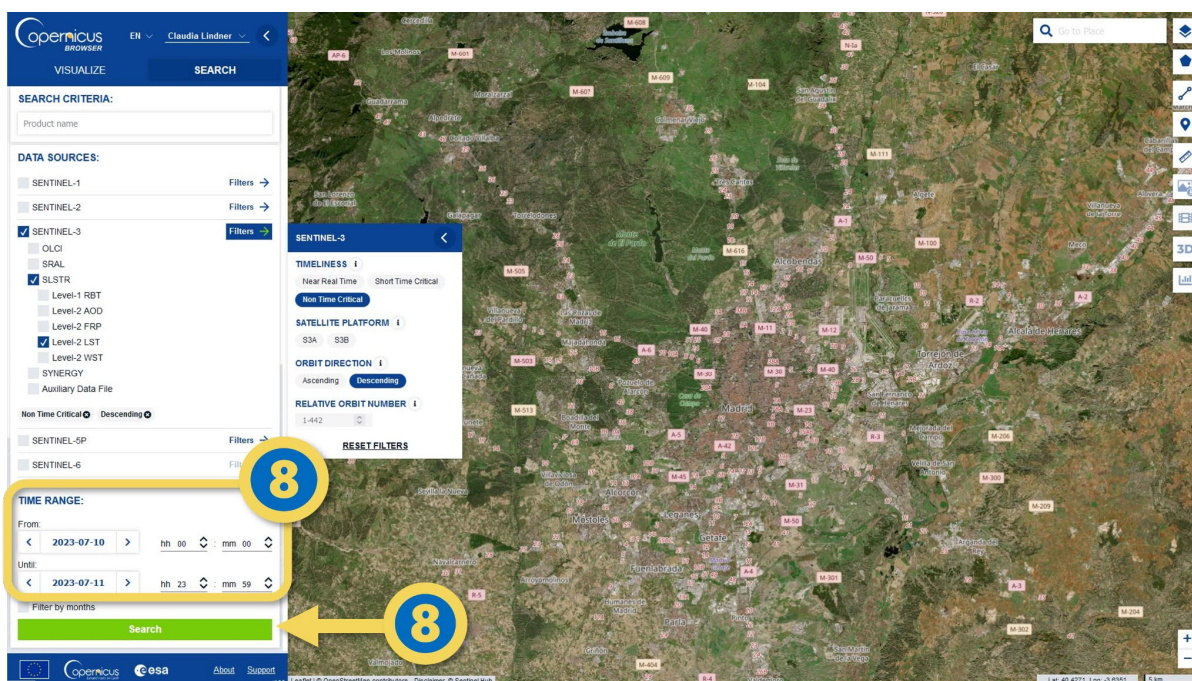
Geograafia valdkonna näide

1. Minge veebisaidile <https://dataspace.copernicus.eu/> ja valige *Copernicus Browser* (Copernicuse veebilehitseja).
2. Registreeruge või logige sisse Copernicuse veebilehitsejasse (see on tasuta ja reklaame ei ole!)
3. Andmete allalaadimiseks valige vasakul vahekaart SEARCH (otsi).
4. Uuritava asukoha määramiseks kirjutage paremal otsingu aknas ( Go to Place) „Madríid“.
5. Valige Madríd Hispaanias, suumige nii, et linn asuks ekraani keskel ja nii üles kui alla jääks veel umbes linna jagu ruumi (siis mahuvad pildile vajalikud satelliidipildid).
6. Vasakul menüüs valige andmeallikaks *Sentinel-3* → *SLSTR* (termiline infrapunaandur) → *Level-2 LST* (maapinna temperatuur).
7. Et saada ainult päevase aja pilte, vajutage Sentinel-3 kõrval **Filters**  ning sealt filtrite alt valige *Non Time Critical* ja *Descending*.



Joonis 34. Filtrite valimine

8. Ajavahemikuks määrake 2023-07-10 kuni 2023-07-11 ja klõpsake Search



Joonis 35. Ajaperioodi valik.

9. Teile kuvatakse selles ajavahemikus selles piirkonnas tehtud satelliidipiltide loend. Märkate, et mõned pildid katavad Hispaaniat paremini kui teised, aga kunagi ei kata üks pilt tervet riiki.
10. Uurige kuvatud satelliidipilte, proovige välja mõelda, mida pildidel kuvatakse ja millise värviga edasi antakse. Näete, et 11. juuli pildil on veidi pilvi.

11. Laadige alla kaks pilti:
 S3B_SL_2_LST___20230710T103317...
 S3B_SL_2_LST___20230710T103017...

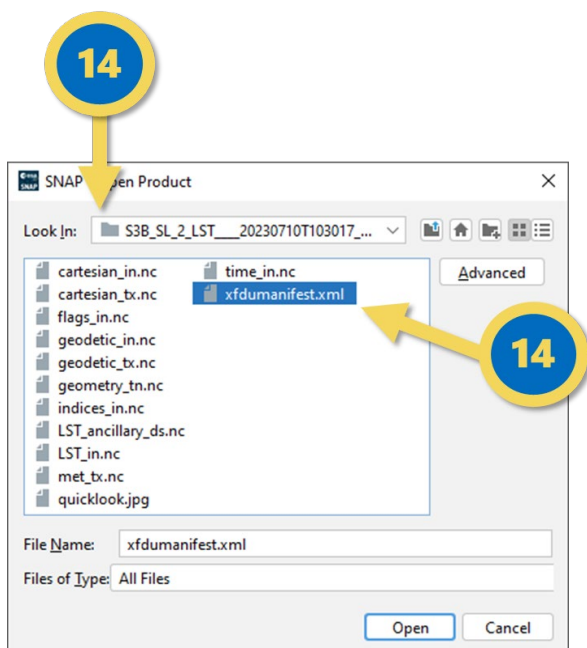


Joonis 36. Piltide allalaadimine.

12. Pakkige pildid lahti.

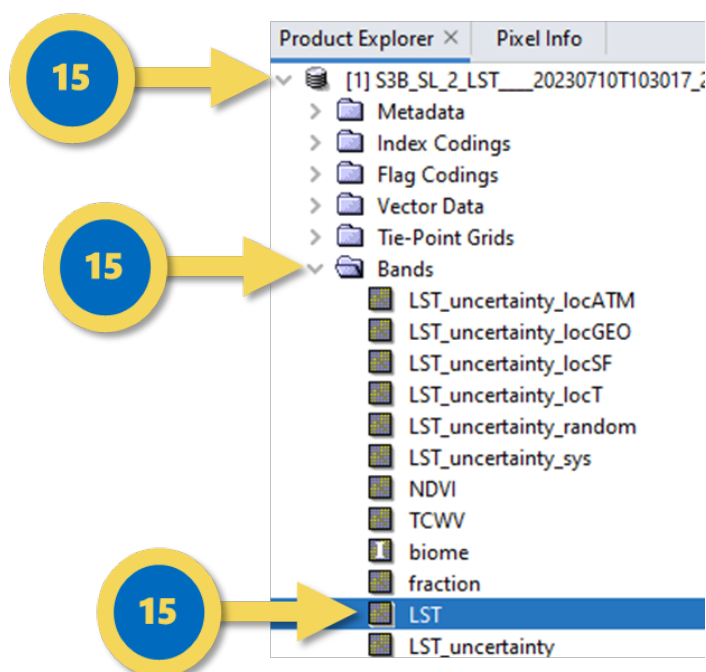
Vaatame pilte SNAPis

13. Avage SNAP.
 14. Avage mõlema pildi alt fail „xfdumanifest.xml“.



Joonis 37. Failide avamine.

15. Sisu avamiseks klõpsake *Product Exploreris* faili nime ees olevale väikesele noolekesele (vt joonis), sealt edasi valige *Bands* ja tehke topeltklõps valikul „LST”. Tehke sama asi läbi teise failiga.

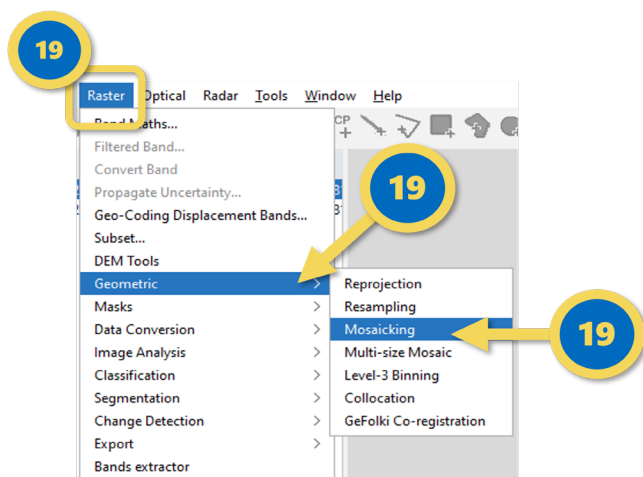


Joonis 38. Pildi avamine.

16. Kujutis avaneb halltoonides, aga selle muudame ära.
17. Kui *Product Explorer*-i alumises kastis pole valikut *Colour Manipulation*, siis valige menüüst *View* → *Tool windows* → *Color Manipulation*. Valige *Palette* all sobivate värvidega palett, nt *5_colors*.
18. Kui vaatate numbrivahemikke (*Range*), siis märkate, et need on veidi suuremad kui 300. See on tingitud Kelvini kraadidest ($273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ + Celsiuse kraadid, sest arvestatakse absoluutsest nullist). Sellega tegelema järgmistes etappides.

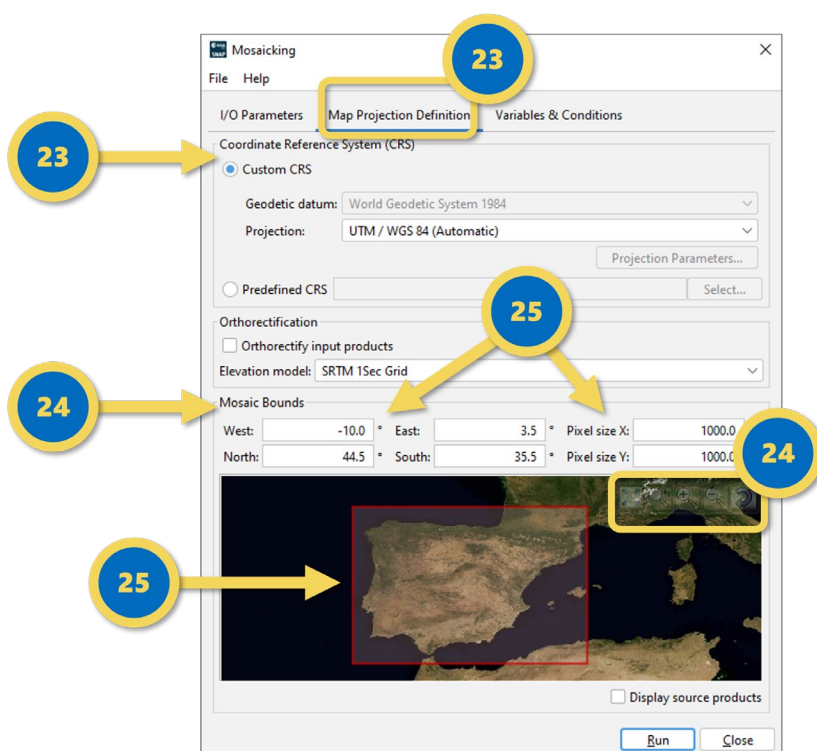
Mosaigi loomine ja reguleerimine

19. Valige menüüst *Raster* → *Geometric* → *Mosaicking*.



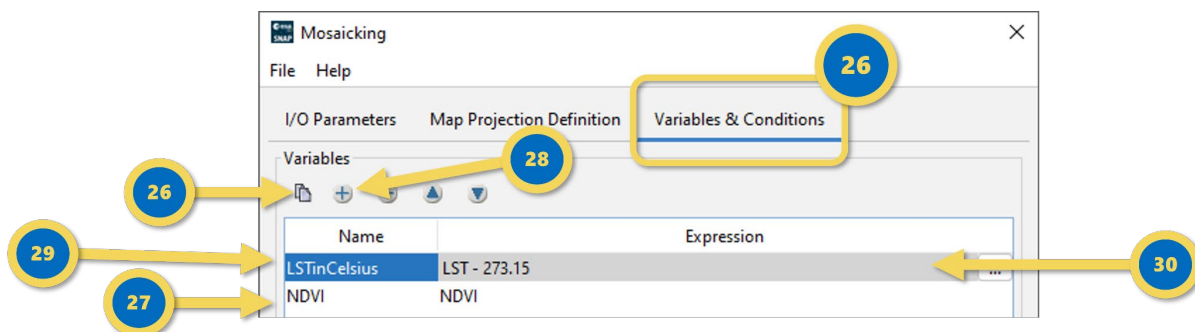
Joonis 39. Mosaikimise valimine.

20. Lisage vahekaardil *I/O Parameters* pluss nupuga kaks pilti samamoodi, nagu te need avasite.
21. Veenduge, et märges *Update target product* (uuenda tulemuse pilt) oleks märkimata. Andke oma mosaiigile uus nimi, mis ütleb teile hiljem selle sisu, nt *IberianPeninsula_S3_LST_20230710T2023103317*, mis sisaldab asukohta, satelliidi nime, toote nime ning kuupäeva ja kellaaega.
22. Kataloogi valimiseks klõpsake kolme punktiga nupul ja liikuge kausta, kus on SEN3-failid. Seejärel klõpsake nuppu *Select*.
23. Vahekaardil *Map Projection Definition* muutke projektsiooni väärtuseks UTM / WGS 84 (Automatic).
24. Mosaiigi piiride (*Mosaic Bounds*) juures valige kaardiaknas ainult Pürenee poolsaar.
25. Muutke punast kastikest nii, et see hõlmaks ainult huvipakkuvat ala: Pürenee poolsaare piirid peaksid olema umbes:
Läänes: -10° ida suunas: $3,5^{\circ}$
Põhjas: $44,5^{\circ}$ lõuna suunas: $35,5^{\circ}$
Pikslisuurus 1000 m võib jääda samaks.



Joonis 40. Mosaiikimise piirkonna valimine.

26. Vahelehel *Variables & Conditions* (muutujad & tingimused) vajutage nupule .
27. Selles ülesandes on vaja ainult LST-d ja NDVI-d, aga LST on vaja eelnevalt viia Celsiuse kraadidesse. Seepärast valime praegu ainult NDVI.
28. Selleks, et LST kihti saada Celsiuse kraadides, teeme uue muutuja. Selleks tuleb muutujate (*Variables*) all vajutada plussile.
29. Andke uuele muutujale nimi (nt *LSTCelsius*).
30. Tehke topeltklõps valiku all *Expression* ja kirjutage avaldise väljale „LST - 273.15” ja klõpsake nuppu OK.

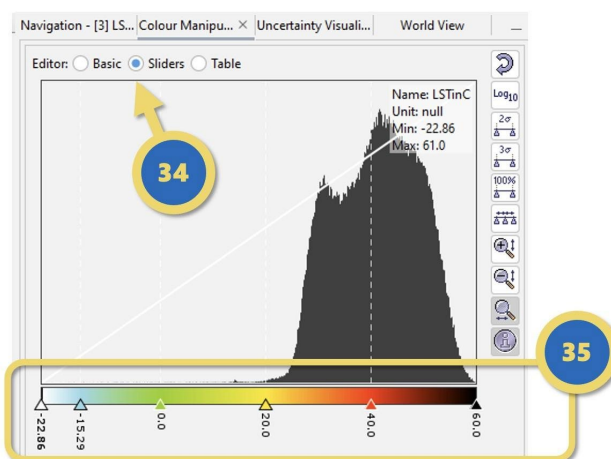


Joonis 41. Mosaiikimine

31. Klõpsake nuppu *Run* (käivita).
32. Kuvatakse aken, mis teavitab teid faili edukast kirjutamisest ja avamisest SNAP-is. Võite klõpsata OK. Võite sulgeda ka Mosaiikimise akna.

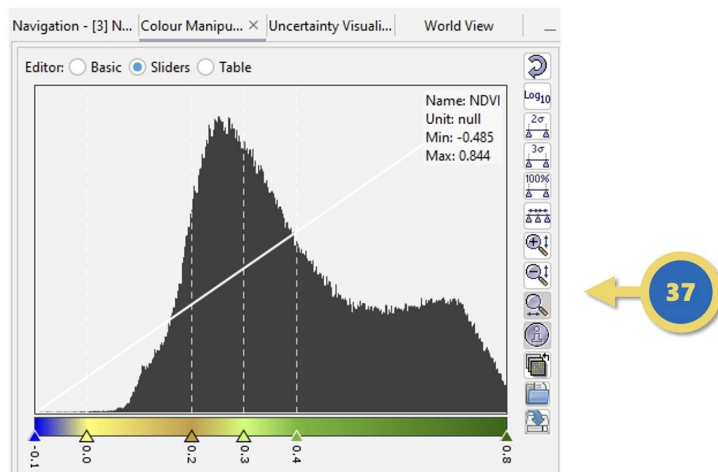
Tulemuste visualiseerimine

33. Avage kausta Band alt LST-pilt. See peaks ilmuma hallides toonides. Valige sobiv värvipalett, nt 5_colors
34. Värvitoone saate muuta valikuga Sliders (liugurid).
35. Värvide muutmiseks või liigutamiseks võite klõpsata kolmnurkadel või muuta arvude väärtusi käsitsi.



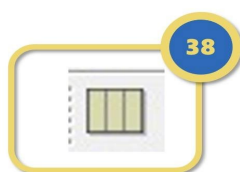
Joonis 42. Värvide muutmine.

36. Avage kausta Band alt NDVI-pilt. See peaks ilmuma hallides toonides. NDVI pildile sobib hästi meris_veg_index palett. Selle valimiseks minge kõigepealt tagasi põhipalettide juurde: . Seejärel saate liugurite abil toone muuta.
37. NDVI kõrged väärtused (0,6–0,8) viitavad tihedale metsale, mõõdukad väärtustele (0,2–0,3) rohule, põõsastikule või madalatele elujõulistele taimedele. Väga madalad väärtused (0,1 ja alla selle) vastavad viljatutele kalju-, liiva- või lumealadele. Negatiivsed väärtused (< 0) näitavad veekogusid. Järgmisel joonisel on toodud näide, kuidas meris_veg_index paletti on sobivamaks muudetud.



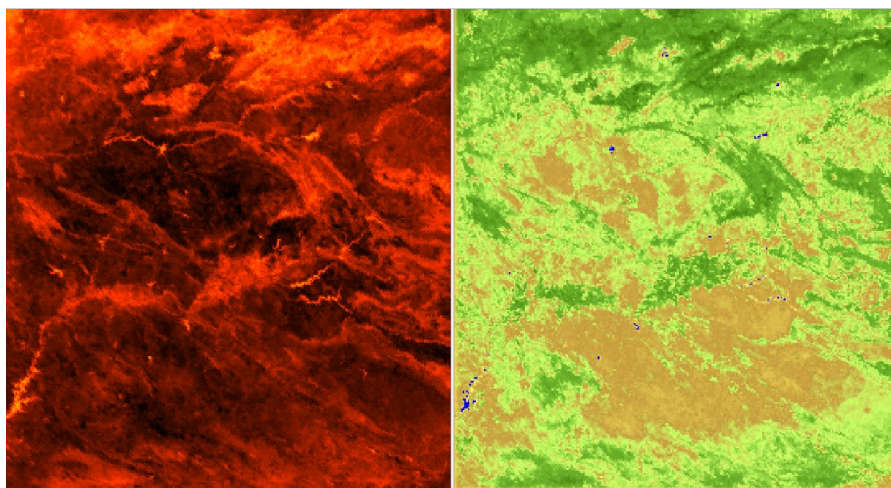
Joonis 43. NDVI väärtuste kohandamine.

38. Piltide võrdlemiseks joondage need horisontaalselt (üleval sümbooliribal nupp „Tile horizontally”).



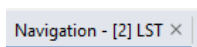
Joonis 44. Horisontaalselt joondamine

Nüüd saate vaadata LST ja NDVI pilti kõrvuti ja näha, kuidas taimestik mõjutab pinnatemperatuuri.



Joonis 45. Pinnatemperatuuri ja taimestiku võrdlus satelliidipiltidel.

39. Piltide paigutamisel on abi vahekaardist Navigation



3.4.4 Suessi kanal

Füüsika valdkonna näide

1. Minge veebisaidile <https://dataspace.copernicus.eu/> ja valige *Copernicus Browser*.
2. Registreeruge või logige Copernicuse veebilehitsejasse (see on tasuta ja reklaame ei ole!).
3. Andmete allalaadimiseks valige vasakul vahekaart nimega SEARCH (otsi).
4. Määrake asukoht paremal otsingu aknas (Go to Place) „Suess“. Valige Suess, Egiptus.
5. Vasakul menüüs valige andmeallikaks *Sentinel-1* → *C-SAR* → *Level-1 GRD*.

Joonis 46. Andmekogu valimine.

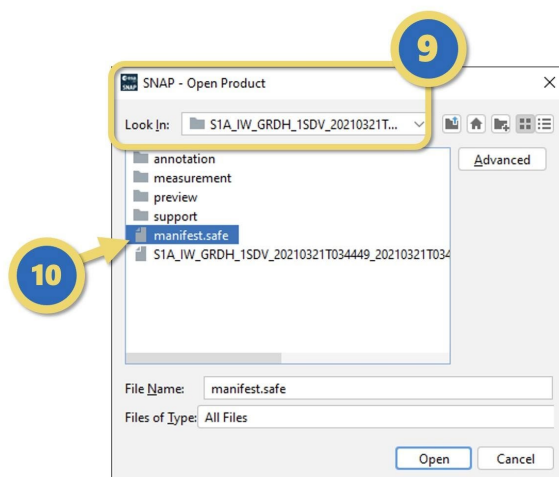
6. Ajavahemikuks määrake 2021-03-21 kuni 2021-03-27 ja klõpsake Search

Joonis 47. Perioodi valimine.

7. Laadige alla kaks pilti, mille seiramise ajad on:

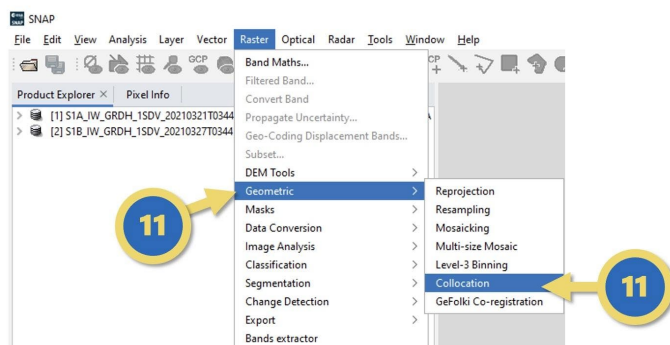
[2021-03-27T03:44:10.127000Z](#)

8. Pakkige pildid lahti.
9. Avage SNAP.
10. Failide avamiseks klõpsake kausta sümbolil. Liikuge kausta, kuhu salvestasite lahti pakitud failid ja avage mõlema faili „manifest.safe“.



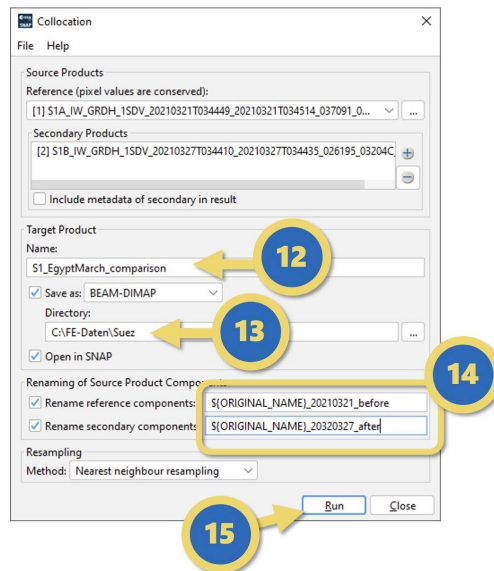
Joonis 48. Failide avamine SNAP-is.

11. Valige menüüst *Raster* → *Geometric* → *Collocation*. Esimeseks failiks (Master) valige fail kuupäevaga 21.03 ja teiseks (Slave) fail kuupäevaga 27.03.



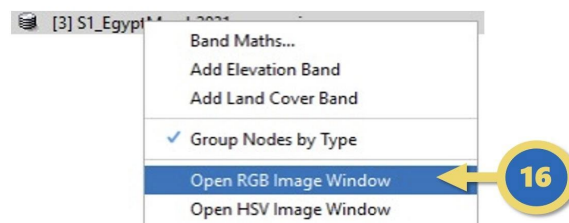
Joonis 49. Faili valimine.

12. Pange väljundfailile nimi, nt „S1_EgiptusMärts2021_võrdlus“.
13. Salvestamiseks valige lahtipakitud failide kataloog.
14. Failide lõppu võiks lisada kuupäevad ja sõnad „enne“ ja „pärast“.
15. Jätke kõik muud seaded muutmata ja klõpsake nupul Run (käivita).



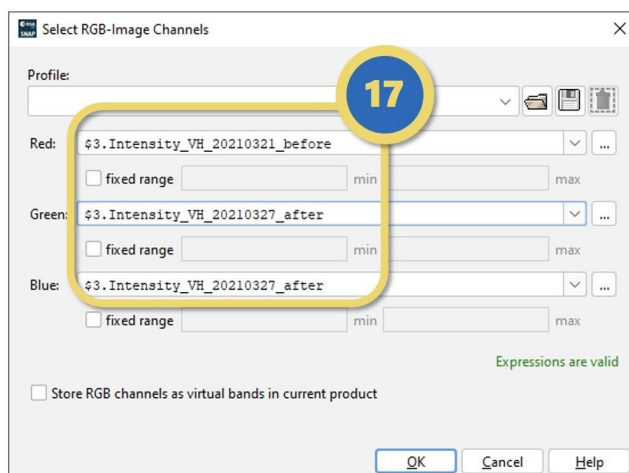
Joonis 50. Seadistused kollokatsiooniks.

16. Avage uus fail aknas *Product Explorer* (parema hiireklõpsuga *Open RGB Image Window*).



Joonis 51. Faili avamine.

17. Valige RGB aknas punase kanali jaoks *Intensity_VH* ja „enne” ning roheline ja sinise kanali jaoks *Intensity_VH* ja „pärast” (vt joonist).



Joonis 52. *Intensity_VH* seaded.

18. Klõpsake nuppu OK.

19. Suumige sisse paremal pool asuvasse tumedamasse piirkonda.

20. Tumedal alal (Punane meri) näete, et 21. märtsil on laevad punast värvi ja 27. märtsil helesinist värvi. Punased laevad läksid kanalist ilusti läbi, aga helesinine laev blokeeris 27. märtsil Suesi kanali. Ja paista on ka pikk laevade järjekord.

3.5 Sentineli andmed arvutitundides

Üleilmastumise käigus muutub Maa seire üha olulisemaks. Satelliidid koguvad iga päev tohutul hulgal andmeid, et anda teavet mitmesuguste rakenduste jaoks. Ainuüksi Copernicuse programm toodab iga päev umbes 12 TB andmeid. See teeb Copernicuse programmist suuruselt kolmanda andmepakkuja maailmas. Selle andmehulga haldamiseks ja töötlemiseks on vaja väga erinevate oskustega arvutiteadlasi.

Selles peatükis anname erinevaid teoreetilisi ja praktilisi programmeerimisega seotud teadmisi. Näiteks teeme õpilastele selgeks, mida tähendab integreeritud programmeerimiskeskond (IDE – Integrated Development Environment), liides ja rakendusprogrammeerimisliides (API). Õpilased loovad GeoJSON faile ning uurivad nende funktsioone ja struktuuri. Lisaks õpivad nad, kuidas programmeerida Pythoni API-d, koostada IDEga päringut ja laadida alla satelliidiandmeid Copernicuse serveritest.

Kasutajad vajavad andmemassiivide automatiseeritud töötlemist. Selle võimaldamiseks kasutatakse muuhulgas API-sid. API on programmeerimisliides, millega on võimalik vahetada andmeid programmide või tervete moodulite vahel standardiseeritud viisil. IDE-sid kasutatakse selliste API-de programmeerimise lihtsustamiseks. Neil on kasutajaliides, mis sisaldab kõiki vajalikke tööriistu ja funktsioone erinevate programmeerimiskeelte jaoks. Need funktsioonid ja tööriistad hõlmavad näiteks lähtekoodi vormindamist või silurit.

Täiendavad õppematerjalid leiate veebisaidilt <http://www.esero.de/> ja <http://fis.rub.de/>. Muuhulgas pakub FIS interaktiivset õppemoodulit rasterandmete veergude ja ridade, binaarkoodi ja pildi bitisügavuse teemal.

ESERO Germany pakub erinevaid õppematerjale arvutitundide jaoks. Sihtrühm on 8–20aastased ja sisu ulatub arvutivabast kontseptsiooniõpetusest kuni ARDUINO-l ja C++-l põhinevate programmideni, mis juhivad robotit. QR-koodid viivad teid otse õppematerjalide juurde.

3.5.1 Pythoni API kasutamine

Pythoni API programmeerimiseks tuleb arvutisse installida Pythoni versioon 2.7, 3.4 või uuem versioon. Installeerimisel tuleb aktiveerida võimalus kasutada paketi-haldusprogrammi „pip“. Lisaks tuleb paigaldada „Sentinelsat“ („pip“ abil käsurealt (cmd.exe)). Lisateavet Sentinelsati, paigaldamise ja täiendava süntaksi kohta leiab aadressilt <https://sentinelsat.readthedocs.io/>.

1. Avage käsurida.

2. Installige *pip*-i abil „Sentinelsat“:

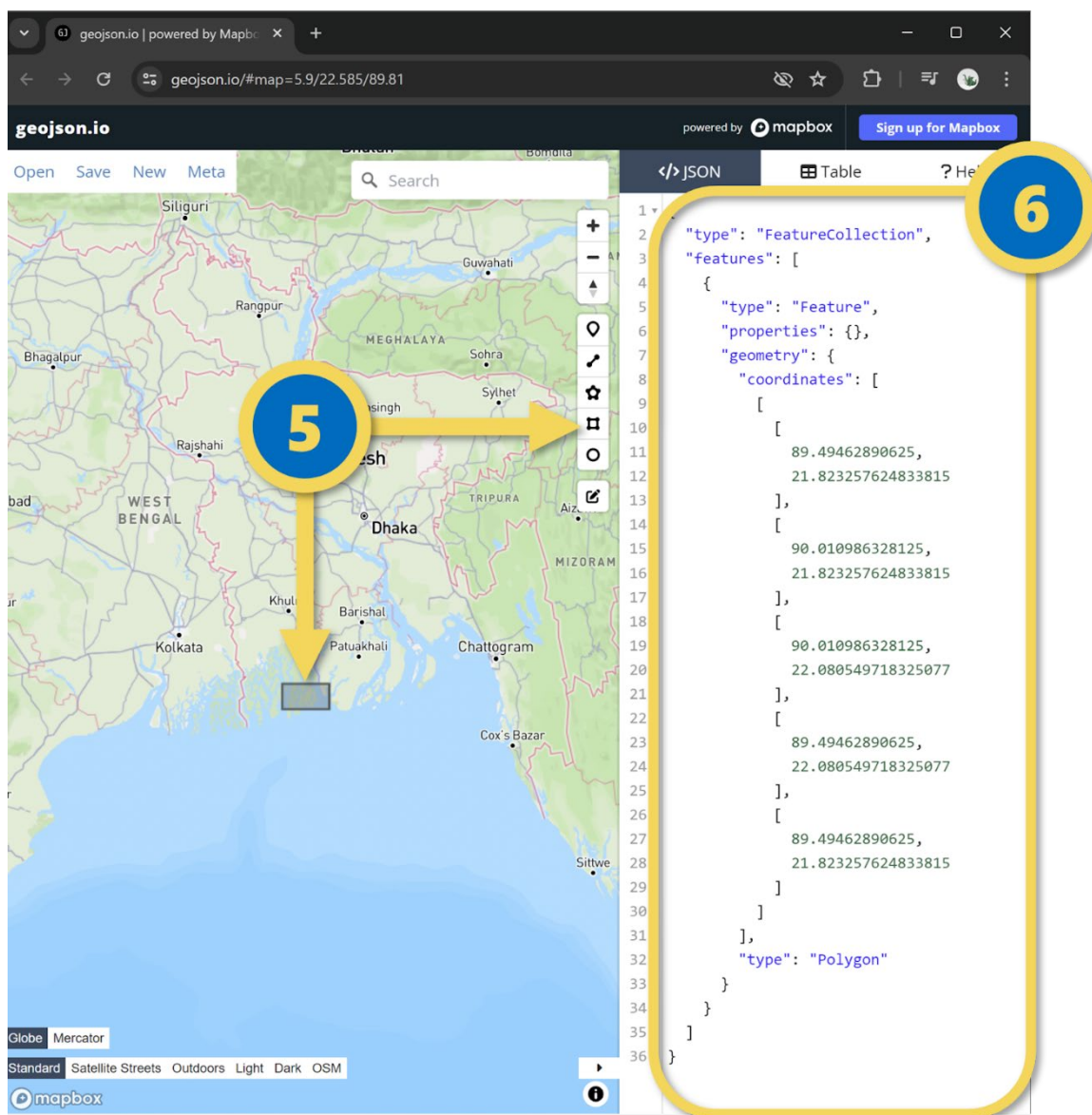
pip install sentinelsat

Vajutage Enter.

Kontrollige, kas moodul on edukalt installitud.

GeoJSONi faile kasutatakse uurimispiirkonna määramiseks. See on formaat, millega on võimalik salvestada geograafilise asukoha ja piirkonna andmeid JavaScript Object Notationi (JSON) abil. Koodi loomisel saate abi veebisaidilt www.geojson.io.

3. Külastage veebisaiti www.geojson.io
4. Joonistage huvipakkuvale alale hulknurk. Antud juhul on välja valitud piirkond Bangladeshis.
5. Valige kogu paremas aknas loodud kood.
6. Kleepige tekst mis tahes tekstiredaktorisse ja salvestage fail laiendiga .geojson



Joonis 53. Huvipakkuva piirkonna valimine veebisaidil www.geojson.io.

Kõik edasised sammud tehakse IDEs. Selleks kasutatakse *PyCharmi Community*-t. Visual Studio Code töötab ka hästi, kuid nõuab Pythoni interpretaatori paigaldamist.

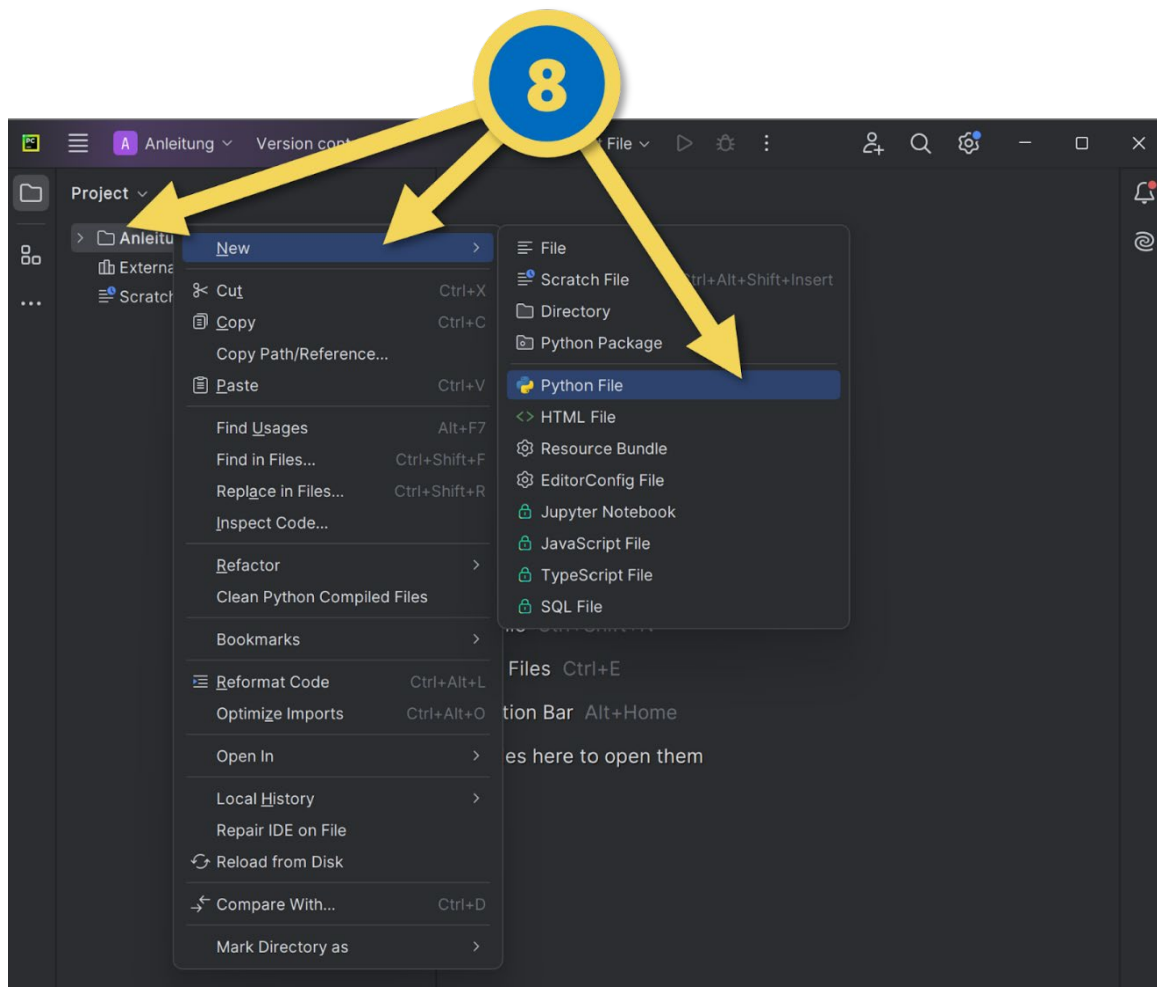
7. Avage sobiv IDE ja looge uus projekt.

PyCharm loob projektikaustas automaatselt kõik asjakohased Pythoni failid. Kui on probleeme interpretaatoriga, valige *File* → *Settings* → *Project* → *Project Interpreter*.

8. Lisage oma projektile uus skript. Selleks paremkliõpsake projektil *New Python File*. Määrake nimi ja salvestage projekt.

9. Importige kõik vajalikud *librarid*:

```
from sentinelsat.sentinel import SentinelAPI, read_geojson, geojson_to_wkt
from datetime import date
```



Joonis 54. Pythoni failide loomine PyCharm Community-s.

10. Looge ühendus Copernicuse serveriga sisestades oma juurdepääsuandmed:

```
api=SentinelAPI('Username','Password','https://scihub.copernicus.eu/dhus')
```

Selleks, et hiljem oleks võimalik viidata juurdepääsuandmetele, kasutame muutujaid. Kuna paroolid on selles skriptis nähtavad, on soovitatav koostada õpilastele mingi hulk kontosid.

11. Kopeerige äsja loodud GeoJSONi fail Pythoni skriptiga samasse kausta?

12. Nüüd viidake GeoJSONi failile skriptis:

```
footprint = geojson_to_wkt(read_geojson('Sunderban.geojson'))
```

Järgnevalt tuleb kirjutada filter, mis valib välja ainult need satelliidipildid, mis vastavad teatud kriteeriumidele. Need kriteeriumid hõlmavad uurimispiirkonda (*footprint*), andmete kogumise kuupäeva, satelliiti, pilvisust ja töötlemistaset. Soovime keskenduda Sentinel-2 satelliidi andmetele, mida on juba eeltöödeldud. See tähendab, et pildil on juba tehtud atmosfääriparandusi.

13. Andmete filtreerimise kood võib välja näha nt selline:

```
products = api.query(footprint,
    date=("20191101", date(2019, 11, 15)),
    platformname='Sentinel-2',
    processinglevel='Level-2A',
    cloudcoverpercentage=(0, 5))
```

14. Kui konsoolis tahetakse kuvada leitud toodete arv, võib kasutada sellist filtrit:

```
print("Gefundene Produkte: " + str(api.count(footprint,
    date=("20191113", date(2019, 11, 15)),
    platformname='Sentinel-2',
    processinglevel='Level-2A',
    cloudcoverpercentage=(0, 5))))
```

15. Lisaks saab kõigi leitud toodete suurust või nende metaandmeid väljastada GeoJSON-i kujul. Selleks on kood järgmine:

```
# getting information about product size
print(str(api.get_products_size(products)) + 'GB')
# getting geometric metadata from results
print(api.to_geojson(products))
```

16. Kui soovite kõik leitud tooted konkreetsesse salvestuskohta alla laadida:

```
api.download_all(products, directory_path='C:/Users/Public/Downloads')
```

17. Kui soovite alla laadida ainult ühte toodet, leiate selle UUID-e geomeetristest metaandmetest. Skript võib olla näiteks niisugune:

```
api.download('b063bb06-1b64-4dc5-9e0f-af5838725d29')
```

18. Käivitage oma skript.

Näide kogu skripti kohta:

```
from sentinelsat.sentinel import SentinelAPI, read_geojson, geojson_to_wkt
from datetime import date
```

```
#connect to the API
api=SentinelAPI('Username','Password','https://scihub.copernicus.eu/dhus')
```

```
#define Area of Interest (AOI)
```

```
footprint = geojson_to_wkt(read_geojson('Sunderban.geojson'))
```

```
#set up query to filter data
products = api.query(footprint,
    date=("20191101", date(2019, 11, 15)),
    platformname='Sentinel-2',
    processinglevel='Level-2A',
    cloudcoverpercentage=(0, 5))
```

```
#getting information about the results
#getting number of results
print("Gefundene Produkte: " + str(api.count(footprint,
    date=("20191113", date(2019, 11, 15)),
    platformname='Sentinel-2',
```

```

processinglevel='Level-2A',
cloudcoverpercentage=(0, 5)))

# getting information about product size
print(str(api.get_products_size(products)) + 'GB')
# getting geometric metadata from results
print(api.to_gejson(products))

#Download
api.download_all(products, directory_path='C:/Users/Public/Downloads')
#Download via UUID
api.download('b063bb06-1b64-4dc5-9e0f-af5838725d29')

```

3.5.2 Andmekirje avamine SNAP-is

SNAP (ESA Sentineli rakendusplatvorm) on Copernicuse tarkvara, mida saab tasuta alla laadida aadressil <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>.

1. Avage SNAP.
2. Valige *File* → *Open Product ...* ja avage andmekogumi ZIP-kataloog.
3. Paremklopsake andmekogumil aknas *Product Explorer* ja valige *Open RGB Image Window*.

Edasiseks töötamiseks vaadake käsiraamatut: <https://step.esa.int/main/doc/tutorials/>. Võite otsida abi ka selle õppematerjali eelnevatest peatükkidest.

Lisateave

Copernicuse Akadeemia: <https://www.copernicus.eu/et/opportunities/education/copernicus-academy>

Copernicuse programm: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/copernicus-programm>

Virginia T. Norwood: Landsati ema: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/virginia-t-norwood-the-mother-of-landsat/>

Jooniste pealkirjad

Joonis 1: Hollandis IJsseli järvel asuv Fryslâni tuulepark.

Joonis 2: Sau veehoidla murettekitavalt madal veetase.

Joonis 3. Sentinel-3 poolt jäädvustatud vulkaanipurse 14. jaanuaril 2024 Islandil.

Joonis 4. Õhukvaliteet Euroopas 22. Märtsil 2022.

Joonis 5. Kuidas Maa seire toimib?

Joonis 6. Elektromagnetlained kõrgetel ja madalatel sagedustel.

Joonis 7. Elektromagnetspekter.

Joonis 8. Kolme tüüpi valguse peegeldumine. Segapeegeldus (paremal) on omane looduslikule aluspinnale.

Joonis 9. Andur salvestab andmed numbritena.

Joonis 10. Maa seire passiivsed ja aktiivsed salvestussüsteemid.

Joonis 11. Näiteid erineva resolutsiooni kohta.

Joonis 12. Segapikslite moodustamine.

Joonis 13. Peegeldumine ja neeldumine.

Joonis 14. NDVI pilt Vahemerest.

Joonis 15. Värvidel põhinev klassifitseerimine.

Joonis 16. Muutuste analüüs.

Joonis 17. Uuritava paiga ja andmeallika valimine.

Joonis 18. Satelliidipiltide allalaadimine.

Joonis 19. Failide avamine.

Joonis 20. Faili avamine RGB formaadis.

Joonis 21. Ruumilise alamhulga määramine.

Joonis 22. Ribade määramine.

Joonis 23. Resolutsioonide ühtlustamine.

Joonis 24. Sama piirkond loomulikes värvides pildil ja taimestiku tervist näitaval pildil.

Joonis 25. Metsa klassifikatsiooni määramine.

Joonis 26. Juhuslik metsa klassifikaator.

Joonis 27. Värvide muutmine.

Joonis 28. Linnapiirkonna võrdlemine.

Joonis 29. Loomulikes värvides pilt (vasakul) ja NDVI pilt (paremal).

Joonis 30. Copernicuse brauseri satelliidipildi päring.

Joonis 31. Loomulike värvidega kihi valimine.

Joonis 32. Jalgpalliväljakute võrdlus.

Joonis 33. Pildi allalaadimine Copernicus brauseris.

Joonis 34. Filtrite valimine.

Joonis 35. Ajaperioodi valik.

Joonis 36. Piltide allalaadimine.

Joonis 37. Failide avamine.

Joonis 38. Piltide avamine.

Joonis 39. Mosaiikimise valimine.

Joonis 40. Mosaiikimise piirkonna valimine.

Joonis 41. Mosaiikimine.

Joonis 42. Värvide muutmine.

Joonis 43. NDVI väärtuste kohandamine.

Joonis 44. Horisontaalselt joondamine.

Joonis 45. Pinnatemperatuuri ja taimestiku võrdlus satelliidipiltidel.

Joonis 46. Andmekogu valimine.

Joonis 47. Perioodi valimine.

Joonis 48. Failide avamine SNAP-is.

Joonis 49. Failide valimine.

Joonis 50. Seadistused kollokatsiooniks.

Joonis 51. Failide avamine.

Joonis 52. Intensity_VH seaded.

Joonis 53. Huvipakkuva piirkonna valimine veebisaidil www.geojson.io.

Joonis 54. Pythoni failide loomine PyCarm Community-s

Impressum

Autorid Isabella Holovaciuc, Dr. Henryk Hodam, Claudia Lindner, Lars Tum, Franziska Tuschen

Materjal on loodud Ruhr-Universität Bochumi geograafia instituudi interdistsiplinaarse geoinfoteaduste töörühma poolt.

Kontakt

Universitätsstraße 150

44801 Bochum

Jun.-Prof. Dr. Andreas Rienow

Telephone: [+49 234 32-24791](tel:+492343224791)

E-Mail: andreas.rienow@ruhr-uni-bochum.de

Dr. Henryk Hodam

Telephone: [+49 \(0\)234 32-23415](tel:+4902343223415)

E-Mail: henryk.hodam@ruhr-uni-bochum.de