



Õppematerjal teemal

# Metaaniheite tuvastamine satelliidipiltide abil

Gümnaasiumile

Õpetajamaterjal

## Teave projekti kohta

Õppematerjal valmis projekti „Cop4Schools – riikide ülene haridus“ raames. Projekti eesmärk on suurendada teadlikkust Maa kaugseirest. Selleks kasutatakse Euroopa Liidu kaugseireprogrammi Copernicus andmeid ja Cop4Schools projekti raames valminud praktilisi õppematerjale.

<https://esero.ee/>

[kaugseire.ee](https://kaugseire.ee)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM



## Ülevaade

Klassid

10 11 12

Raskusaste



Läbimise aeg

45 minutes

Autor

Margit Aun

Tõlkija

Liisi Jakobson

## Õpitulemused

Õpilased ...

- on võimelised kasutama kaugseirevahendeid metaani (või muu) heite tuvastamiseks;
- oskavad kirjeldada looduslikku metaanisaldust;
- oskavad otsida põhjust, miks metaaniheide võib olla liiga suur;
- mõistavad tehnoloogia ja reaalteaduste olulisust igapäevaelus.

## Teemad

Metaan

Kaugseire

Satelliidipilt

CH4 mõõtmised

Kliimamuutused

## Materjalid

Õpilaste tööleht „Metaaniheite tuvastamine satelliidipiltide abil\_õpilane“

Õpetajamaterjal “Metaaniheite tuvastamine satelliidipiltide abil\_õpetaja“

## Didaktilised märkused

### Teema asjakohasus

Metaan ( $\text{CH}_4$ ) on tähtis kasvuhoonegaas ja nagu teistegi kasvuhoonegaaside puhul on väga oluline selle gaasi hulga jälgimine ja vähendamine. Selle õppematerjali läbimise järel oskavad õpilased ise kaugseire vahenditega metaani hulka erinevates geograafilistes piirkondades jälgida ja teavad, kuidas leida metaani võimalike allikate kohta infot.

### Seos õppekavaga

Õppematerjal sobib järgmiste teemade õpetamiseks: „kliimamuutused“, „maailmamajandus“ ja „Maa atmosfäär“ (geograafia); „loodusteaduste ja tehnoloogiaalane kirjaoskus“ ja „jätkusuutlik areng“ (bioloogia).

### Nõuded

Õpilased vajavad juurdepääsu Internetile ja platvormile EO Browser.

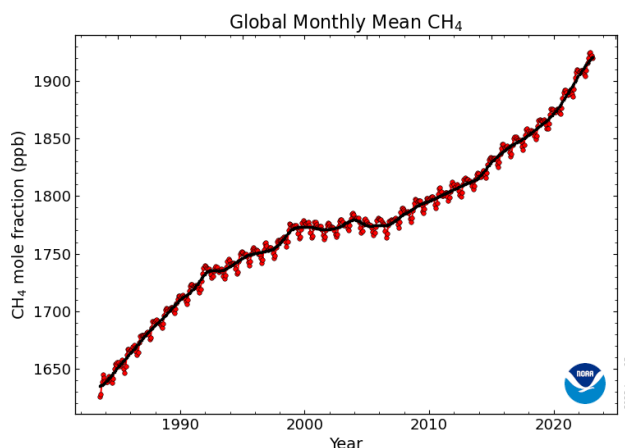
### Sissejuhatus

Õppematerjali eesmärk on leida metaani kontsentratsioon Alžeerias 2020. aasta jaanuaris [4] esitatud näite põhjal. Õpilased uurivad metaani kontsentratsiooni muutust võrreldes taustaväärtusega, selgitavad välja reostuse esinemise sageduse ja otsivad reostuse allikaid.

### Taustainfo

**Metaan ( $\text{CH}_4$ ) on tugev kasvuhoonegaas.** Selle peamised heitkogused pärinevad põllumajandusest, fossiilkütuste põletamisest ja jäätmemajandusest (joonis 3). Ülemaailmne metaani kontsentratsioon atmosfääris on aastakümneid suurenenud (joonis 1). Alates 2006. aastast on selle sisaldus suurenenud ligikaudu 7%. Kiireim viis heitme vähendamiseks on kontrollida fossiilkütuste käitlemist. Satelliidipiltide abil on võimalik tuvastada selliseid ettearvamatuid ja lühiajalisi lekkeid nagu torujuhtmete ja gaasiväljade lekkeid [5].

Hollandi kosmoseuuringute instituut kasutab oluliste reostuskollete kaardistamiseks satelliidipiltide ja tehisintellekti abi. 2023. aasta jaanuaris avastati 192 reostuskollet, enamus neist asus Aasias [3].



**Joonis 1.**  $\text{CH}_4$  igakuine keskmine alates 1983. aastast. Allikas: NOAA ülemaailmne seirelabor (NOAA Global Monitoring Laboratory [2]).

### Andmete kirjeldus

Ülesandes kasutatakse Copernicuse programmi [6] kuuluva satelliidi **Sentinel-5P** [1] mõõtmisi. Satelliit (joonis 2) käivitati 2017. aasta oktoobris ja see on esimene atmosfääri kaugseire andmeid koguv satelliit. Missiooni peamine eesmärk on teostada kõrge ruumilise ja ajalise resolutsiooniga mõõtmisi, mida saab kasutada õhukvaliteedi, osooni ja UV-kiirguse ning kliima jälgimiseks ja prognoosimiseks. Peamine instrument Sentinel-5P pardal on TROPOMI. Lisaks metaanile ( $\text{CH}_4$ ) edastab TROPOMIst admeid ka  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HCHO}$ , aerosoolide, pilvede ja UV-kiirguse kohta.

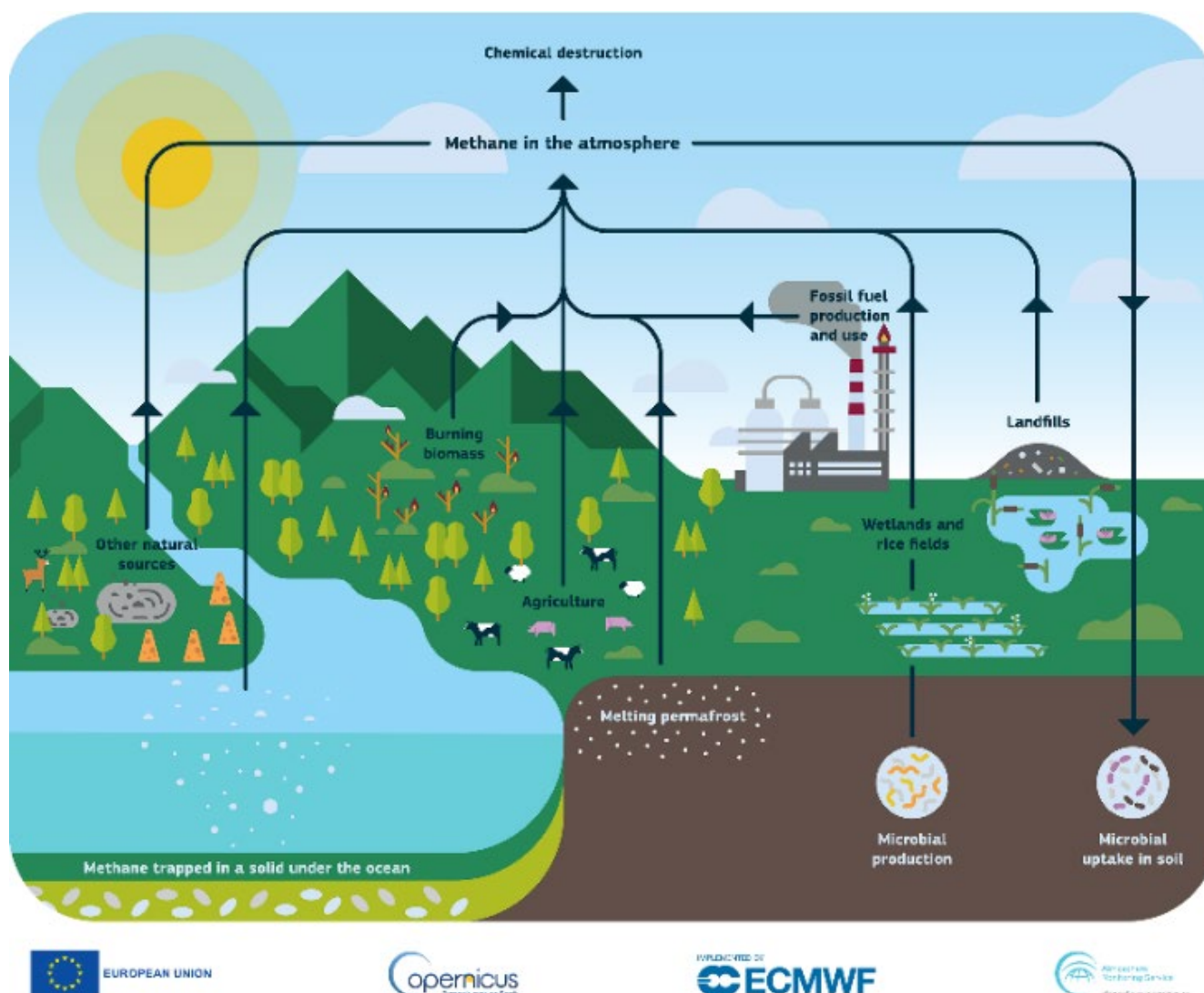
Selles ülesandes kasutatakse atmosfäärisamba keskmist metaani segusuhet kuivas õhus.

Mõõtmised on esitatud miljardikosana (*parts per billion; ppb*), mõõtmiste ruumiline resolutsioon on  $7 \times 3,5$  km ja ajaline resolutsioon üks päev.

**Joonis 2.** Sentinel-5P. Allikas: Copernicus [1] programm [5].

### Täiendav info

**Joonis 3.** Metaani tsükl. Allikas: Copernicuse atmosfääriseire teenus (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, ECMWF).



### Ülesandes kasutatavad vahendid

- 1) Ülesandes kasutame peamiselt veebipõhise platvormi **EO Browser** (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) võimalusi. Selle platvormi kaudu saab juurdepääsu mitmete erinevate satelliitide andmetele ja samal platvormil saab kasutada ka visualiseerimisvahendeid.
- 2) Lisaks kasutame programmi **Google Maps** (<https://www.google.ee/maps/>), et leida võimalikke metaaniallikaid.

## ÜLESANDED

### Otsime reostuskolde

- Avage EO Browser
- Tehke endale kasutaja ja logige sisse
- Lülitage sisse haridusrežiim (paremal üleval nurgas)
- Pange otsingusse Alžeeria (*Algeria*) (paremal üleval nurgas)
- Metaaniandmete saamiseks valige vasakpoolses kastis järgmised parameetrid:



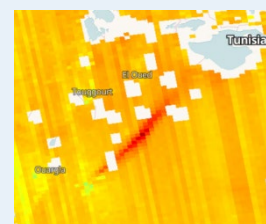
- Teema: *Atmosphere and Air Pollution*
- Andmeallikad: Sentinel-5P → CH<sub>4</sub> (*Methane*)
- Ajavahemik (*Time range*) [UTC]: 2020-01-04 – 2020-01-04
- Vajutage otsingunupule (*Search*)
- Valige üks visualiseerimise tulemustest (vajutage rohelisele kastikesele “Visualize”).

- Legendi nägemiseks vajutage vasakul pool olevas kastis kahekordsele noolele, mis viitab allapoole



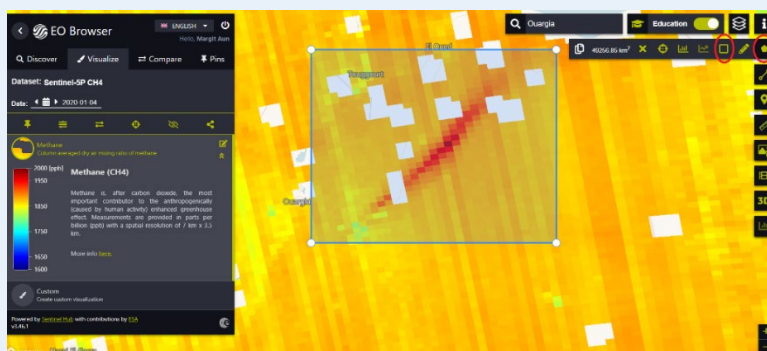
- Hinnake visuaalselt:

- Milline on metaani üldine kontsentratsioon piirkonnas? [Umbes 1850 ppb](#)
- Millised on väärtused punases alas? [Umbes 1950-2000 ppb](#)
- Mida see punane ala näitab? [Punane ala näitab suurt metaani kontsentratsiooni. Võimalik, et tegu on punktreostusega, mille on tuul edasi kandnud suuremale alale.](#)



### Selgitame välja reostuse esinemise sageduse

- Valige punane ala välja. Selleks vajutage viisnurgale (paremal üleval) ja ilmuvast menüüst valige nelinurkne kujund; seejärel vajutage hiirega ümber punase ala nelinurga nurkadesse:




Nüüd vaatame, kui sageli reostust 2020. aasta jaanuarikuus esines. Selleks loome animatsiooni.

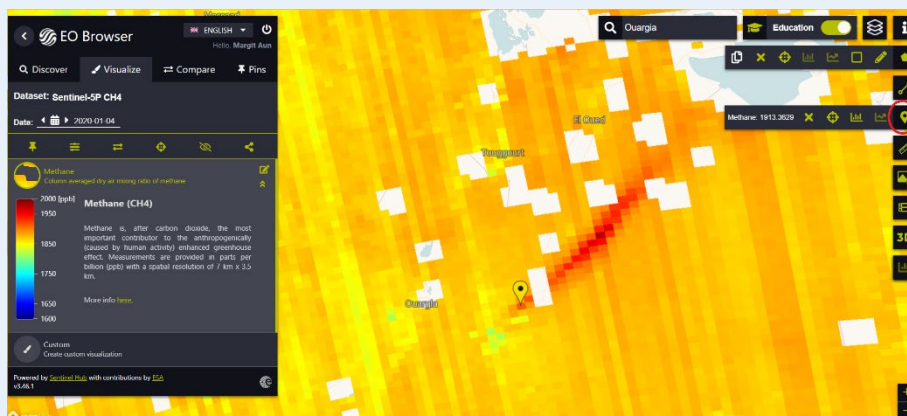
- Vajutage paremal menüüs filmilindiga nupule
- Valige kuupäevad: 2020.01.01 – 2020.01.31
- Vajutage nupule “Search”.
- Vajutage paremal paneelil nupule *Play*. NB! Pruuni värviga on alad, mille kohta andmed puuduvad. Kui tihti näeme kuu aja jooksul reostust?
- Pange animatsioon kinni (rist paremal üleval).


### Teeme valitud punktis metaani kontsentratsioonide kohta graafiku

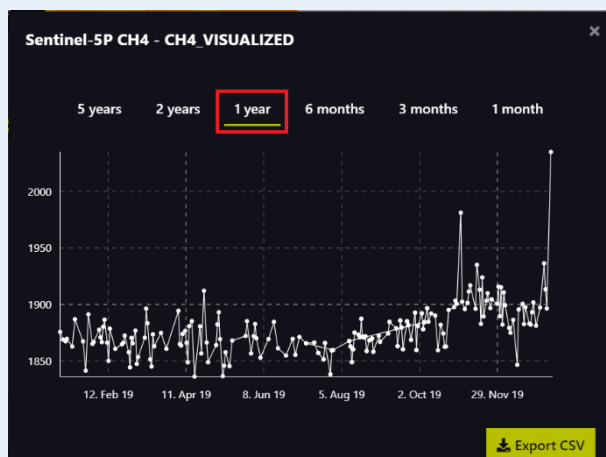
- Eelnevalt valitud piirkonna mitteaktiivseks tegemiseks (tühistamiseks) vajutage ristile viisnurgaga algaval menüüribal.



- Punkti valimiseks vajutage nuppu  (paremal pool) ja klõpsake reostusala Ouargia poolses otsas. Muutke kuupäeva ja vaadake, et valitud punkt oleks reostusala sees ka 8. jaanuaril.



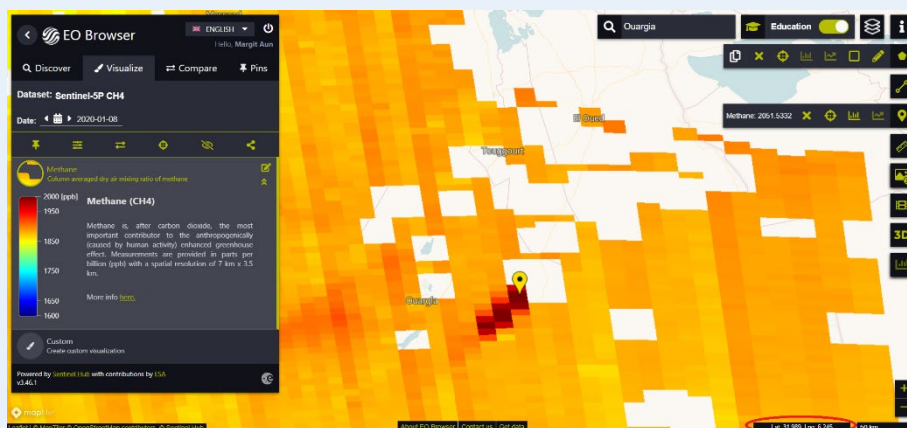
- Milline on metaani kontsentratsioon valitud punktis 4. jaanuaril? Milline 8. jaanuaril?
- Metaani kontsentratsioonide graafiku kuvamiseks vajutage graafiku  nupule ja vaadake kontsentratsiooni muutumist erinevatel perioodidel.



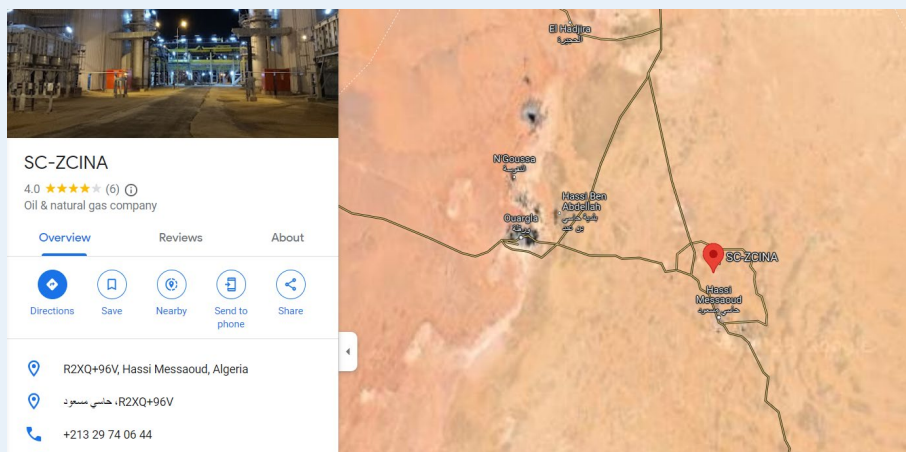
- Milline on 8. jaanuari metaani kontsentratsioon võrreldes ülejäänud päevadega?
- Milline on metaani ligikaudne taustaväärtus selles piirkonnas? [Metaani ligikaudse taustaväärtuse leidmiseks valige mitu erinevat punkti väljaspool reostusala ning arvutage nende punktide keskmine kontsentratsioon.](#)

## LISAÜLESANNE 1

- Mis võib olla sellise reostuse põhjustaja? Proovi leida vastus programmiga Google Maps. EO Browseris näeb kursori koordinaate paremal alumises ääres.



- Suurendage Google Mapsis reostusala ja otsige võimalikku põhjust.



## LISAÜLESANNE 2

- Leidke EO Browseri abil CH<sub>4</sub> kontsentratsioonid oma kodukoha ümber ning võrrelge neid Alžeeria näitudega.
- Vaadake Hollandi kosmoseuuringute instituudi metaani kontsentratsioonide kaarti (<https://earth.sron.nl/methane-emissions/>) ning valige välja mingi punktreostuse kolle, mida EO Browseriga lähemalt vaadata. Milliseid metaani kontsentratsioone leidsite?

## Lisalugemist

1. Sentinel-5P koduleht: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-5p>
2. NOAA globaalne metaani seire koduleht: [https://gml.noaa.gov/ccgg/trends\\_ch4/](https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4/)
3. Hollandi kosmoseuuringute instituudi metaani kontsentratsioonide kaart: <https://earth.sron.nl/methane-emissions/>
4. Pandey, S., Nistelrooij, M.V., Maasackers, J.D., Sutar, P., Houweling, S., Varon, D.J., Tol, P.J., Gains, D., Worden, J.R., & Aben, I. (2022). Daily detection and quantification of methane leaks using Sentinel-3: a tiered satellite observation approach with Sentinel-2 and Sentinel-5p. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2212/2212.11318.pdf>
5. Voosen, P. 2023. Global alarm system watches for methane. Science, **379**, 528 – 528, <https://www.science.org/content/article/global-alarm-system-watches-methane-superemitters>
6. Copernicus programme koduleht: <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus>
7. Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) Sentinel-5P sissejuhatav video: <https://youtu.be/doqsNc8vC00>