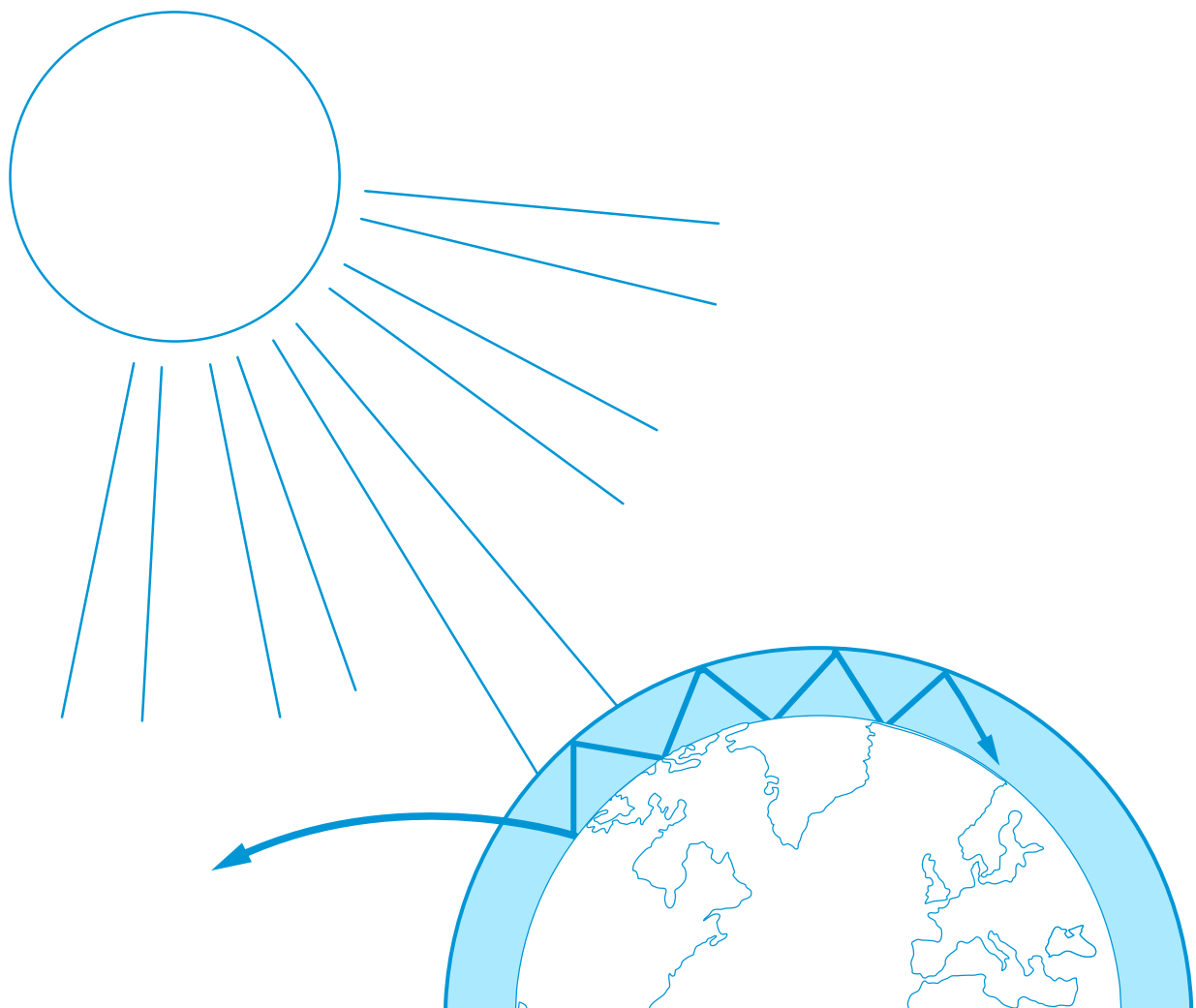
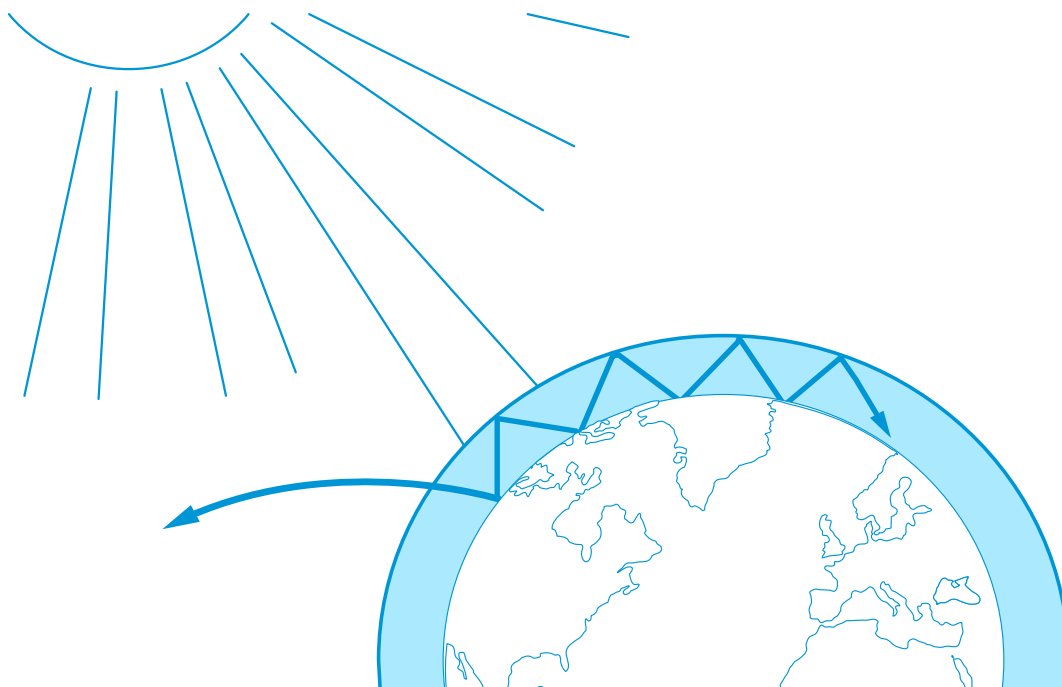


Kosmos on õpetlik

→ Kasvuhooneefekt ja selle tagajärjed

Uurime kliimasoojenemist





Kasvuhooneefekt ja selle tagajärjed	Lk 3
Tegevuste ülevaade	Lk 4
Sissejuhatus	Lk 5
Taustainfo	Lk 6
Tegevus 1: Kasvuhooneefekt – mis see on?	Lk 7
Tegevus 2: Meretase kui kliimasoojenemise indikaator	Lk 9
Tegevus 3: Kuidas võivad albeedo muutused mõjutada kliimat	Lk 12
Õpilase töölehed	Lk 14
Lingid	Lk 23
Lisad	Lk 24

Kosmos on õpetlik – kasvuhooneefekt ja selle tagajärjed

Kommentaare ja tagasisidet võib saata ESA Hariduskontori e-posti aadressile teachers@esa.int (inglise keeles) või esero@ut.ee.

Selle õppematerjali on koostanud ESA Education production koostöös ESERO Taaniga.

Copyright 2018 © European Space Agency

→ KASVUHOONEEFEKT JA SELLE TAGAJÄRJED

Uurime kliimasoojenemist

Kiirülevaade

Õppeaine: geograafia ja füüsika

Vanuserühm: 12 kuni 15 aastat

Tüüp: praktiline tegevus

Raskusaste: kerge

Vajalik aeg: 45 minutit iga tegevuse jaoks

Kulud: madalad (0–10 eurot)

Toimumiskoht: siseruumis ja õues

Vajalikud vahendid: arvuti, internet, infrapunatermomeeter

Märksõnad: kasvuhooneefekt, süsihappegaas, kliimasoojenemine, meretase, albeedo, kliima, geograafia, füüsika

Kirjeldus

See tegevustekogumik sisaldab eksperimente ja satelliidipiltide analüüsimise ülesandeid, et paremini mõista kliimasoojenemist ja selle mõjusid.

Tegevuses 1 valmistavad õpilased mudeli, et demonstreerida kasvuhooneefekti ja näidata, kuidas kõrgem süsihappegaasi (CO₂) tase viib kõrgema temperatuurini atmosfääris. Eksperimenti täiendab satelliidipiltide analüüs, kus on näha erinevate perioodide Maa CO₂ tasemed.

Tegevustes 2 ja 3 uurivad õpilased suurenenud kasvuhooneefekti tagajärge – jää sulamist ning albeedo muutust.

Õpieesmärgid

- Mõistmine, mis on kasvuhooneefekt ja kuidas inimtegevus muudab energia tasakaalu Maa atmosfääris.
- Oskus kirjeldada suurenenud süsihappegaasi taseme võimalikke mõjusid Maa kliimale.
- Suurenenud kasvuhooneefekti võimalike tagajärgede mõistmine.
- Teadmine, millised tagajärjed kaasnevad merejää, jääkilpide ja liustike sulamisega (nt merevee taseme tõus ning üleujutused).
- Albeedo tähenduse teadmine ja mõistmine, kuidas erinevate pindade peegeldusvõime mõjutab temperatuuri.
- Teadmine, kuidas kasutatakse kaugseiret Maa kliima jälgimiseks.

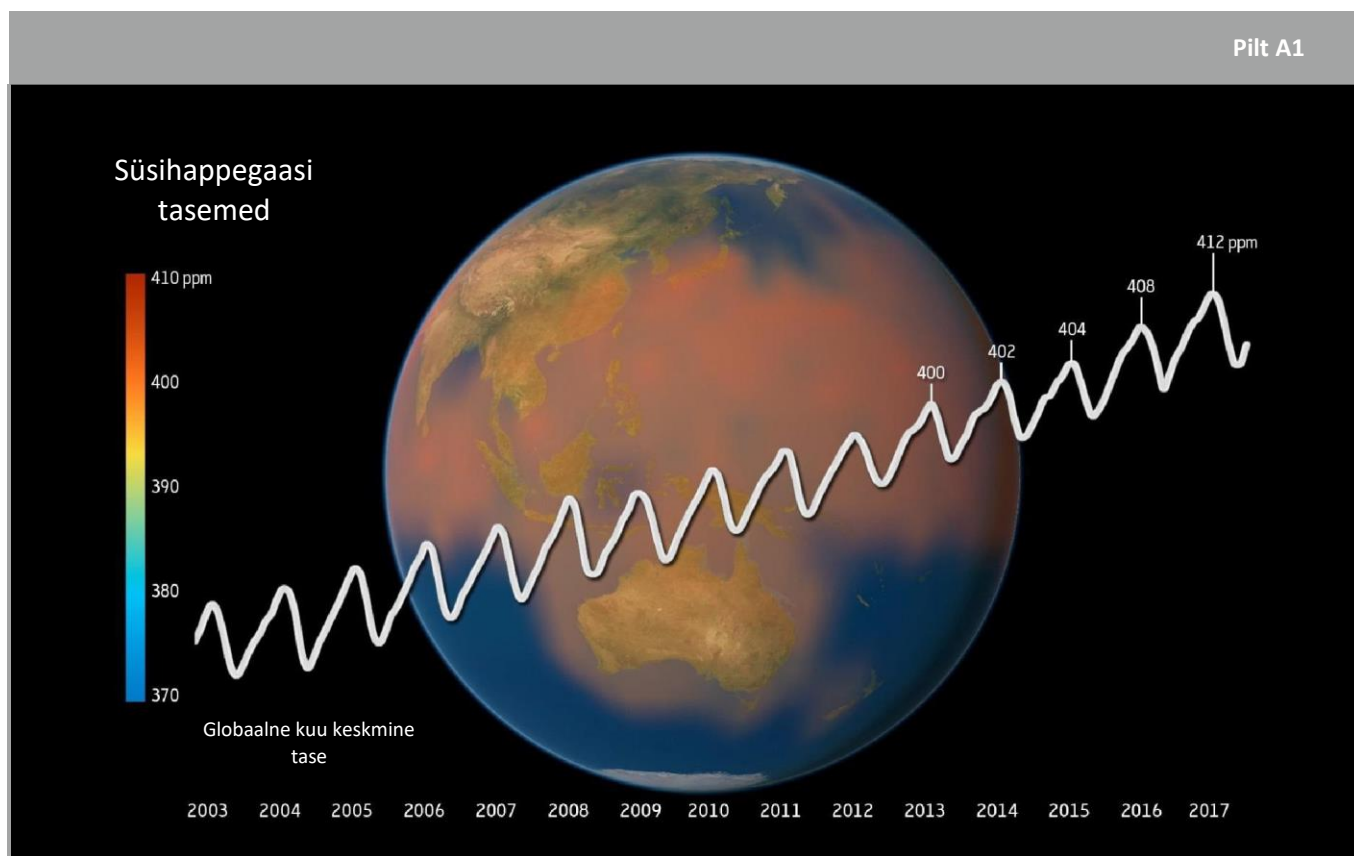
→ Tegevuste ülevaade

Tegevuste ülevaade					
	Pealkiri	Kirjeldus	Tulemus	Eeldused	Ajakulu
1	Kasvuhooneefekt – mis see on?	Õpilased tekitavad lihtsa keemilise reaktsiooniga kasvuhoonegaasi CO ₂ , mõõdavad gaasi mõju õhutemperatuurile ning seostavad oma järeldused meie atmosfääris esineva kasvuhooneefektiga.	Õpilased mõistavad CO ₂ rolli kasvuhoonegaasina ning kasvuhooneefekti olemust.	Puuduvad	45 minutit
2	Meretase kui kliimasoojenemise indikaator	Õpilased avastavad praktiliste tegevuste kaudu maismaajää ja merejää sulamise mõjusid.	Õpilased mõistavad, millist mõju avaldab merejää sulamine võrreldes liustike ja jääkilpide sulamisega.	Puuduvad	45 minutit
3	Kuidas mõjutab albeedo muutus kliimat	Õpilased uurivad, kuidas erinev pinnavärvus mõjutab temperatuuri.	Parem arusaamine albeedost ja selle rollist Maa kiirgusbilansis.	Puuduvad	45 minutit

→ Sissejuhatus

Kliimasoojenemise mõistmine võib olla üsnagi keeruline. Selleks et aru saada kliimasoojenemise tagamaadest, on vajalik uurida mõningaid „nähtamatuid“, kuid olulisi protsesse. Näiteks kliimasoojenemine on seotud kasvuhooneefektiga, mis mõjutab liustike sulamist, mis omakorda mõjutab Maa albeedot.

Satelliidipiltide abil mõõdetakse muutusi Maa atmosfääris, ookeanides ja maapinnal. Erinevates kiirusvahemikes tehtud satelliidipildid, nagu radari-, nähtava valguse- ning infrapunapildid annavad meile olulist infot atmosfääris oleva süsihappegaasi, pilvede ja veeauru hulga ning samuti merevee taseme, merejää ulatuse ja palju muu kohta. ESA kliimamuutuste algatuse (CCI *Climate Change Initiative*) käigus tehakse kaugseireandmed kättesaadavaks kliimamuutuste uurimiseks. Selles algatuses tegutseb rohkem kui 350 liiget erinevatest kliimateadlaste kogukondadest. Nad analüüsivad Maa kaugseire satelliitide pikaajalisi vaatlustulemusi, et mõista Maa kliima muutusi ning informeerida rahvusvahelist üldsust.



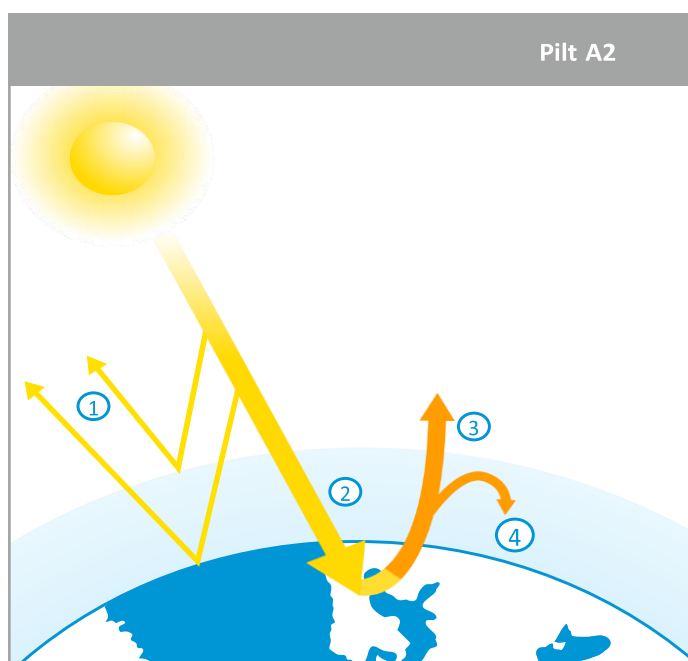
↑ Maa kaugseire satelliitide poolt mõõdetud süsihappegaasi tasemed atmosfääris. Aasta jooksul esinevad kõrg- ja madalseisud tekivad taimestiku aastaajaliste muutuste tagajärjel. Kasvuperioodi ajal seovad taimed fotosünteesi abil atmosfäärist süsihappegaasi ja nii tekib aasta madalaim CO₂ näit.

Süsihappegaasi (CO₂) hulga suurenemine on peamine mõjutaja inimtekkelise kliimasoojenemise protsessis. Kõrgem CO₂ tase muudab kasvuhooneefekti liiga võimsaks, mille tagajärjel hakkab temperatuur Maal kasvama.

Selles õppematerjalis teevad õpilased eksperimente ning analüüsivad satelliidiandmeid, et uurida kasvuhooneefekti ning mõningaid kliimasoojenemise tagajärgi.

→ Taustainfo

Enamus energiast, mida Päike kiirgab, on nähtav valgus ja lähinfrapuna kiirgus, mis mõlemad on lühilainepikkusega kiirgused. See kiirgus tuleb suhteliselt lihtsalt läbi atmosfääri. Kui Päikeselt tulev lühilainekiirgus Maa pinnale jõuab, muutub suur osa sellest kiirgusest soojuseks. Maa temperatuur ei tõuse lõpmatult, sest maapind ja atmosfäär jahtuvad, kiirates soojust kosmosesse tagasi. Maa energia-süsteemi siseneva ja siit väljuva kiirguse vahet kutsutakse Maa **kiirgusbilansiks** (Pilt A2). Soojus on pikalaineline kiirgus, mis sisaldab lühilainelise kiirgusega võrreldes vähem energiat. See tähendab, et soojus käitub atmosfääriga kokku puutudes erinevalt kui siia saanud lühilainekiirgus. Maa kiirgab öösel ja päeval soojust tagasi atmosfääri, mis aitab maapinnal jahtuda. Siiski ei pääse kogu soojus kosmosesse, osa sellest jääb atmosfääri kinni kasvuhoonegaaside tõttu. Tulemuseks on soe ja elamiskõlblik Maa, mida ilma atmosfääri ja kasvuhooneefektita ei oleks.



↑ Maa kiirgusbilanss.

- 1 – Osa kiirgusest peegeldub atmosfäärist, pilvedelt ja Maa pinnalt tagasi kosmosesse.
- 2 – Osa kiirgusest neeldub atmosfääris ja pilvedes. Suurem osa kiirgusest neeldub Maa pinnal ja ookeanides, soojendades nii Maad.
- 3 – Maa pinnalt kiirgab infrapunakiirgust (soojus). Osa sellest kiirgusest jõuab kosmosesse.
- 4 – Osa infrapunakiirgusest (soojuskiirgusest) neeldub atmosfääris olevates kasvuhoonegaasides.

Elu sellisena nagu me seda tunneme, oleks ilma Maa atmosfääris olevate kasvuhoonegaasideta peaaegu võimatu, sest Maa keskmine temperatuur oleks ilma kasvuhooneefektita mitu kraadi alla nulli. Põhiline kasvuhoonegaas Maa atmosfääris on veeaur. See neelab suurima osa maapinnalt tulevast soojusest. Sellegipoolest on kliimateadlased rohkem mures CO₂ ja metaani (CH₄) pärast, kuna need on peamised inimtegevuse tagajärjel tekkinud kasvuhoonegaasid ning nende hulk on tööstusrevolutsioonist alates atmosfääris üha kasvanud.

→ Tegevus 1: KASVUHOONEEFEKT – MIS SEE ON?

Selle tegevuse käigus teevad õpilased katse süsihappegaasi ja lambiga, et mõista, kuidas kasvuhoonegaasid mõjutavad maapealset temperatuuri. Õpilased vastavad küsimusele: kuidas mõjutab atmosfääris olev süsihappegaas Maa temperatuuri? Lisaks analüüsivad õpilased satelliidipilte, et mõista, kuidas saab kasvuhoonegaase kosmosest jälgida.

Vahendid (ühe grupi kohta)

- 1-liitrised anumad 2 tk
- Korgid, milles on auk termomeetri hoidmiseks
- 1 hõõgniidiga lamp (selline, mis läheb põledes kuumaks; rohkem kui 100W)
- 2 termomeetrit (0,1°C täpsusega)
- 30%-line toiduäädikas ja söögisooda või
 - Küpsetuspulber ja vesi
- Jääkuubikud (valikuline)

Turvalisus

Anumate ja lambiga tuleb ettevaatlikult ümber käia. Õpilased peavad vältima hõõglambi puudutamist. Õpetaja peab aitama äädikhapet anumatesse valada.

Ülesanne

Eksperimendi ettevalmistuse täpsemaid juhiseid vaata õpilase töölehel. Eksperimenti võib täiendada, lisades kummagi anuma põhja jääkuubiku. Õpilased saavad seejärel uurida, kui kaua aega kulub jääkuubikute sulamiseks.

Pea meeles, et tegu on väga tundliku katsega, mis tuleks eelnevalt läbi proovida. Eksperimenti võib teha 30% äädika ja söögisoodaga või küpsetuspulbri ja veega või ka CO₂ karbenaatoriga (mida kasutatakse gaseeritud joogivee valmistamiseks).

Seda tegevust võib korraldada nii õpilaste praktilise tegevuse kui ka demonstratsioonina.

Tulemused

Süsihappegaasiga anumad tõuseb temperatuur kiiremini kui süsihappegaasita anumad. 10 minuti möödudes on neis tavaliselt 1–3°C erinevus. Tuleks rõhutada, et juba 2-kraadiline temperatuuritõus planeedil võib endaga kaas tuua katastroofilisi tagajärgi – merevee taseme märgatav tõus ja suured üleujutused.

Arutelu

Anumates olev õhu koostis mõjutab hajunud ja neeldunud soojuse hulka. Õpilased võrdlevad soojuse neeldumise erinevusi suurendatud CO₂ sisaldusega anumad ja tavalise õhuga täidetud anumad. Õpilased peaksid jõudma järeldusele, et temperatuur lisasüsihappegaasiga anumad tõuseb kiiremini kui „kontrollanuma“ temperatuur.

Arutlege koos õpilastega, kuidas atmosfääris leiduv süsihappegaas mõjutab Maa temperatuuri. Õpilased peaksid jõudma järeldusele, et süsihappegaasis neeldub soojuskiirgust rohkem kui tavalises õhus. Seetõttu on maapealne temperatuur kõrgem võrreldes olukorraga, kui CO₂ atmosfääris ei oleks. Õpilased peaksid mõistma, et meie atmosfäär ja selles leiduvad kasvuhoonegaasid on põhjuseks, miks elu meie planeedil võimalik on.

Siiski, inimtegevuse tagajärjel on kasvuhoonegaaside hulk atmosfääris tõusnud üle „normaalse“ taseme, mis omakorda põhjustab kliima jätkuvat soojenemist.

Lisaks saavad õpilased analüüsida satelliidipilte, et uurida ja arutada CO₂ aastaajalisi ning pikemaajaliste muutuste üle atmosfääris (vaata videosoovitust linkide osast). Õpilastele peaks selgeks saama, et CO₂ hulk meie atmosfääris on viimastel aastatel kogu maailma lõikes suurenenud. Nad peaksid täheldama ka aastaajalist kõikumist. See kõikumine tuleneb taimestiku kasvamisest (eriti põhjapoolkeral, kus leidub suurem osa maailma taimestikust). Suvel tarbib taimestik fotosünteesi abil atmosfääris leiduvat süsihappegaasi ning talletab selle taimeosadesse. Talvel kui fotosünteesi on vähem, emiteeritakse süsihappegaasi rohkem kui tarbitakse ning CO₂ hulk atmosfääris jälle kasvab.

ESA kliimamuutuste algatuse CCI rakendus „*Climate from Space*“ (Kliima kosmosest) annab ülevaate kasvuhoonegaasidest ja andmevaatur näitab satelliitide poolt mõõdetud CO₂ üleilmset jaotust atmosfääris. Juhuks kui õpilastel pole juurdepääsu internetile, on lisas andmevaaturi kuvatõmmised. Õpetajad võivad need pildid välja printida ja lasta õpilastel arutada CO₂ pikaajaliste muutuste üle atmosfääris.

→ Tegevus 2: Meretase kui kliimasoojenemise indikaator

Meretaseme tõus on üks peamisi antropogeense – teisisõnu inimtekkelise – kliimamuutuse tagajärgi. Selles tegevuses uurivad õpilased kliimasoojenemise võimalikku mõju meretasemele.

Turvalisus

Erilised ettevaatusabinõud puuduvad. Õpilased peaksid oma käed enne jääkuubikute puudutamist märjaks tegema, et vältida jää naha külge kleepumist.

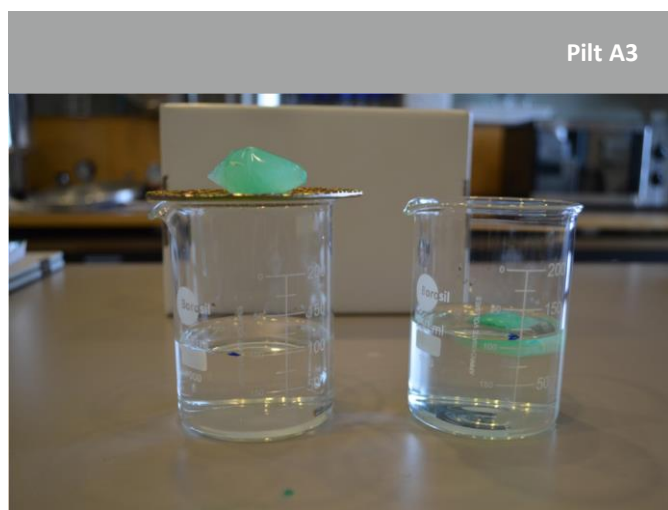
Ülesanne

Enne eksperimendi algust peaksid õpilased väiksemates gruppides arutama oma ootusi ja ennustusi. Vajadusel võib neile selgitada merejää ja maismaajää erinevusi.

Ülesande läbiviimise juhised leiab õpilase töölehel.

Merevee keskmine soolsus on 3,5%. Merevee valmistamiseks peaksid õpilased veele lisama ühe teelusikatäie (umbes 5 g) soola. Kogu klassi jaoks vajamineva lahuse valmistamiseks järgi allolevat juhist:

- Kaalu 35 g soola.
- Lisa sool anumasse ning lisa värsket vett, kuni kogumass on 1000 g.
- Sega pulga või lusikaga, kuni kogu sool on lahustunud.



↑ Eksperimendi valmis panemine.

Tulemused

Tabel 1 – Eksperimendi tulemused				
	Vee kogus (ml)	Metallvõrk lisatud	NaCl %	Vaatlused
Anum 1	150	Jah	0	Veetase on kõrgem kui alguses
Anum 2	150	Ei	0	Vesi püsib „algtasemega“ samal tasemel
Anum 3	150	Jah	3,5	Veetase on kõrgem kui alguses
Anum 4	150	Ei	3,5	Vesi püsib „algtasemega“ samal tasemel

Õpilased peaksid märkama, et magedas vees olev jääkuubik sulab soolases vees olevast kuubikust kiiremini. See juhtub, kuna sool muudab jää sulamise temperatuuri.

Olenevalt õpilaste teadmiste tasemest võib arutada soojusmahtuvuse üle: miks sulavad jääkuubikud vees kiiremini kui „maal“.

Õpilased märkavad, et kui magedast veest jääkuubik sulab soolases vees, jääb kuubiku (värvitud) mage vesi värvilise kihina pinnale, kuna magevee ja soolase vee tihedus on erinev (Pilt A4).



↑ Soolases vees püsib sulava jääkuubiku vesi pinnal (vasak anum). Magedas vees vajub sulava jääkuubiku külm vesi põhja (parem anum).

Arutelu

Vesi on üks väheseid aineid, mis on tahkes olekus väiksema tihedusega kui vedelas olekus. Seetõttu hulbib jää vee pinnal. See tähendab, et tahkes olekus vesi võtab rohkem ruumi kui vedelas olekus vesi. Õpetajad saavad kasutada Archimedese seadust (üleslükkejõud) seletamaks, miks veetase hulpiva jää sulamisel ei muutu. Selleks võivad õpilased ka jääkuubikuid kaaluda.

Sellest tegevusest peaksid õpilased järeldama, et:

- Merejää ei suurenda ega vähenda ookeanide mahtu, sest jää on tekkinud juba meres olevast veest. Merejää kaalub sama palju kui vesi, millest jää tekkis. Seega ei suurenda merejää sulamine ookeanide mahtu.
- Vesi, millest koosneb maismaajää, ei ole ookeani osa. Seega kui maismaal olev jääkilp või liustik sulab, voolab vesi ookeani, suurendades ookeani kogumahtu.
- Sulav merejää ei tõsta merevee taset, kuid sulav maismaajää teeb seda.

Merevee taset tõstab põhiliselt sulav maismaajää. Samas tuleb mainida, et kaudselt võib sulav merejää siiski põhjustada meretaseme tõusu muutuva soolsuse ja paisumise tõttu, mis tuleb temperatuuri tõusust. Maismaajää ja merejää sulamine muudab Maa kiirgusbilanssi (seda uurib tegevus 3).

Lisategevusena võivad õpilased vaadata videot „*Contributors to sea-level rise*“ (vt linkide osa), mis selgitab meretaseme tõusu mõjutavaid tegureid. Seejärel saab võrrelda oma leide videos nähtud infoga.

→ Tegevus 3: Kuidas võivad albeedo muutused mõjutada kliimat

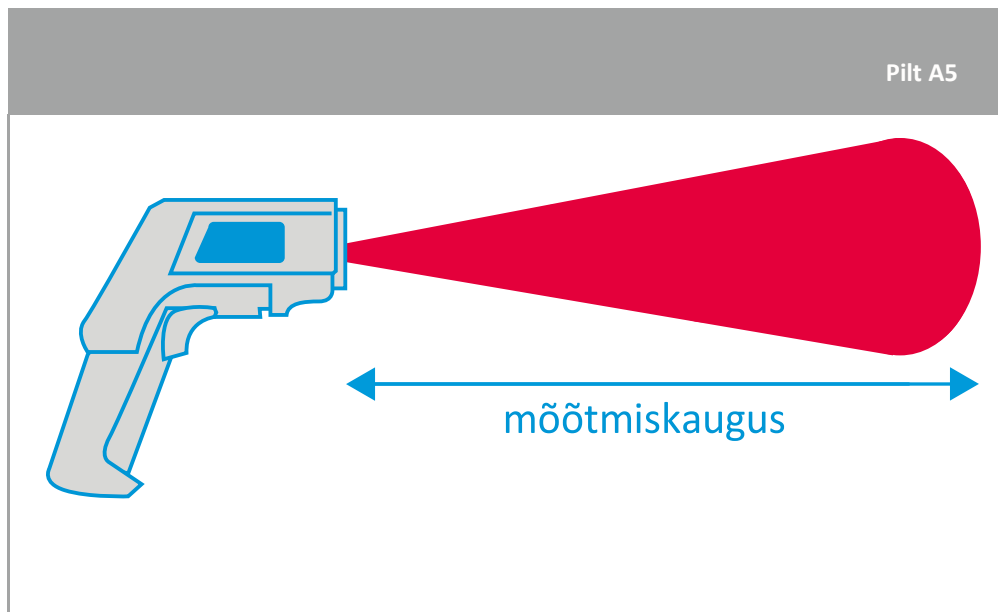
Praktilise tegevuse käigus katsetavad õpilased, kuidas erinevat värvi pindade peegeldumisvõime mõjutab temperatuuri. Õpilased loovad seose erinevate pindade peegeldumisvõime, Maa albeedo ning Maa kliima vahel. Õpilased uurivad järgmisi küsimusi:

- 1) Kuidas mõjutab värvus pinna temperatuuri?
- 2) Kuidas mõjutab tuul ja niiskus albeedot ning seeläbi mõõdetava pinna temperatuuri?

Vahendid

- Infrapunatermomeeter
- Paberi- või papitükid erinevates hallides toonides ning värvides (vt lisa II)
- Hõõgniidiga lamp, mis läheb põledes kuumaks (sobib ka päikesevalgus)

Märkus: Infrapunatermomeeter on termomeeter, mis fikseerib temperatuuri mõõdetava objekti poolt välja kiiratud soojuskiirguse põhjal. Suur hulk infrapunakiirgust tähendab kõrget temperatuuri ning väike hulk infrapunakiirgust tähendab madalat temperatuuri.



↑ Skeem näitlikustab, kuidas kasutada infrapunatermomeetrit.

Infrapunatermomeetrit tuleks hoida mõõdetavast pinnast alati samal kaugusel vastavalt seadme juhendile. Mõõdetud soojuskiirgus arvestatakse ümber täpselt pinnatemperatuuriks. Infrapunatermomeeter mõõdab ainult objekti pinnatemperatuuri.

Ülesanne

Vaata juhiseid tegevuse läbi viimiseks õpilase töölehel. Enne ülesande sooritamist peaksid õpilased tutvuma infrapunatermomeetri kasutamisega.

Kui infrapunatermomeetrit pole käepärast, võib eksperimendi läbi viia tavaliste termomeetrite ja värviliste paberitega, vaata täpsemalt lisa III.

Tulemused

Ülesandes 1 peaksid õpilased suhteliselt kiiresti märkama temperatuuri tõusu 0,3–0,5°C iga halli tooni kohta.

Harjutuses 2 peaksid õpilased märkama, et pinna temperatuur sõltub mitmest faktorist – lisaks pinna värvusele ja tekstuurile on oluline, kas pind on niiske või kuiv ja et kas mõõtmine tehakse päikesepaistelisel või pilvisel päeval, lisaks mängib rolli ka kellaaeg.

Arutelu

Materjali pinna värvus mõjutab oluliselt neeldunud soojuse hulka. Õpilased peaksid täheldama, et mida tumedam on pinna värvus, seda kõrgem on temperatuur (seda põhjustab asjaolu, et tumedamad materjalid neelavad rohkem soojust kui heledamad materjalid). Arutelus peaksid õpilased seda Maaga seostama. Millised pinnad peegeldavad tõenäoliselt kõige rohkem kiirgust? Millised neelavad tõenäoliselt kõige rohkem kiirgust? Õpilased peaksid järeldama, et:

- heledad pinnad (jääd, lumi) on kõrge albeedoga, mis tähendab, et nad peegeldavad enamiku päikesekiirgusest;
- tumedad pinnad (vesi, ookean, rohi) on madala albeedoga, mis tähendab, et nad neelavad enamiku Päikeselt tulnud kiirgusest;
- sulav jää suurendab Maa temperatuuri veelgi enam, kuna see muutub veeks, mis omakorda tähendab väiksemat heledat ala (jääd) ja suuremat tumedat ala (vett);
- jääga kaetud ala kahanemise tagajärjel saab ookeani suvel rohkem soojust neelduda, seetõttu kulub ka ookeanil sügisel jahtumiseks rohkem aega ning jää tekkimine algab hiljem.

→ KASVUHOONEEFEKT JA SELLE TAGAJÄRJED

Uurime kliimasoojenemist

→ Tegevus 1: Kasvuhooneefekt – mis see on?

Selles tegevuses õpid, kuidas süsihappegaas (CO₂), üks kasvuhoonegaasidest, võib mõjutada õhu temperatuuri suletud keskkonnas. Hakkad uurima järgnevat küsimust:

Kuidas mõjutab atmosfääris leiduv süsihappegaas Maa temperatuuri?

Lisaks saad analüüsida ka satelliidiandmeid atmosfääris oleva süsihappegaasi kontsentratsiooni kohta, et uurida aastaajalisi muutusi ning määratleda pikaajaline trend.

Vahendid

- 2 ühesugust klaasist anumad
- Korgid, milles on auk termomeetri hoidmiseks
- 1 lamp hõõgniidiga (selline mis läheb põledes kuumaks; pirn rohkem kui 100W)
- 2 termomeetrit (0,1°C täpsusega)
- 30%-line söögiäädikas, kaks teelusikatäit
- Söögisooda, teelusikatäis
- Äädika ja sooda võib asendada küpsetuspulbri ja veega
- Jääkuubikud (valikuline)

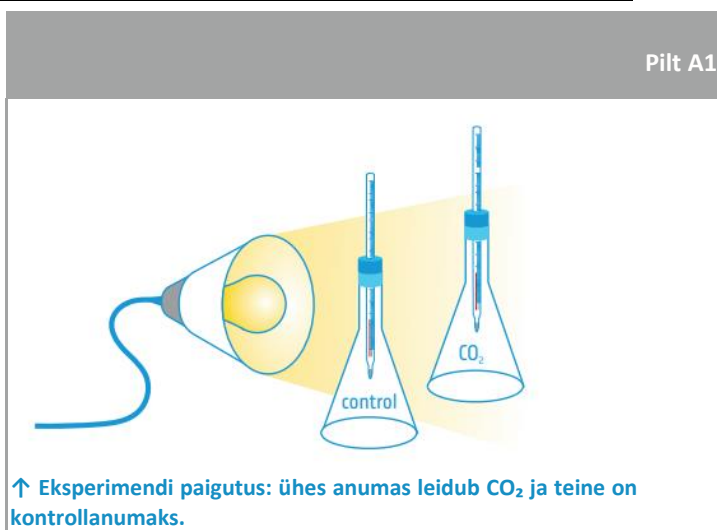
Turvalisus

Anumate ja lambiga tuleb ümber käia ettevaatlikult. Välti kuuma lambi puudutamist.

Ülesanne

Selles ülesandes uurid temperatuuri kahes anumad: ühes on CO₂ (anum 1) ja teises tavaline õhk kontrollanumad (anum 2). Enne eksperimendi algust tee pakkumine: kummas anumad olev õhk läheb soojemaks?

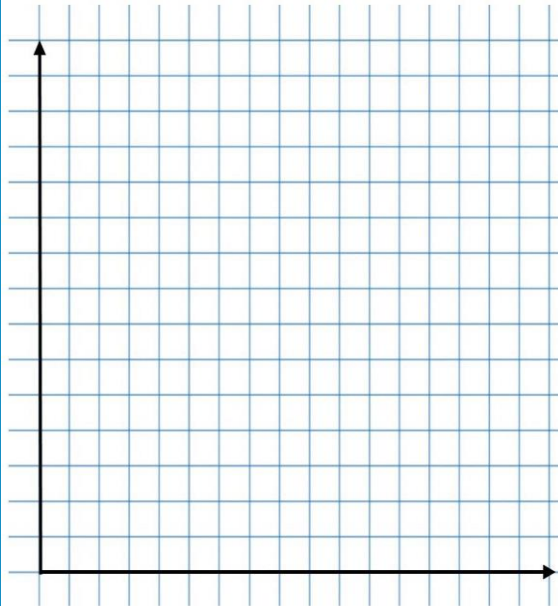
1. Aseta kaks anumad kõrvuti lambi alla. Vaata, et mõlemad anumad saaksid sama palju valgust. Anumaid ja lampi EI TOHIKS eksperimendi jooksul liigutada.
2. Paigalda mõlema korgi sisse termomeeter.
3. Sega ühes anumad teelusikatäis söögisoodat ja natuke söögiäädikat (palu õpetajalt, et ta aitaks äädika anumasse lisamisega).
4. Sulge mõlemad anumad korkidega, mille sees on termomeetrid.
5. Pane kirja mõlema termomeetri näit.
6. Pane lamp põlema.
7. Oota 2 minutit ning võta näit mõlemalt termomeetrilt.



8. Oota veel 2 minutit ja mõõda temperatuur uuesti. Jätka, kuni sul on 8 paari mõõtmistulemusi.
9. Pane mõõtmisandmed kirja Tabelisse 1 ning tee joongraafik tabeli kõrval olevasse ruudustikku. Lisa graafikule ka pealkiri ning telgede nimetused.

Tulemused

Tabel 1 – Eksperimendi tulemused		
Time	Temp. anum 1	Temp. anum 2
0 min		
2 min		
4 min		
6 min		
8 min		
10 min		
12 min		
14 min		
16 min		



Arutelu

1. Võrdle kahe anuma tulemusi. Kas need vastavad su ennustustele?

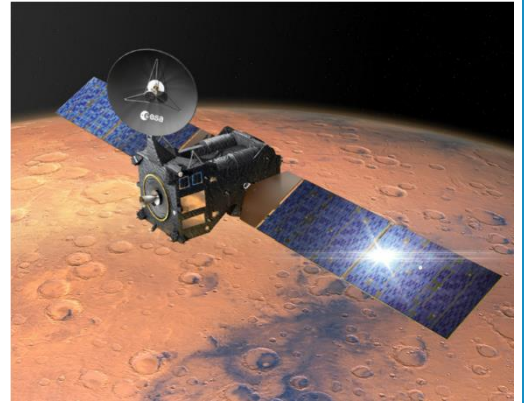
2. Selgita tulemust.

3. Vasta sissejuhatuses esitatud küsimusele oma tulemuste põhjal:
Kuidas mõjutab atmosfääris olev süsihappegaas Maa temperatuuri?

4. Süsihappegaas on kasvuhoonegaas, mis tekib looduslike protsesside ja inimtegevuse tagajärjel. Selgita oma sõnadega, mis on kasvuhooneefekt?

Kas teadsid?

Teiste planeetide atmosfääride uurimine aitab meil mõista kliimamuutust Maal. Näiteks Marsi atmosfäär koosneb peamiselt süsihappegaasist, kuid sealne atmosfäär on nii õhuke, et see ei suuda piisavalt talletada Päikeselt saabunud energiat. Tagajärjeks on suur temperatuuri erinevus Marsi öö ja päeva või siis valguses ja varju vahel. Suurem osa teadlasi on siiski ühel meelel, et Marss oli minevikus märksa soojem, mis tähendab, et ka Marsi atmosfäär oli tõenäoliselt praegusega võrreldes erinev. ExoMars Trace Gas Orbiter (tõlkes jääkgaaside orbitaaljaam) on osa ESA ja Vene kosmoseagentuuri Roscosmose ExoMarsi missioonist. Missioon uurib Marsi jääkgaase ehk siis gaase, mida on Marsi atmosfääris mahu järgi alla 1%. Eelkõige otsib orbitaaljaam märke metaanist ja teistest gaasidest, mis võiksid viidata aktiivsetele bioloogilistele või geoloogilistele protsessidele.



Lisa – CO₂ jälgimine kosmosest

1. Järgnevalt hakkad sa satelliidiandmete põhjal analüüsima maailma süsihappegaasi kontsentratsiooni. Enne alustamist aruta väiksemas grupis allolevaid küsimusi ja pane oma arvamus kirja:

- a) Aastaajalised muutused. Kas CO₂ kontsentratsioon atmosfääris muutub sama aasta erinevate kuude lõikes? Põhjenda oma vastust.

- b) Kas atmosfääris leiduva CO₂ kontsentratsioon muutub sama kuud uurides erinevate aastate lõikes? Põhjenda oma vastust.

- c) Kohalikud ja ülemaailmsed muutused. Kas CO₂ on jaotunud atmosfääris ühtlaselt, kui võrrelda erinevaid paiku Maal? Põhjenda oma vastust.

2. Vaata nüüd satelliidipilte <https://cfs.climate.esa.int/index.html#/> koos oma esialgsete vastustega. Kas satelliidipilte analüüsidest jõuad samadele tulemustele nagu alguses kirja panid? Erinevuste puhul püüa neid selgitada.

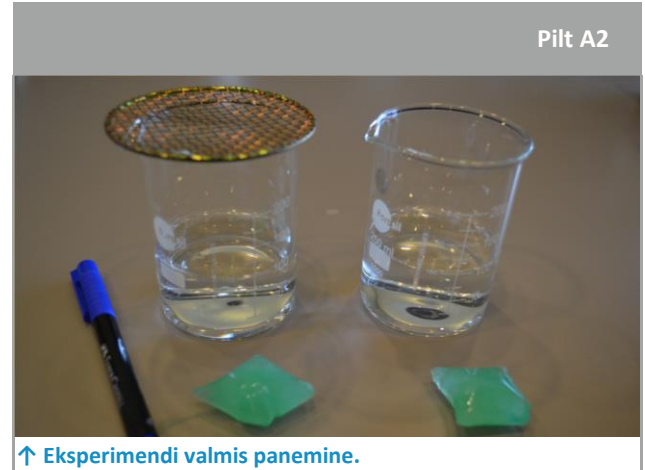
3. Millised võiksid olla CO₂ kontsentratsiooni muutuse võimalikud tagajärjed Maa kliimale?

→ Tegevus 2: Meretase kui kliimasoojenemise indikaator

Meretaseme tõus on ülemaailmse kliimamuutuse peamine indikaator. Selle tegevuse kaasabil proovid vastust saada küsimusele: „Millist mõju avaldab meretasemele merejää ja maismaajää (näiteks liustikud) sulamine?“.

Vahendid

- 4 klaasist anumad mahuga 250 ml
- Metallvõrk, mille saab asetada anuma peale
- Värvilised jääkuubikud
- Söögisool (NaCl)
- Teelusikas või spaatel, millega segada
- Marker
- Stopper



Ülesanne

1. Lisa mõlemasse anumasse 150 ml külma kraanivett. Aseta ühe anuma peale metallvõrk (anum 1). Märgi veetase markeriga anumate peale.
2. Võta 2 ühesugust värvilist jääkuubikut.
3. Aseta üks jääkuubik anuma kohale metallvõrgule ning kukuta teine jääkuubik ettevaatlikult teises anumasse (anum 2) olevasse vette. Määra ära, mis tüüpi jääga on sinu arvates kummagi anuma puhul tegu.

Anum 1: _____

Anum 2: _____

4. Märki uuesti kummagi anuma veetase markeriga anuma seinale. See on nõ algtasemeks.
5. Pane stopper tööle.
6. Jälgi hoolega, mis juhtub, kui jääkuubikud sulavad. Kuidas käitub värvilisest jääkuubikutest sulanud vesi anumates oleva veega?

-
7. Pane tulemuste tabelisse kirja, kui kaua aega kulub kummagi jääkuubiku täielikuks sulamiseks.
 8. Samal ajal kui ootad, vasta järgnevatele küsimustele:

Mis juhtub sinu arvates veetasemega kummaski anumaski?

9. Korda eksperimenti, aga seekord „mereveega“, mille paned anumatesse 3 ja 4. Merevee keskmine soolsus on 3,5%. Jällegi on väga oluline, et märgiksid ära veetasemed ning jälgiksid hooliga, mis juhtub värvilise veega jääkuubikute sulamisel.

Tulemused

Tabel 2 – eksperimenti tulemused						
	Vee kogus (ml)	Võrk lisatud	NaCl %	Algusaeg	Sulamise kestus	Tähelepanekud
Anum 1	150	Jah	0			
Anum 2	150	Ei	0			
Anum 3	150	Jah	3,5			
Anum 4	150	Ei	3,5			

1. Kas jääkuubikud anumad 1 ja 2 sulavad sama kiiresti? Selgita oma tulemusi

2. Mis juhtus veetasemega anumad 1 ja 2? Kas tulemused sarnanevad su ennustustele?

3. Võrdle oma 1. ja 2. anuma vaatlusi 3. ja 4. anuma vaatlustega. Selgita võimalikke erinevusi.

4. Püüa oma tulemustele tuginedes vastata sissejuhatuses esitatud küsimusele:

Millist mõju avaldab meretasemele merejää ja maismaajää (näiteks liustike) sulamine?

Kas teadsid?

Esimesed meretaseme mõõtmised tehti 18. sajandil tõusu ja mõõna vaadeldes. Üle 100 aasta on meretaseme andmeid salvestanud loodete mõõteriistad. Tänapäeval on satelliitide radaraltimeetria mõõtmistulemused Maa ookeanidest peaaegu globaalse katvusega. Loodeid jälgivad mõõteriistad pakuvad jätkuvalt olulisi *in situ* (kohapealseid) vaatlustulemusi, aga alates 1990ndate algusest on satelliitaltimeetria saanud peamiseks vahendiks, mille abil maailma meretaset pidevalt mõõta. Satelliitaltimeetria mõõdab täpselt ära, kui palju aega kulub radarisignaali, et jõuda satelliidi antennist pinnale ning sealt tagasi satelliidi vastuvõtjasse. Üheskoos täpsete satelliit-asukohaandmetega võimaldavad altimeetria mõõtmised määrata merepinna kõrgused. ESA Sentinel-3A satelliit suudab radaraltimeetri abil mõõta meretaset maakera paikades, mille kohta varasemalt andmeid nappis.



→ Tegevus 3: Kuidas albeedo muutused võivad mõjutada kliimat

Pindade peegeldumisnäitajat nimetatakse albeedoks ja see on Maa kliima seisukohalt väga oluline. Mida suurem on albeedo, seda rohkem peegeldab pind talle langenud kiirgust tagasi ja seda jahedam pind on. Värskest langenud lumel on looduses üks kõrgemaid albeedosisid. Mida tumedam on pind, seda väiksem on tema albeedo ja seda rohkem neelab ta kiirgust muutudes soojemaks.

Järgneva eksperimendi käigus uurid täpsemalt kahte küsimust:

1. Kuidas mõjutab värvus pinna temperatuuri? (Ülesanne 1)
2. Kuidas mõjutab tuul ja niiskus mõõdetava pinna temperatuuri? (Ülesanne 2)

Vahendid

- Infrapunatermomeeter
- Paberi- või papitükid erinevates hallides toonides ning värvides

• Ülesanne 1

1. Aseta erinevates hallides toonides paber päikese kätte (või soojust kiirgava lambi alla).
2. Oota 4–5 minutit.
3. Mõõda infrapunatermomeetriga iga halli tooni temperatuur ning pane oma tulemused kirja tabelisse 3. Kanna hoolt, et hoiaksid termomeetrit alati mõõdetavast pinnast samal kaugusel.
4. Oota veel 5 minutit ja korda mõõtmisi. Ole ettevaatlik, et paberile ei langeks mõõtmise ajal vari.

Tabel 3 – Erinevate hallide toonide temperatuur

Halli %	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
1. mõõtmine (°C)								
2. mõõtmine (°C)								

Ülesanne 2

Sa asud nüüd mõõtma erinevate pindade nagu muru, puidu, kõnnitee, lehtede jm temperatuuri. Selleks et uurida tuule ja niiskuse mõju, tuleb eksperiment läbi viia õues.

1. Mõõda infrapunatermomeetriga erinevate pindade temperatuuri.
2. Märki oma tulemused tabelisse 4. Märki kindlasti ka kellaaeg, õhutemperatuur ning mõõtmispaiga tuulisus.

Tabel 4 – Erinevate pindade temperatuur					
Pind	Temperatuur	Värvus	Vari	Niiskus	Muud tähelepanekud
Pind					
Muru (tasane plats)					
Muru (väikse künka küljel)					
Puit					
Kõnnitee					
Puulehed					
Vesi					
Muu					

Märkus: Tulpa „Vari“ kirjuta vastavalt „jah“ või „ei“. Tulpa „Niiskus“ kirjuta „jah“ või „ei“ sõltuvalt sellest, kas pind tundub katsudes niiske või mitte. Kui on võimalus, siis kasuta niiskussensorit.

1. Tuginedes oma tulemustele Ülesandes 1, milliseid järeldusi saad sa teha värvuse, temperatuuri ja albeedo osas?

2. Millistel pindadel on kõrge albeedo (Tabel 4)? Selgita, kasutades kogu infot, mille sa pindade kohta hankisid.

3. Kui maailma keskmine temperatuur tõuseb 1°C võrra, siis põhjustab see Põhja-Jäämeres keskmiselt 2 nädalat pikemat jäävaba aega. Kuidas see mõjutab ookeani albeedot? Miks?

4. Kui ookeani albeedo muutub, siis kuidas mõjutab see ookeani temperatuuri ja jää moodustumist talvel? Selgita.

5. Arutle, mis mõju on merejää, liustike ja jääkilpide sulamisel albeedole ja seeläbi kliimasoojenemisele.

Kas teadsid?

EarthCARE on ESA missioon, mille eesmärk on täiendada meie teadmisi pilvede ja aerosoolide rollist nii päikesekiirguse tagasi kosmosesse peegeldamisest kui ka Maa pinnalt emiteeruva infrapunakiirguse neeldumisest atmosfääris (kasvuhooneefekt). EarthCARE – Earth Cloud Aerosol and Radiation Explorer (tõlkes Maa pilvede, aerosooli ja kiirguse uurija) arendatakse ESA ja Jaapani kosmoseagentuuri JAXA koostöös. EarthCARE hakkab koguma ülemaailmselt pilvede ja aerosooli osakeste kohta käivaid andmeid koos päikese- ja Maalt lähtuva kiirgusega, et oleks võimalik lisada need parameetrid numbrilistesse ilma- ja kliimamudelitesse. Lisaks on EarthCARE aerosooli osakeste kohta kogutud andmed väärtuslikud õhu kvaliteedi jälgimisel.



→ Lingid

ESA ressursid

ESA õppematerjalid

<https://esero.ee/oppematerjalid>

http://www.esa.int/Education/Classroom_resources

ESA kosmoseprojektid

ESA kliimasoojenemisalगतus Climate Change Initiative (CCI)

<http://cci.esa.int/>

ESA kliimasoojenemisalगतuse kasvuhooonegaaside projekt

<http://www.esa-ghg-cci.org/>

Sentinel-3

https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3

EarthCARE

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers/EarthCARE/ESA_s_cloud_aerosol_and_radiation_mission

Lisainfo

ESA rakendus "Climate from Space"

https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Climate_at_your_fingertips

Video "Contributors to sea-level rise"

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2017/06/Contributors_to_sea-level_rise

Video süsiniktsüklist ja selle rollist kliimamuutusel

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2018/02/Carbon_Cycle

Video atmosfääriliste koostisosade muutumisest ning nende muutuste mõjust kliimale

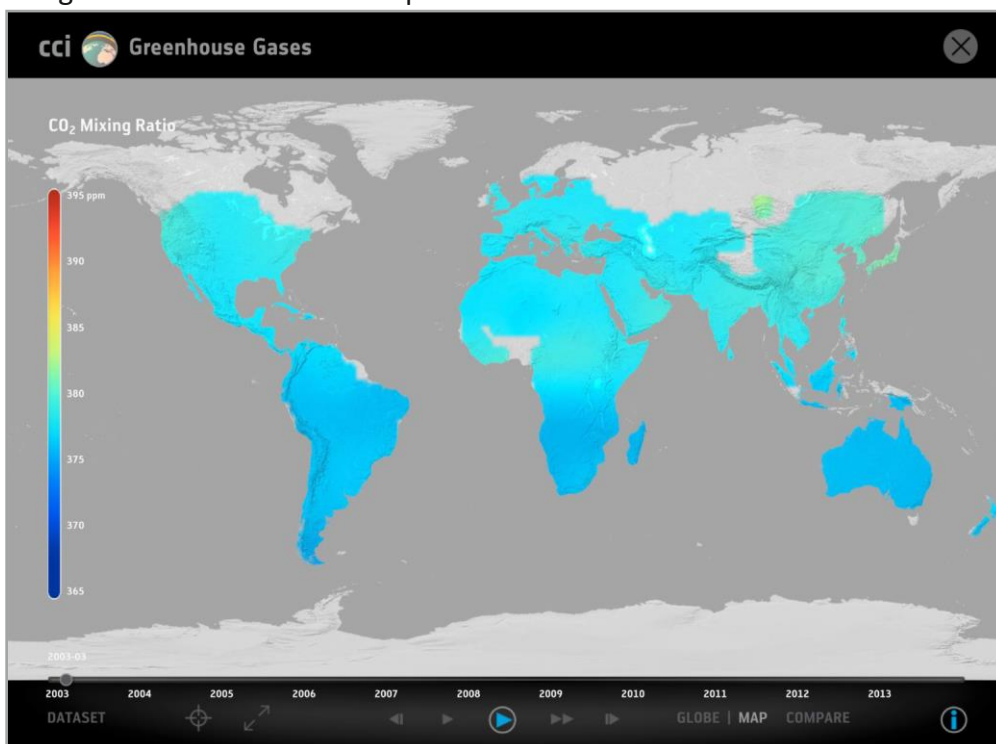
https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2018/01/Change_in_atmosphere

Info meretasemest ja selle mõõtmisest

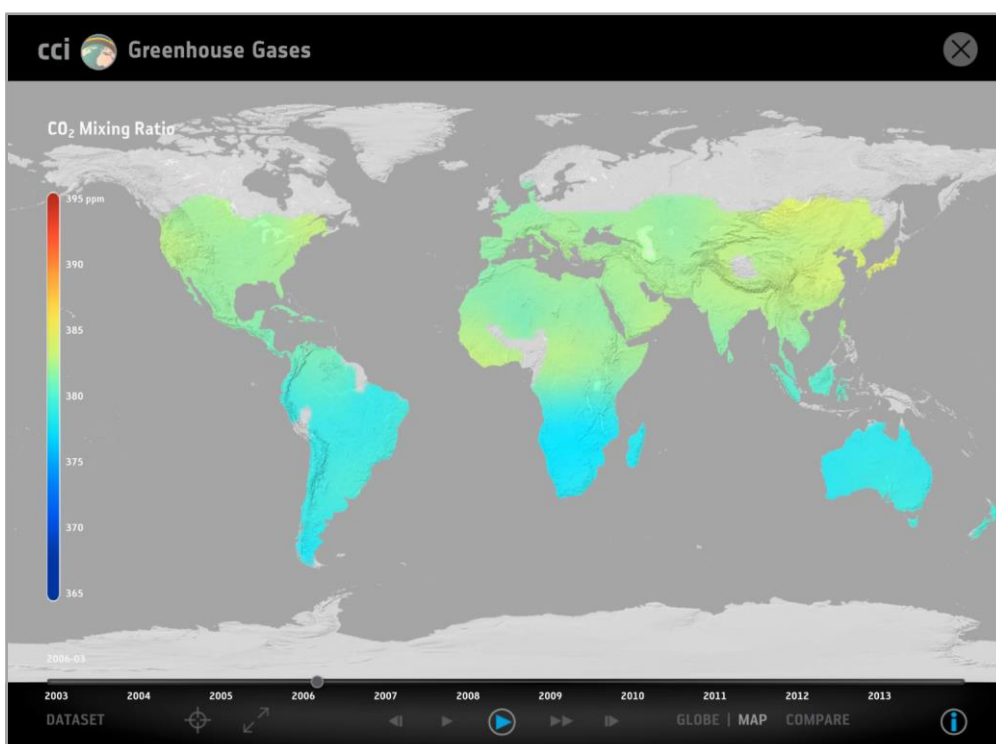
<http://www.esa-sealevel-cci.org/Sea%20Level%20information>

→ Lisa 1

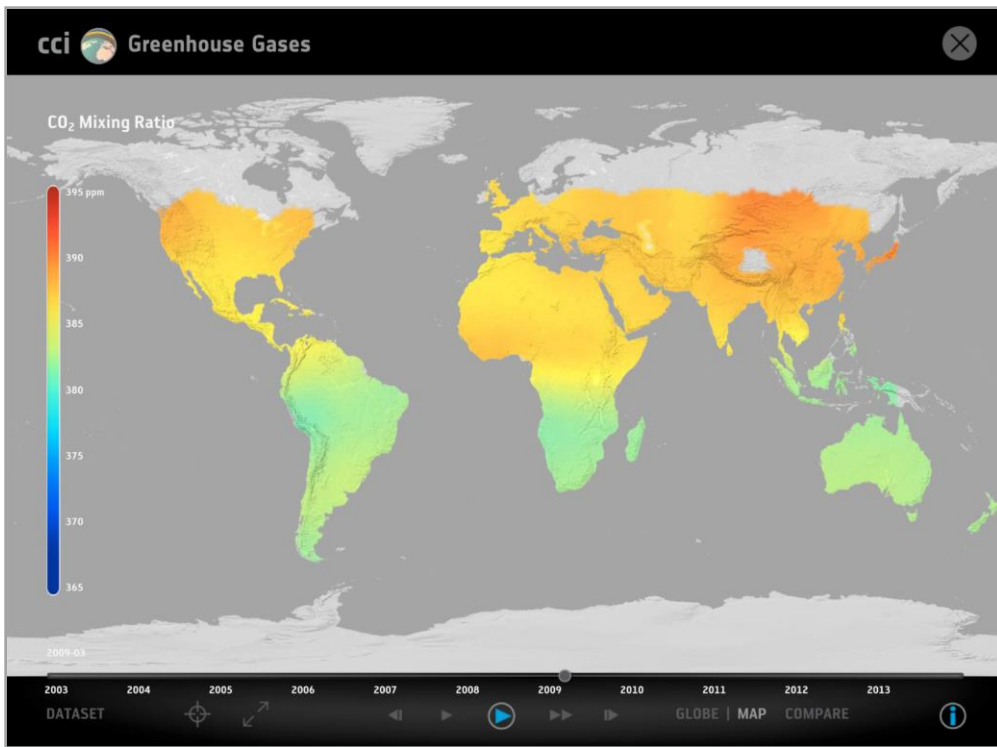
Allolevad kaardid näitavad CO₂ sisaldust Maa atmosfääri erinevates kohtades erinevatel aastatel. CO₂ kogus (CO₂ *mixing ratio*) on näidatud miljondikosades ja pildid on saadud satelliitandmete töötlemisel. Kõik andmed on kogutud ESA CCI meeskonna poolt.



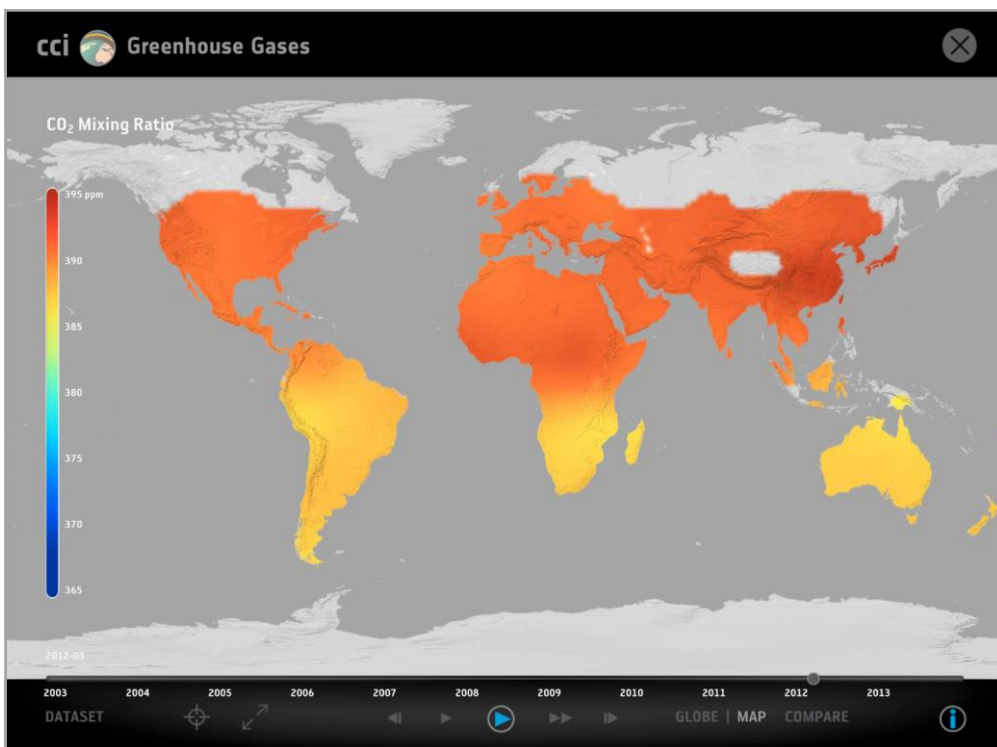
↑ Märts 2003



↑ Märts 2006



↑ Märts 2009



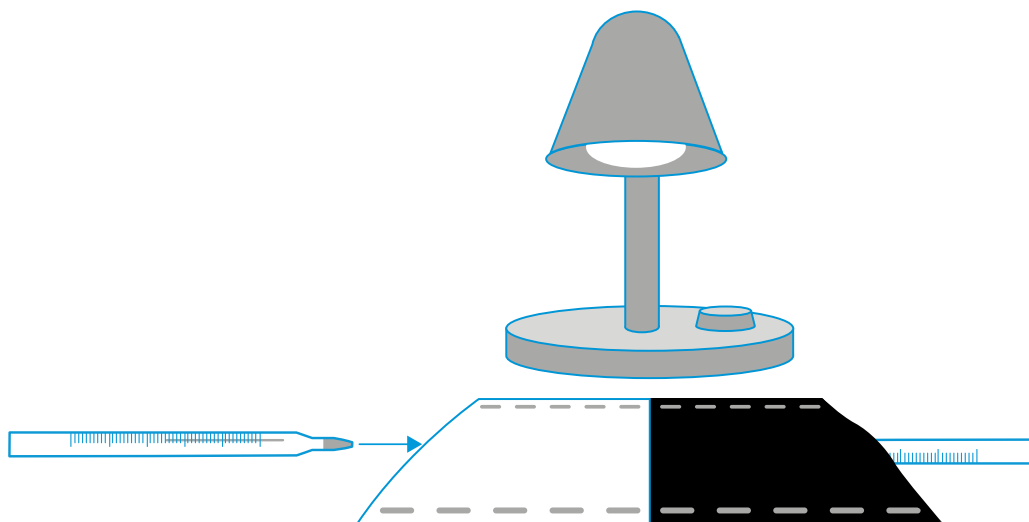
↑ Märts 2012

→ Lisa 2

0%	10%
20%	30%
40%	50%
60%	70%

→ Lisa 3

Kuidas mõjutab värvus pindade temperatuuri?



1. Lõika kaks 15 x 15 cm suurust ruutu, üks mustast, teine valgest paberist.
2. Voldi kumbki ruut kaks korda pooleks.
3. Klammerda kummagi ruudu kaks külge kinni, nii et tekiks taskud.
4. Aseta termomeetrid, reservuaariga ots ees, mõlemasse taskusse.
5. Aseta termomeetrid täpselt lambi alla (või õue päikese kätte), nii et nad saaksid ühepalju valgust. Lamp peaks olema suunatud otse alla (vaata ülal olevat joonist).
6. Anna termomeetritele kaks minutit aega, et nad saavutaksid ümbritseva õhuga sama temperatuuri. See võta algtemperatuuriks. Vaata, et termomeetrid ei oleks sel ajal otsese päikesevalguse käes.
7. Pane lamp põlema. Märgi järgneva 20 minuti jooksul temperatuur üles iga kahe minuti tagant.

Valge ja musta paberilehe vahel olevate temperatuuride erinevus on tavaliselt 2–3°C, kui mõõtmisi teha lambi all. Õues päikese käes mõõtes võib erinevus olla ka kuni 5–6°C.