

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Loodusteadusliku hariduse keskus

Jane Hüdsi

**Põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist
ning nende arusaamad kasvuhooneefektist**

Magistritöö

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Birgit Viru, PhD

TARTU

2024

Infoleht

Põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist ning nende arusaamad kasvuhooneefektist

Käesoleva magistr töö eesmärgiks oli välja selgitada Eesti põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist ning nende tegelikud teadmised ja arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest. Uurimistöö viidi läbi põhikooliõpilaste seas, kes vastasid küsimustikule, mis koosnes väidetest ja avatud küsimustest kasvuhooneefekti teemal. Tulemustest selgub, et õpilased hindavad oma teadmisi kasvuhooneefektist pigem halvaks. Õpilaste tegelikud teadmised olid võrdlemisi sarnased nende enda hinnangutele oma teadmistest. Analüüsi käigus tulid välja mitmed väärarusaamad kasvuhooneefekti nähtuse, selle tähtsuse ja kasvuhoonegaaside kohta.

Märksõnad: kasvuhooneefekt, kasvuhoonegaasid, väärarusaamad

CERCS: S272 „Õpetajakoolitus”

Estonian primary school students' assessments of their knowledge about greenhouse effect and their actual knowledge about it

The aim of this master's thesis was to determine the assessments of Estonian primary school students on their knowledge of the greenhouse effect, as well as their actual knowledge and understanding of the greenhouse effect, its importance, and greenhouse gases. The research was carried out among primary school pupils who answered a questionnaire containing statements and open questions about the greenhouse effect. The results show that students rate their knowledge of the greenhouse effect poorly. Students' actual knowledge was relatively similar to their own assessment of their knowledge. The analysis also revealed several misconceptions about the phenomenon of the greenhouse effect, its importance, and greenhouse gases.

Keywords: greenhouse effect, greenhouse gases, misconceptions

CERCS: S272 „Teacher education

Sisukord

Sissejuhatus.....	5
1. Teoreetiline ülevaade	7
1.1 Kasvuhooneefekt.....	7
1.1.1 Kasvuhooneefekti olemus ja kasvuhoonegaasid.....	7
1.1.2 Kasvuhooneefekti tugevnemine.....	8
1.2 Kasvuhooneefekt põhikooli riiklikus õppekavas ja õpikutes.....	9
1.3 Teadmised ja väärarusaamad kasvuhooneefektist	11
2. Metoodika	14
2.1 Valim.....	14
2.2 Instrument	14
2.3 Andmeanalüüs.....	14
3. Tulemused.....	16
3.1 Põhikooliõpilaste hinnangud oma oskustele ja teadmistele kasvuhooneefektist.....	16
3.2 Põhikooliõpilaste arusaamad ja teadmised kasvuhooneefektist	17
3.2.1 Kõigi vastanute arusaamad ja teadmised kasvuhooneefektist	17
3.2.2 Erinevused õpilaste teadmistes ja arusaamades kasvuhooneefektist tüdrukute ja poiste vahel	21
3.2.3 Erinevused õpilaste teadmistes ja arusaamades kasvuhooneefektist klasside vahel	23
4. Arutelu	28
Kokkuvõte.....	33
Kasutatud kirjandus	35
Summary	39
Lisad.....	41
Lisa 1. Kasvuhooneefekti käsitlemine põhikooli õpikutes	41
Lisa 2. Kasvuhooneefekti käsitlevad põhikooli õpikud ning joonise olemasolu ja õpikus nimetatud kasvuhoonegaasid	43

Lisa 3. Magistritöös kasutatud küsimustik.....	44
Lisa 4. Koostatud õppematerjali kasutamise alused	47
Lisa 5. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhoone ilma selgitusteta	49
Lisa 6. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhoone selgitustega	50
Lisa 7. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhooneefekt on seostatud osoonikihiga.....	51
Lisa 8. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhooneefekt on seostatud osoonikihiga.....	52
Lisa 9. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: osoonikiht takistab kasvuhoonegaaside väljumist	53
Lisa 10. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: Maa ümber on joonistatud kasvuhoonegaaside kiht	54
Lisa 11. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: Maa ümber on joonistatud nimeta kiht	55
Lisa 12. Õpilaste poolt nimetatud kasvuhoonegaasid tüdrukute ja poiste ning klasside võrdluses	56
Lisa 13. Kasvuhooneefekti kujutamine joonistel tüdrukute ja poiste ning klasside võrdluses	57

Sissejuhatus

Palju räägitakse globaalsest soojenemisest ja kasvuhooneefektist. Kasvuhooneefekti tekitavad kasvuhoonegaasid. Tööstusrevolutsiooni algus suurendas märkimisväärselt inimtegevusest tulenevaid kasvuhoonegaaside heitkoguseid, mis omakorda on viinud kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni suurenemiseni atmosfääris (Mccuin *et al.*, 2014). Kuna inimtegevuse käigus lisandub jätkuvalt kasvuhoonegaase Maa atmosfääri, on oodata globaalse temperatuuri tõusu jätku, mis omakorda võimendab juba aset leidvaid kliimamuutusi. Praeguste kliimapoliitikate jätkamise korral ootab ees 3,2°C õhutemperatuuri tõus (IPCC, 2022). Kliimamuutused võivad mõjutada sademete hulka, tuua kaasa raskeid ja äärmuslikke ilmastikunähtusi (põuad, üleujutused, kuumalained jms) ning mõjutada inimeste tervist ja põllumajandust (Shepardson *et al.*, 2009). Kasvuhooneefekti võimendumine, mis põhjustab globaalset soojenemist ja sellega seotud muutusi kliimasüsteemis, on vaieldamatult üks suurimaid keskkonnaprobleeme, millega inimkond 21. sajandil silmitsi seisab (Schreiner *et al.*, 2005).

Globaalse soojenemise ohjeldamine nõuab muutusi inimeste eluviisides. Seetõttu on viimasel ajal tekkinud suur huvi õpilaste, tulevaste otsustajate, harimise vastu, et nad saaksid kliimamuutustega kaasneva ohuga edukalt toime tulla (Papadimitriou, 2004). Loodusainete õpetamise eesmärgiks on kujundada õpilastes eakohast loodusteaduslikku pädevust, mis hõlmab endas ka looduskeskkonnas eksisteerivate nähtuste mõistmist (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Kasvuhooneefekt on teaduslik nähtus ning selleks, et loodusaineid õpetades tagada selle nähtuse parem mõistmine on oluline kindlaks teha, millised on õpilaste teadmised kasvuhooneefektist.

Hoolimata sellest, et kliimamuutustest räägitakse meedias väga palju, on inimeste arusaam ja faktilised teadmised kliima soojenemisest ja kasvuhooneefektist puudulikud ning sageli eksitavad (Rickinson, 2001). Lisaks on kasvuhooneefekt teaduslik nähtus, mis hõlmab endas keerulisi protsesse, mis ei ole otseselt jälgitavad ja seetõttu võib selle mõistmine olla keeruline ning segane (Schreiner *et al.*, 2005). Kasvuhooneefektist levivad mitmed väärarusaamad ning need võivad olla takistuseks sügavale õppimisele, mistõttu on nende tuvastamine oluline. On leitud, et õpetajad, kes suudavad tuvastada väärarusaamu, parandavad õpilaste õppimist (Sadler *et al.*, 2013).

Õpetajate teadlikkus õpilaste väärarusaamadest ja hoiakutest on seega oluline teema hariduses. Eesti koolides õpetatakse kasvuhooneefekti erinevates loodusainetes: geograafias, bioloogias, füüsikas, keemias ja loodusõpetuses. Käesolevas töös uuritakse Eesti põhikooli õpilaste teadmisi ja arusaamu kasvuhooneefektist. Töö eesmärgiks on välja selgitada, millised on Eesti põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist ning millised on nende

tegelikud teadmised ja arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest.

Sõnastatud on järgnevad uurimisküsimused:

1. Millised on Eesti põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest?
2. Millised on Eesti põhikooliõpilaste tegelikud teadmised ja arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest?
3. Millised on tüdrukute ja poiste vahelised erinevused hinnangutes ning teadmistes ja arusaamades kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest?
4. Millised on klasside vahelised erinevused hinnangutes ning teadmistes ja arusaamades kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest?

Soovin tänada oma juhendajat mitmekülgsede nõuannete ning konstruktiivse tagasiside eest. Lisaks tänan uuringus osalenud koole ja küsimustikule vastanud õpilasi. Eriline tänu loodusainete õpetajale Rahel Raele, kes leidis oma ainetundidest aja, et õpilased saaksid küsimustikule vastata. Soovin tänada ka oma kooli juhtkonda ning kolleege, kes võimaldasid võtta õppepuhkust ning asendasid minu ainetunde. Lisaks tänan oma perekonda toetuse ja motiveerimise eest.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1 Kasvuhooneefekt

1.1.1 Kasvuhooneefekti olemus ja kasvuhoonegaasid

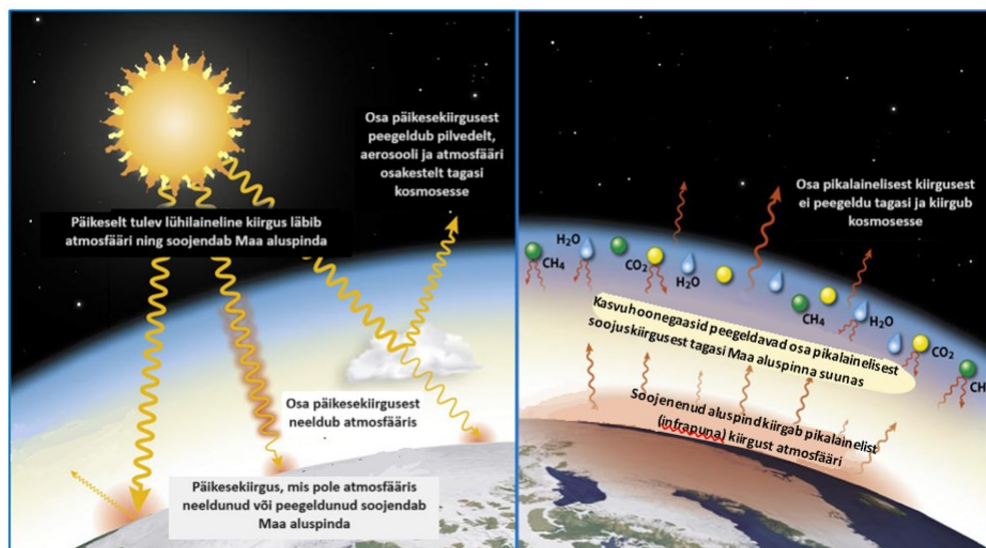
Kasvuhooneefekt on looduslik nähtus, mis on atmosfääris esinenud kas suuremal või vähemal määral kogu aeg. Päikeselt tulevat kiirgust nimetatakse meteoroloogias lühilaineliseks kiirguseks (Mander & Liiber, 2014). Maa suunas liikudes läbib see kiirgus atmosfääri ning suur osa jõuab maapinnani. Lühilaineline kiirgus neeldub maapinnas ja muundub soojuseks. Maalt lahkuvat soojuskiirgust nimetatakse pikalaineliseks kiirguseks ning selle väljumine on takistatud (Mander & Liiber, 2014). Planeedi pinnalt kiirgavat pikalainelist soojuskiirgust neelavad ja kiirgavad atmosfääris olevad kasvuhoonegaasid, takistades soojuskiirguse hajumist maailmaruumi (joonis 1). Sellest tulenevalt on maapind ja madalam atmosfäär palju soojem, kui see oleks, kui neid selektiivselt neelavaid gaase ei oleks. Kui soojuskiirgus hajuks takistamatult, oleks Maa keskmine õhutemperatuur -18°C praeguse 15°C asemel (Ahrens, 2009). Kasvuhooneefekt on seega vajalik selleks, et elu Maal oleks võimalik.

Kasvuhooneefekti nimetus tuleb sellest, et klaas või kile, millest kasvuhoone on valmistatud, laseb hästi läbi Päikeselt kiirguvat nähtavat valgust, aga takistab teatud määral nähtavast valgusest pikema lainepikkusega infrapunakiirguse väljapääsu (Ahrens, 2009). Ka atmosfäär toimib maapinna suhtes sarnaselt nagu kile või klaas kasvuhoone suhtes – lühilaineline päikesekiirgus läbib atmosfääri, kuid pikalainelise soojuskiirguse väljumine on takistatud (Jürissaar, 2011). Õpikutes on samuti kasvuhooneefekti sageli illustreeritud kasvuhoone abil. Siiski on leitud, et see analoogia kujutab kasvuhooneefekti teaduslikult ebamääraselt. Kasvuhooned toimivad peamiselt konvektsiooni vältimise kaudu, samas kui atmosfääri kasvuhooneefekt vähendab kiirguskadu, mitte konvektsiooni (Ratinen, 2013). Uuringud on näidanud, et kasvuhoone sees olev soe õhk on tõenäoliselt põhjustatud pigem sellest, et õhk ei saa ringelda ja seguneda jahedama välisõhuga, kui infrapunase kiirguse kinnipüüdmisest (Ahrens, 2009).

Kasvuhooneefekti tekitavad kasvuhoonegaasid. Kasvuhoonegaasid on selektiivsed neelajad, mis lasevad suurema osa päikesekiirgusest maapinnale jõuda, kuid neelavad suure osa Maalt väljaminevast infrapunakiirgusest, takistades selle pääsemist kosmosesse (Ahrens, 2009). Kasvuhoonegaaside tõttu on õhutemperatuur maakeral märksa kõrgem, kui see oleks ilma nendeta (Mander & Liiber, 2014). Tähtsamad kasvuhoonegaasid on süsinikdioksiid ehk süsihappegaas (CO_2), veeaur (H_2O), metaan (CH_4), diämmastikoksiid ehk naerugaas (N_2O), osoon (O_3) ja mitmed klooriühendid (CFC-d) (Jürissaar, 2011).

Joonis 1

Kasvuhooneefekti selgitav joonis (Smithsonian Environmental Research Centre, 2024, mai)



Kõige tugevamad infrapunakiirguse neelajad on veeaur ja süsinikdioksiid, lisaks on nende sisaldus atmosfääris suurem võrreldes ülejäänud kasvuhoonegaasidega (Ahrens, 2009). Süsihappegaas jõuab atmosfääri fossiilsete kütuste põletamise, aga ka suurte metsaalade maharaiumise tõttu (Mander ja Liiber, 2014). Hariduslikust seisukohast on süsihappegaasile keskendumine oluline seetõttu, et see on üks peamisi globaalse soojenemise põhjustajaid ning lisaks on meie võimsuses selle gaasi heitkoguseid vähendada (Schreiner *et al.*, 2005).

Veeaur on värvitu ja lõhnatu gaas, mis takistab maapinna jahtumist ja annab troposfäärile justkui isoleeriva teki omaduse (Mander & Liiber, 2014). Tegemist on kõige olulisema, kuid kõige vähem tuntud kasvuhoonegaasiga, mis on pärit peamiselt mitteamropogeensetest allikatest (aurustumine ookeanidest) (Schreiner *et al.*, 2005). Kuid ka inimtegevus ei jäta seda mõjutamata. Kasvuhooneefekti tugevnemisest tulenev soojenemine toob kaasa aurustumise ja veeauru hulga suurenemise atmosfääris, mis omakorda võib põhjustada edasist soojenemist. See on globaalse soojenemise positiivne (end ise võimendav) tagasiside.

1.1.2 Kasvuhooneefekti tugevnemine

Muret ei tekita mitte kasvuhooneefekt ise, vaid selle tugevnemine kasvuhoonegaaside sisalduse suurenemise tõttu (Ahrens, 2009). Kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni tõusuga suureneb neelatud pikalainelise kiirguse hulk ja kaasneb atmosfääris temperatuuri tõus ning kliima soojenemine (Jürissaar, 2011). Maakera keskmine õhutemperatuur on märgatavalt tõusnud alates 19. sajandi keskpaigast (Mander & Liiber, 2014). 2015. aastal Pariisis toimunud kliimakonverentsil vastu võetud Pariisi kokkuleppe põhieesmärgiks on kliimamuutuste leevendamine ning kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine, et hoida globaalse keskmise

temperatuuri tõus alla 2°C (isegi 1,5°C) võrreldes tööstusrevolutsiooni eelse ajaga (Pariisi kokkulepe, 2016). IPCC (2022) aruanne näitab, et kasvuhoonegaaside heitkogused on viimase kümnendi jooksul olnud inimkonna ajaloo kõrgeimad ning Pariisi kokkulepet ei ole võimalik täita, kui koheselt ja kiiresti ei vähendata kasvuhoonegaaside heitkoguseid. Võrreldes tööstusrevolutsiooni eelse ajaga on süsihappegaasi kontsentratsioon tõusunud 40%, saavutades 2019. aastal keskmiselt 410 ppm-i (IPCC, 2021). Kasvuhooneefekti tugevnemist põhjustavad fossiilkütuste põletamine, maakasutus ja selle muutused (näiteks metsade raiumine ja nende asemele põldude rajamine, soode pindala vähenemine jne) ning looduslike ökosüsteemide muutused (Mander, 2022). Kasvuhoonegaaside sisalduse tõus ning globaalne soojenemine toob kaasa mitmeid tagajärgi. Näiteks sagenevad kuumalained ja põuad, paljudes piirkondades kaasneb meretaseme tõus ning üleujutused (IPCC, 2021). See näitab, et on vaja kiiresti tegutseda.

1.2 Kasvuhooneefekt põhikooli riiklikus õppekavas ja õpikutes

Eesti koolisüsteemis õpitakse kasvuhooneefektiga seotud teemasid erinevates loodusainetes: loodusõpetus, keemia, füüsika, geograafia, bioloogia. Kasvuhooneefekti teemat käsitletakse II ja III kooliastmes. Põhikooli riiklikus õppekavas (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) ei ole ühtegi õpitulemust, mis otseselt puudutaks kasvuhooneefekti. Küll aga on õppekavas välja toodud, et III kooliastme loodusõpetuses (teema „Elus- ja eluta looduse seosed“) tuleb 7. klassi lõpuks põhimõistena omandada mõiste kasvuhooneefekt. Lisaks on samas aines kasvuhooneefekti uurimine välja toodud praktiliste tööde ja IKT rakendamise all järgnevalt: „*Füüsikalise-keemiliste keskkonnatingimuste mõju uurimine lihtsamate loodusteaduslike mudelite abil, sh kasvuhooneefekti simuleerimine*“. Kasvuhooneefekti teemat käsitletakse põhikooli riikliku õppekava järgi ka keemias, kus õppesisuna tuleb õpilastel III kooliastme lõpuks omandada teema: Keskkonnaprobleemid: kasvuhoonegaasid.

Õpikutes võib kasvuhooneefekti selgitavaid peatükke leida nii geograafias, loodusõpetuses, keemias, bioloogias kui ka füüsikas. Järgnevalt on antud ülevaade kasvuhooneefekti käsitlemisest erinevate kirjastuste (Maurus, Koolibri, Studium ja Avita) kõige uuemates õpikutes, mida Eesti põhikoolides kasutatakse (lisa 1). Teema on õpikutes peamiselt esitatud mingi peatüki alapeatükina, vaid Koolibri kirjastuse 7. klassi loodusõpetuse õpikus (Pärtel *et al.*, 2017) on kasvuhooneefektile pühendatud terve peatükk. Teemat on põhjalikumalt puudutanud ka Maurus kirjastuse Loodusõpetuse tööraamat 7. klassile (Murulaid *et al.*, 2021). Valdavalt on teemat käsitletud õpikutes olemas kasvuhooneefekti selgitav joonis ning välja toodud peamised kasvuhoonegaasid (lisa 2).

Õpikutes käsitletakse kasvuhooneefekti teemat kõige varasemalt 5. klassi loodusõpetuses. Avita loodusõpetuse õpikus (Jankovski & Kuresoo, 2022) on pikalt ja põhjalikult juttu õhust ning peatükis „Õhu saastamine ja kaitse“, kirjeldatakse ühe osana ka kasvuhooneefekti. Koolibri kirjastuse loodusõpetuse õpik (Kaljula *et al.*, 2013) ja Maurus kirjastuse Loodusõpetuse tööraamat (Kask, 2022) käsitlevad õhu teemat 6. klassis. Hoolimata sellest, et nendes on väga palju õhuga seotud peatükke, ei ole kasvuhooneefektist räägitud.

7. klassi loodusõpetuses käsitleb Avita loodusõpetuse õpik (Adamberg *et al.*, 2019) teemat peatüki „Süsinik ringleb“ all üsna lühikese alapeatükina. Koolibri 7. klassi loodusõpetuse õpikus (Pärtel *et al.*, 2017) on kasvuhooneefektile pühendatud terve eraldi peatükk. Maurus kirjastuse poolt välja antud loodusõpetuse tööraamatus 7. klassile (Murulaid *et al.*, 2021) on pooleleheküljeline kokkuvõte kasvuhooneefektist ning kolmel leheküljel uurimuslikud tööd kasvuhooneefektist. Lisaks on tööraamatus QR-kood, mis viib 9. klassi füüsika veebiõpikuni (Paaver & Tempel, 2022b), mida avades on võimalik lugeda kasvuhooneefektist täpsemalt.

8. klassis käib sõltuvalt õpikust kasvuhooneefekti teema läbi nii füüsikas, keemias kui ka geograafias. Füüsikas on teemat käsitlenud vaid Avita kirjastuse õpik (Voolaid & Raudla, 2023), kus see on peatükis „Valguse neeldumine“ lisalugemise all. Koolibri (Pärtel & Loide, 2018) ja Mauruse (Tempel, 2019) 8. kl füüsika õpikutes kasvuhooneefekti teemat ei käsitleta. 8. klassi geograafias käsitleb teemat Avita loodusgeograafia õpik (Kont, 2022), kus on eraldi peatükk „Lisatund. Kliimamuutused“. Koolibri geograafia õpikus (Pihlak & Tõnisson, 2012) räägitakse peatükis „Kliima ja inimene“ inimese mõjust kliimale ning kirjeldatakse ka kasvuhooneefekti. Studium kirjastuse õpikus GEO 2 (Koppel & Liiber, 2023) on lühidalt kasvuhooneefektist juttu kahes peatükis („Miks vajame teadmisi atmosfääri kohta?“ ja „Millest oleneb aluspinna soojenemine?“). 8. klassi keemias on lühidalt teemat käsitlenud Koolibri õpik (Tõldsepp & Lukason, 2012) peatükis „Oksiidid õhus“. Avita 8. klassi keemia õpikus (Ivan, 2022) kasvuhooneefektist juttu ei ole. Bioloogias on lühike kasvuhooneefekti selgitus Koolibri 8. klassi õpikus (Särg, 2020)

9. klassis räägitakse kasvuhooneefekti teemast füüsikas, keemias ja geograafias. Koolibri füüsika õpikus (Pärtel *et al.*, 2013) on kasvuhooneefektist juttu peatükis „Kehade soojenemine ja jahtumine“ ning Avita 9. klassi füüsika õpikus (Voolaid & Raudla, 2020) on peatükis „Soojuskiirgus“ alapeatükk „Lisalugemine. Globaalne soojenemine ja kasvuhooneefekt“. Mauruse 9. klassi füüsika õpikus (Paaver & Tempel, 2022a) on teemat käsitletud peatükis „Soojus praktikas“. Keemias on antud lühike ülevaade kasvuhooneefektist Avita õpikus (Ivan & Metsik, 2018) peatükis „Keskkonnaprobleemid. Säätlik eluviis“. Mauruse 9. klassi keemia õpikus (Saar & Katt, 2018) on kasvuhooneefektist juttu peatükis „Süsinikuühendid kütusena“.

Geograafias on teemat käsitletud Koolibri õpiku (Tõnisson, 2022) peatükis „Kliimamuutuste võimalikud tagajärjed Euroopas“. Avita õpikus (Kont & Kukk, 2021) on lühike ülevaade kasvuhooneefektist peatükis „Euroopa kliimavöötmel“.

1.3 Teadmised ja väärarusaamad kasvuhooneefektist

Bloomi taksonoomias mõistame teadmisenä inimese oskust taasesitada meelde jäänud informatsiooni (Bloom *et al.*, 1956). Näiteks on teadmine see, kui õpilane oskab nimetada peamisi kasvuhoonegaase. Teadmine on õppimise tulemuseks, kuid ka järgneva õppimise ja arusaamise eelduseks (Krull, 2018). Teadmiste omandamist segavad väärarusaamad. Kõige üldisemas tähenduses on väärarusaam selline arusaam, mis erineb oluliselt teadlaskonna poolt aktsepteeritust (Garnett *et al.*, 1995). Seda, kust väärarusaamad tulevad, ei ole lihtne kindlaks teha. Näiteks võivad need tuleneda raamatutest, filmidest, meediast, õpikutest kui ka õpetajatelt ning sageli on väärarusaamad püsivad ja võivad takistada uue materjali omandamist (Krikmann *et al.*, 2005). Uuringud on näidanud, et õpetajad, kes suudavad tuvastada väärarusaamu, parandavad õpilaste õppimist (Sadler *et al.*, 2013). Õpetajate teadlikkus õpilaste väärarusaamadest ja hoiakutest on seega oluline teema hariduses.

Seda, et suur osa õpilastest ei saa kasvuhooneefektist aru ning et levivad erinevad väärarusaamad, on leitud mitmete uuringutega (Boyes & Stanisstreet, 1997; Handayani & Triyanto, 2022; Hansen, 2010; Koulaidis & Christidou, 1999; Pruneau, *et al.*, 2001; Shepardson *et al.*, 2011). Arusaamatust ja väärarusaamu kasvuhooneefektist omavad ka õpetajad ning ülikooli astuvad tulevased õpetajad (Dove, 1996; Papadimitriou, 2004; Ratinen, 2013). Näiteks Kreekas, kus õpetajateks õppivatel üliõpilastel paluti kirjeldada üksikasjalikult kasvuhooneefekti, jättis sellele küsimusele vastamata ligi 40% õpetajatudengitest (Papadimitriou, 2004).

Väärarusaamu ja segadust on ka kasvuhoonegaaside osas. Paljudest uuringutest ilmneb, et õpilased ei pea veeauru kasvuhoonegaasiks (Handayani *et al.*, 2021, Handayani & Triyanto, 2022; Jarrett & Takacs, 2020; Punter *et al.*, 2011; Shepardson *et al.*, 2011; Viru, 2023). Näiteks USA-s tehtud uuringus tõi 51-st küsitletud õpilasest veeauru kui kasvuhoonegaasi välja 1 õpilane (Shepardson *et al.*, 2011). Lisaks on leitud, et tihti ei tea õpilased ka seda, et süsinikdioksiid on kasvuhoonegaas (Boyes & Stanisstreet, 1997; Shepardson *et al.*, 2011). Sageli ei teata ka teisi kasvuhoonegaase, näiteks metaani ja lämmastikdioksiidi, kuid samal ajal peetakse ekslikult kasvuhoonegaasiks süsinikmonooksiidi ehk vingugaasi (Dove, 1996; Jarrett & Takacs, 2020). Eelnevast pisut erinevaid tulemusi on saadud Indoneesias, kus uuriti 7. klassi õpilaste arusaamu kasvuhooneefektist (Handayani & Triyanto, 2022). Uuringus osalenud

õpilastest üle poolte teavad, et süsinikdioksiid, metaan ja CFC-d on kasvuhoonegaasid, kuid ka sellest uurimistööst ilmneb, et enamik õpilasi ei pea veeauru kasvuhoonegaasiks. Uuringud näitavad, et mõned õpilased eeldavad, et kõik saasteained aitavad kaasa kasvuhooneefektile (Pruneau *et al.*, 2001) ning lisaks üldistavad, et kõik õhus leiduvad saasteained on kasvuhoonegaasid (Punter *et al.*, 2011).

Paljud uuringud näitavad, et sageli aetakse kasvuhooneefekt segamini osoonikihi kahanemisega (Boyes & Stanisstreet, 1997; Dove, 1996; Jarrett & Takacs, 2020; Koulaidis & Christidou, 1999; Papadimitriou, 2004; Pruneau *et al.*, 2001; Punter *et al.*, 2011). Tekkinud on väärarusaam, kus õpilased usuvad, et kasvuhoonegaasid põhjustavad osoonikihi hõrenemist (Chang *et al.*, 2018, Jarrett & Takacs, 2020). Samas on levinud ka vastupidine arusaam, et osoonikihi kahanemine põhjustab kasvuhooneefekti ning osooniaugu kaudu satub atmosfääri rohkem päikesekiirgust, mille tulemuseks on Maa temperatuuri tõus (Papadimitriou, 2004; Ratinen, 2013). Ühe levinud väärarusaama kohaselt seisneb kasvuhooneefekt selles, et päikesekiired, mis peegelduvad maapinnalt, jäävad osoonikihi tõttu Maa atmosfääri kinni (Koulaidis & Christidou, 1999). Selle arusaama kohaselt peegelduvad ultraviolettkiired Maa pinnalt ja jäävad kinni osoonikihis, mis toimib nagu klaas ümber Maa: see peatab ultraviolettkiirguse, hoides seda maapinna lähedal. Levinud on ka arusaam, et kasvuhoonegaasid ise on need, mis jäävad lõksu ja mille väljumine on takistatud kasvuhoonegaaside kihi poolt, mitte aga soojuskiirgus (Gautier *et al.*, 2006).

Veel arvavad mõned õpilased, et kasvuhooneefekt on põhjustatud konkreetsest kasvuhoonegaaside kihist atmosfääris (Koulaidis & Christidou, 1999; Ratinen, 2013). Tegelikuses on nii, et kasvuhoonegaasid segunevad teiste atmosfääri koostisosadega ja ei esine konkreetses kihis (Schreiner *et al.*, 2005). Selline arusaam kihist võib tuleneda kasvuhooneefekti segiajamisest osoonikihiga, nagu eespool kirjeldatud.

Lisaks ei mõista õpilased päikesekiirguse olemust. Ultraviolettkiirgust (UV-kiirgus) peetakse soojuskiirguseks ja kasvuhooneefekti ei seostata infrapunakiirgusega (Papadimitriou, 2004). Paljud õpilased näivad mõistvat, et atmosfäär hoiab kuidagi soojust sees, kuid sageli ei mõista nad, et see tuleneb sellest, et atmosfäär laseb selektiivselt sisse lühilainelist (valgus)kiirgust, kuid neelab ja kiirgab tagasi pikalainelist (soojus)kiirgust Maalt (Schreiner *et al.*, 2005). Indoneesias viidi läbi uurimus 7. klassi õpilaste hulgas ning tuli välja, et paljud õpilased ei ole aru saanud, et atmosfäär laseb valikuliselt läbi lühilaineid, kuid neelab ja taaspeegeldab pikalainelist kiirgust (Handayani & Triyanto, 2022). See ilmneb õpilaste väidetes nagu "päikesekiirgus pääseb kergesti sisse, kuid mitte nii kergesti välja".

Segadust on ka loodusliku kasvuhooneefekti ja inimtegevusest tingitud võimendatud kasvuhooneefekti vahel. Paljud õpilased ei ole teadlikud atmosfäärigaaside tekitatud looduslikust kasvuhooneefektist, mis hoiab Maal elamiskõlblikku temperatuuri, ja et globaalse soojenemise probleem on seotud kasvuhooneefekti tugevnemisega (Gautier *et al.*, 2006). Sageli kasutatakse mõisteid "kasvuhooneefekt", "kliimamuutus" ja "globaalne soojenemine" enam-vähem vaheldumisi. See on tõenäoliselt ka põhjus, miks on laialt levinud arvamus, et kasvuhooneefekt on midagi ebaloomulikku ja inimtekkelist, samas kui tegelikult on loomulik kasvuhooneefekt elu eelduseks Maal (Schreiner *et al.*, 2005). Kliimahariduse kontekstis on oluline rõhutada, et see, mille pärast me muretseme, on looduses juba olemasoleva protsessi "inimtekkeline" võimendamine.

Norras uuriti põhikooli õpilaste teadmisi kasvuhooneefektist aastatel 1993 ja 2005 ning võrreldi tulemusi (Hansen, 2010). 1993. aastal nõustus väitega, et kasvuhooneefekt on vajalik elu jaoks Maal, vaid ligi 31% uuringus osalenud Norra õpilastest. 2005. aasta test näitab olulist paranemist võrreldes 1993. aastaga. Siis nõustus 75 % õpilastest väitega: *Kasvuhooneefekt on vajalik elu jaoks Maal*. Üheks põhjuseks võib olla parem õpetamine. Näiteks hakati neid teemasid põhjalikumalt käsitlema õpikutes. Lisaks võisid meediakajastused teaduslike arutelude kohta äratada õpilaste ja õpetajate huvi kasvuhooneefekti vastu (Hansen, 2010).

2. Metoodika

2.1 Valim

Uuringus osalesid kahe Eesti põhikooli 7.–9. klassi õpilased. Kokku vastas küsitlusele 151 õpilast, kellest 67 (44%) on poisid ning 84 (54%) tüdrukud. 7. klassist vastas küsitlusele 49 õpilast (32%), 8. klassist 51 õpilast (34%) ning 9. klassist samuti 51 õpilast (34%). Andmete kogumiseks kasutati mugavusvalimit (Rämmer, 2014b). Koolist 1 osales uuringus 103 õpilast ja koolist 2 48 õpilast. Küsimustikule vastasid need õpilased, kes olid sellel päeval koolis ning nõustusid küsimustikule vastama. Õpilaste poolt antud vastuseid kasutati vaid antud magistritöö raames ning vastanutele tagati konfidentsiaalsus. Küsimustiku sisereliaabluse hindamiseks kasutati Cronbachi alfat, mille väärtuseks oli $\alpha = 0,704$. See tulemus näitab, et küsimustik on sisemiselt reliaabne (Rämmer, 2014a).

2.2 Instrument

Käesolevas uuringus on instrumendiks küsimustik (lisa 3). Küsimustik koostati tekstitöötlusprogrammiga *Microsoft Word*. Küsimustik koosnes 21-st väitest ja kahest avatud küsimusest. Väidetele antud õpilaste hinnanguid mõõdeti Likert tüüpi 4-palli skaalaga (1 - ei nõustu üldse, 2 - pigem ei nõustu, 3 - pigem nõustun, 4 - nõustun täielikult). Küsimustikus olevad väited põhinesid uurimisküsimustel, põhikooli riiklikul õppekaval (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) ja varasematel uuringutel (Arslan *et al.*, 2012; Boyes & Stanistreet, 1997; Handayani & Triyanto 2022; Punter *et al.*, 2011; Viru, 2023), kus on uuritud õpilaste teadmisi ja arusaamu kasvuhooneefektist (lisa 4). Küsimustiku käigus saadud vastused andsid ülevaate õpilaste teadmistest ja arusaamadest kasvuhooneefektist. Andmeid koguti 2024. aasta märtsis.

2.3 Andmeanalüüs

Õpilased vastasid küsimustikule paber kandjal. Vastused sisestati *Exceli* andmetabelisse ning andmeanalüüsi tehes kodeeriti andmed numbriliseks. (“ei nõustu üldse” = 1; “pigem ei nõustu” = 2; “pigem nõustun” = 3; “nõustun täielikult” = 4. Andmeid kirjeldati protsentide ja keskmiste näitajatega. Andmeid analüüsiti statistikaprogammi *MS Excel ja JASP*. Gruppide vahelise erinevuse hindamiseks kasutati Mann-Whitney U-testi.

Õpilaste joonistusi kasvuhooneefektist hinnati kvalitatiivselt. Õpilaste vastuste analüüsimisel ei hinnatud neid “õigeteks” ja “valedeks”, vaid hinnati nende sisu. Analüüsimisel kasutati induktiivset (andmetest lähtuvat) lähenemist ning vastustest moodustati kategooriad. Mõni töö võis sobida mitmesse kategooriasse (tabel 1). Näiteks võis õpilane seostada kasvuhooneefekti osoonikihiga ning lisaks joonistada ka kasvuhonegaaside kihi.

Tabel 1*Kasvuhooneefekti joonistustest moodustatud kategooriad*

<i>Kategooria</i>
Joonist ei ole
Kasvuhoone ilma selgitusteta
Kasvuhoone selgitustega
Kasvuhooneefekti on seostatud osoonikihiga
Kasvuhoonegaaside kiht
Nimeta kiht Maa kohal või ümber
Eristatud kiirusenergiat
Muu

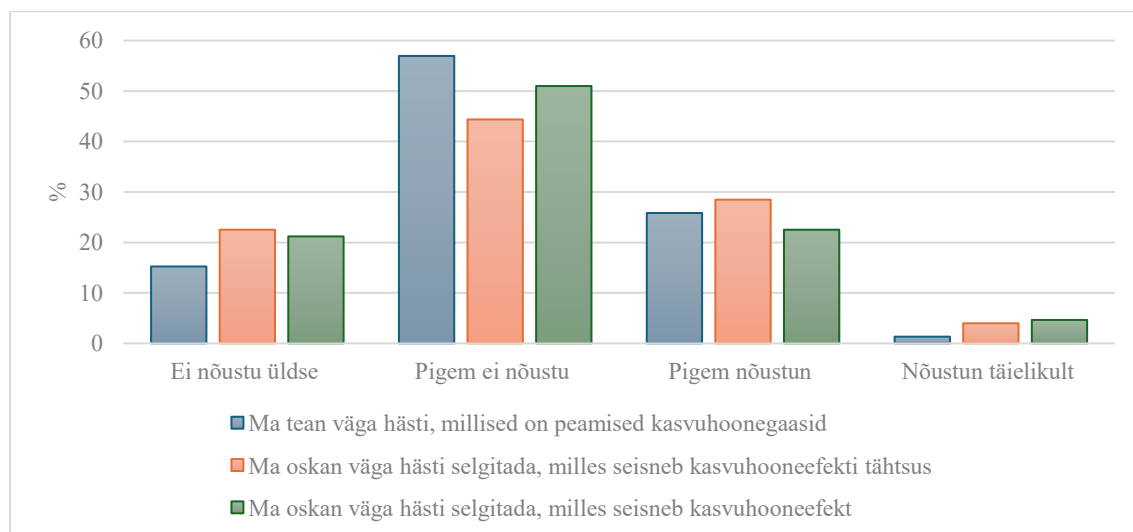
3. Tulemused

3.1 Põhikooliõpilaste hinnangud oma oskustele ja teadmistele kasvuhooneefektist

Esimese uurimisküsimusega selgitati välja, millised on põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele ja oskustele kasvuhooneefektist ja -gaasidest. Hinnanguid kontrolliti kolme väitega (tabel 2). Õpilased hindasid oma teadmisi ja oskusi kõigi kolme väite puhul pigem halvaks. Kõigi väidete puhul ei nõustunud või pigem ei nõustunud üle 65% vastanutest, et nad väites välja toodud oskust või teadmist omaks (joonis 2). Kõige halvemaks (keskmine 2,11) hindasid õpilased oma oskust selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt (väide 3). Ligi 72% vastanutest ei nõustunud või pigem ei nõustunud, et nad väites välja toodud oskust omaks. 4,6% vastanutest (7 õpilast) nõustus täielikult, et oskab väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt. Teiste väidete puhul oli täielikult nõustunute protsent väiksem. Pisut paremaks hindasid õpilased oma teadmist, millised on peamised kasvuhoonegaasid (keskmine 2,13). Sarnaselt kolmanda väitega (*“Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt”*), ei nõustunud või pigem ei nõustunud ligi 72% õpilastest, et nad väites välja toodud oskust omaks. Kuid vähem oli neid, kes ei nõustunud üldse (15,2%), et nad väites välja toodud teadmist ei omaks ning pisut suurem oli nende vastajate osakaal, kes pigem ei nõustunud. Kõige paremaks hindasid õpilased oma oskust selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus (keskmine 2,14) ja üle 30% vastanutest pigem nõustus (28,5%) või nõustus täielikult (4%), et omab väites 2 välja toodud oskust.

Joonis 2

Põhikooli õpilaste hinnangud oma oskustele ja teadmistele kasvuhooneefektist, selle tähtsusest ja kasvuhoonegaasidest



Tabel 2*Õpilaste poolt oma teadmistele antud hinnangute keskmised väärtused ja standardhälve*

	<i>M</i>	<i>SD</i>
1. Ma tean väga hästi, millised on peamised kasvuhoonegaasid	2,13	0,67
2. Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus	2,14	0,81
3. Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt	2,11	0,79

Meessoost ja naissoost vastajate hinnangud oma teadmistele olid üsna sarnased ning statistiliselt olulisi erinevusi esile ei tulnud. Õpilaste hinnangute erinevusi võrreldi ka klasside kaupa (7. ja 8. klass, 7. ja 9. klass, 8. ja 9. klass) (tabel 3). Statistiline erinevus hinnangutes oli esimese (“*Ma tean väga hästi, millised on peamised kasvuhoonegaasid*”) ja teise (“*Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus*”) väite puhul 7. ja 8. ning 7. ja 9. klassi vahel. 7. klass hindas oma teadmisi ja oskusi kehvemaks võrreldes 8. ja 9. klassiga. 8. ja 9. klassi vahel hinnangud oma teadmistele ja oskustele ei erinenud statistiliselt olulisel määral.

Tabel 3*Õpilaste poolt oma teadmistele antud hinnangute klassidevaheline erinevus*

	<i>M</i>			<i>SD</i>			<i>W; p</i>	<i>W; p</i>
	7. klass	8. klass	9. klass	7. klass	8. klass	9. klass	7. ja 8. klass	7. ja 9. klass
1. Ma tean väga hästi, millised on peamised kasvuhoonegaasid	1,94	2,22	2,24	0,75	0,65	0,59	953 0,037	963 0,025
2. Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus	1,88	2,22	2,31	0,83	0,76	0,79	939,5 0,033	892,5 0,009
3. Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt	1,96	2,22	2,14	0,74	0,84	0,78	1037,5 0,158	1119,5 0,329

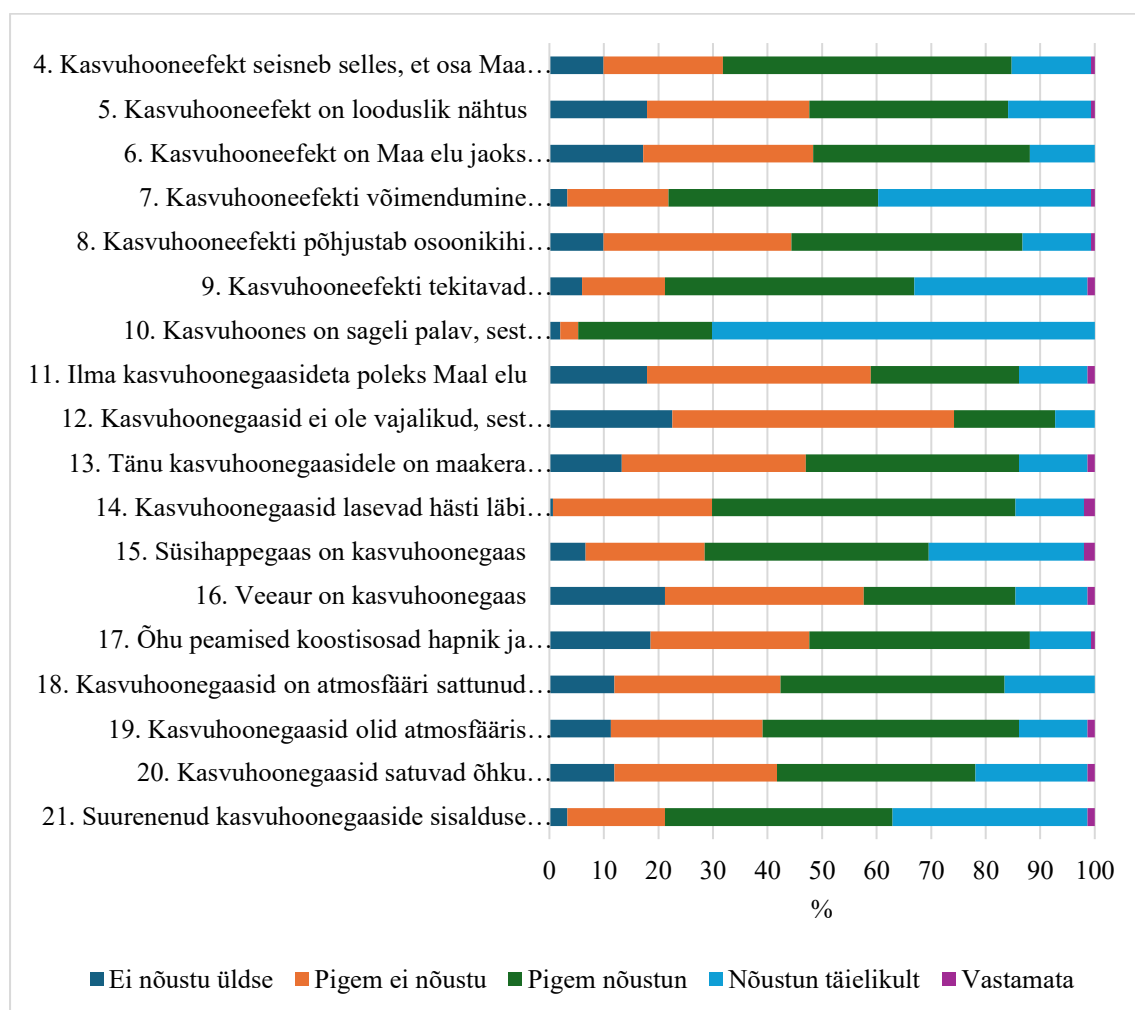
3.2 Põhikooliõpilaste arusaamad ja teadmised kasvuhooneefektist

3.2.1 Kõigi vastanute arusaamad ja teadmised kasvuhooneefektist

Teise uurimisküsimusega selgitati välja, millised on põhikooliõpilaste arusaamad ja teadmised kasvuhooneefektist ja selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest ja tagajärgedest, mis kaasnevad kasvuhoonegaaside sisalduse tõusuga. Seda tehti väidete 4–21 abil (joonis 3). Lisaks kontrolliti teadmisi ka kahe avatud küsimusega: ülesanne 2: “*Nimeta nii palju kasvuhoonegaase, kui sa tead*” ja ülesanne 3: “*Joonista kasvuhooneefekti selgitav skeem ning lisa skeemile võimalikult palju seostuvaid mõisteid ja selgitusi*”.

Joonis 3

Õpilaste poolt kasvuhooneefektiga seotud arusaamasid peegeldavatele väidetele antud hinnangute sagedusjaotused



Seda, kas õpilased mõistavad kasvuhooneefekti olemust, uuriti avatud küsimusega, kus õpilased pidid joonistama kasvuhooneefekti selgitava skeemi. Lisaks kontrollisid seda ka väited 4, 8 ja 9. 31,8% õpilasi jättis skeemi joonistamise tegemata (joonis 4). Ligi neljandik (24,5%) õpilasi püüdis kasvuhooneefekti seletada kasvuhoone abil. Oli jooniseid, kuhu oli joonistatud ainult kasvuhoone ja enamasti ka päike, kuid seletusi juurde ei olnud lisatud (13,9%) (lisa 5). Joonistatud oli ka skeeme, kus lisaks kasvuhoonele oli pisut selgitusi juurde kirjutatud (lisa 6). Näiteks oli viies töös välja toodud see, et päikesekiirgus või soojus pääseb lihtsalt kasvuhoonesse, kuid välja enam nii lihtsalt ei saa.

22 õpilast (14,6%) seostasid skeemi joonistades kasvuhooneefekti osoonikihiga. Nendest seitse õpilast pidasid kasvuhoonegaase põhjuseks, miks osoonikiht hõreneb (lisa 7). Mõned näited õpilaste vastustest: “Osoonikiht läheb katki, sest kasvuhoonegaasid kulutavad seda” ja “Kui kasvuhoonegaasid Maa atmosfääri satuvad, hõreneb osoonikiht. Viis õpilast (3,3%) arvasid,

et kasvuhooneefekti põhjustab osoonikiht, mis ei lase maalt lahkuvat soojust läbi (lisa 8). Näiteks on õpilane kirjutanud: joonisele järkeva selgituse *“päikesekiired, mis tungivad läbi osoonikihi; soojus ei lähe enam osoonikihist tagasi välja”*. Kaks õpilast arvasid, et kasvuhooneefekti põhjustab osoonikihi hõrenemine. Näiteks on joonisele kirjutatud: *“seal, kus osoonikiht hõredam on tuleb rohkem päikesekiirgust jaa maa soojeneb”*. Väidetele vastates, oli neid õpilasi aga veel rohkem, kes pigem või täielikult nõustusid et kasvuhooneefekti põhjustab osoonikihi hõrenemine (väide 8) - üle poole (55%) vastanutest. Sellega ei nõustu üldse vaid 9,9% õpilastest. Oli ka õpilasi (4 õpilast), kes arvasid, et osoonikiht takistab kasvuhoonegaaside lahkumist, mitte soojuse lahkumist (lisa 9). Näiteks kirjutas üks õpilane: *“Kasvuhoonegaasid satuvad maa osoonikihti, kuid ei lähe sealt ära, vaid tulevad maapinnalähedale tagasi”*.

Väitega 7, et kasvuhooneefekti tekitavad kasvuhoonegaasid nõustus (pigem või täielikult) 77,5% vastanutest. Samal ajal joonistas kasvuhooneefekti selgitavale skeemile kasvuhoonegaaside kihi vaid 13,9% uuringus osalenud õpilastest (lisa 10). Nendest suurem osa oli seostanud kasvuhoonegaase soojuse lahkumisega maapinnalt. Üks õpilane oli kirjutanud järgnevalt: *“Päikesekiired tulevad maapinnale ega ei saa sealt enam atmosfääri tagasi minna, sest kasvuhoonegaaside kiht blokeerib päikese soojust ja see soojus jääb maapinnale”*.

Tulemustest ilmneb, et õpilased ei erista Päikeselt tulevat lühilainelist kiirgust maapinnas neeldunud ja taaspeegeldunud pikalainelisest kiirgusest. Näiteks oli üks õpilane kirjutanud järgnevalt: *“soojus pääseb läbi kasvuhoonegaaside maani; soojus ei pääse enam välja ja põrkub jälle maani nii, et maad jääb ümbritsema soojus”* Kõigis uuringus osalenud 151-st õpilastest eristas pikalainelist kiirgust lühilainelisest kiirgusest vaid kaks õpilast (mõlemad tüdrukud 9. klassist) ning nendest üks oli need ka segamini ajanud. Ta kirjutas, et päikeselt tuleb maale pikalaineline kiirgus ja maalt lahkuvad lühilaineline kiirgus.

Neid õpilasi, kes joonistas maa ümber või kohale ebamäärase nimeta kihi, oli 10,6% (lisa 11). Nende hulgas oli õpilasi, kes seostasid seda kihti soojuse lahkumisega. Näiteks kirjutas üks õpilane: *“Päikesekiired soojendavad maad ja ei lahku, sest selline kiht on, mis ei lase läbi.”* Töid, mis ei mahtunud ühtegi eelnevasse kategooriasse, oli 8,6%. Nendes õpilaste skeemides oli joonistatud näiteks tehased või majad suitsevate korstnatega; autod, mis eritavad heitgaase; päikest ja maapinda jne.

Kasvuhooneefekti tähtsuse mõistmist kontrollisid väited 5, 6, 11, 12, ja 13. Ligi pooled vastanutest pigem nõustusid või nõustusid täielikult, et kasvuhooneefekt on looduslik nähtus (väide 5), et kasvuhooneefekt on Maa elu jaoks hädavajalik, sest tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri maakeral (väide 6) ning et tänu kasvuhoonegaasidele on maakera

keskmine temperatuur elutegevuseks sobiv ja maakeral eksisteerib elu (väide 13). Vähem nõustuti väitega 11 *“Ilma kasvuhoonegaasideta poleks Maal elu”*. Selle väitega ei nõustunud üldse (13,2%) või pigem ei nõustunud (41,1%) 58,9% vastanutest. Suur mittenõustumise osakaal oli ka väitel 12 *“Kasvuhoonegaasid ei ole vajalikud, sest põhjustavad maakera kliima soojenemist”*, millega ei nõustunud üldse või pigem ei nõustunud 74,2% õpilastest. Väitega 14 *“Kasvuhoonegaasid aitavad maakera jahutada, et maapind üle ei kuumeneks”*, ei nõustunud üle 80% vastanutest.

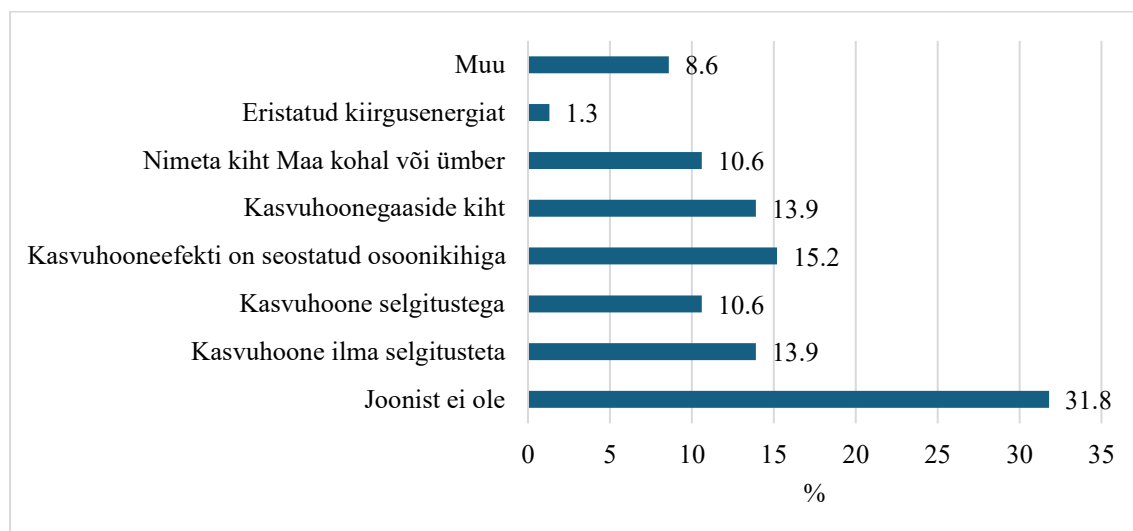
Teadmisi kasvuhoonegaasidest hindasid väited 15–20. Lisaks väidetele uuriti kasvuhoonegaaside tundmist ka ülesandega kaks, kus õpilased pidid nimetama nii palju kasvuhoonegaase, kui nad teavad. Joonisel 5 on toodud välja populaarsemad vastused, mida õpilased kasvuhoonegaasidena nimetasid. Sellega, et süsihappegaas on kasvuhoonegaas (väide 15), nõustusid pigem või täielikult ligi 70% vastanutest. Avatud küsimusele vastates tõi süsihappegaasi kui kasvuhoonegaasi välja 71,1% uuringus osalenud õpilasi. Sellega, et veeaur on kasvuhoonegaas, nõustus täielikult (13,2%) ja pigem nõustus (27,8%) ligi 40% vastanuid. Samal ajal aga ülesandes 2, kus tuli nimetada kasvuhoonegaase, tõi veeauru välja vaid 19,9% õpilastest. Üle poole vastanutest pigem nõustusid (40,4%) või täielikult nõustusid (11,3%) sellega, et õhu peamised koostisosad hapnik ja lämmastik on kasvuhoonegaasid (väide 17). Avatud vastusega küsimusele, mis kontrollis kasvuhoonegaaside tundmist, nimetas hapnikku ja lämmastikku kasvuhoonegaasiks aga oluliselt vähem õpilasi, vastavalt 22,5% ja 28,4%.

Kasvuhoonegaasidena toodi ülesandes 2 välja veel metaani, mida nimetas 17 õpilast (11,2%), ning naerugaasi ja osooni, mida teadis vastavalt 1,9% ja 3,3% vastanutest. Lisaks eelnevalt välja toodud vastustele, oli üksikute õpilaste (1–2% vastanutest) poolt välja toodud veel järgnevaid vastuseid: vingugaas, maagaas, heelium, vesinik, süsinik, fosfor, väävlioksiidid, õhk, puukütte suits, loomade gaasid, autode gaasid, tööstustehaste gaasid ning fossiilsete kütuste põletamisel tekkivad gaasid. Väidetega 18 (*“Kasvuhoonegaasid on atmosfääri sattunud üksnes inimtegevuse tõttu”*), 19 (*“Kasvuhoonegaasid olid atmosfääris olemas ka enne tööstusrevolutsiooni”*) ja 20 (*“Kasvuhoonegaasid satuvad õhku fossiilsete kütuseid põletades”*) pigem nõustus või nõustus täielikult üle poole vastanutest.

Kasvuhoonegaaside sisalduse tõusuga kaasnevate tagajärgede mõistmist hindasid väited 7 ja 21. Suurem osa vastanutest (77,5%) pigem nõustusid või nõustusid täielikult väidetetega 7. *“Kasvuhooneefekti võimendumine kasvuhoonegaaside sisalduse tõusu tõttu on murettekitav, sest see toob kaasa globaalse soojenemise”* ja 21. *“Suurenenud kasvuhoonegaaside sisalduse tõttu ei pääse maapinnalt lahkunud soojuskiirgus enam atmosfäärist välja ja tagajärjeks on Maa keskmise temperatuuri tõus ehk globaalne soojenemine”*.

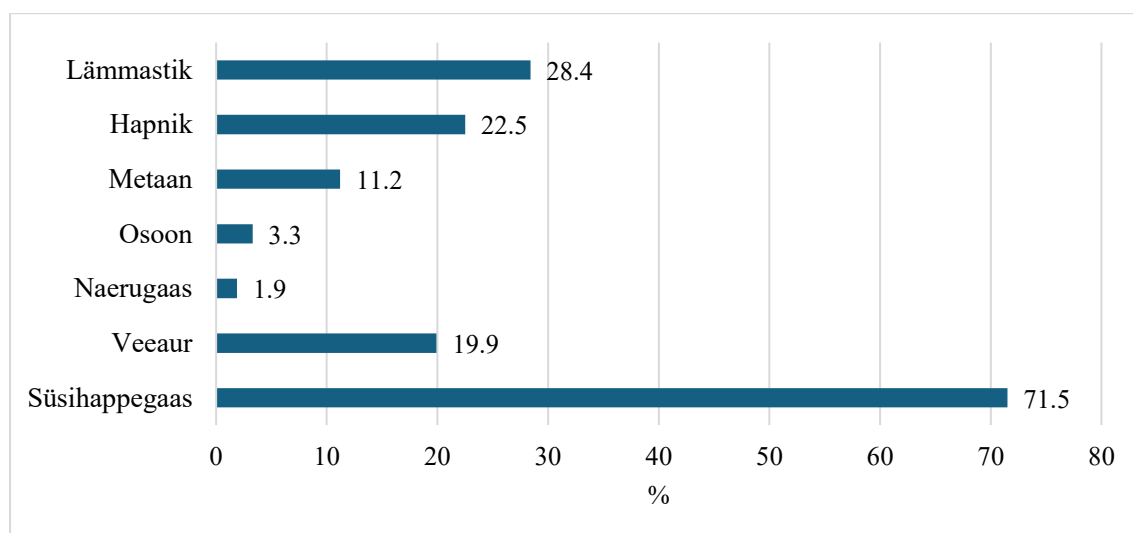
Joonis 4

Kasvuhooneefkti kujutamine joonistel. Protsent (%) kõigis uuringus osalenud õpilastest



Joonis 5

Õpilaste poolt enim nimetatud kasvuhoonegaasid



3.2.2 Erinevused õpilaste teadmistes ja arusaamades kasvuhooneefektist tüdrukute ja poiste vahel

Teadmised kasvuhooneefektist ei erinenud tüdrukute ja poiste vahel märkimisväärselt. Statistiliselt oluline erinevus tuli esile vaid kolme (väited 4, 11, 16) väite puhul (tabel 4). Tütarlapsed olid teadlikumad, et ilma kasvuhooneefektita poleks Maal elu ning et veeaur on kasvuhoonegaas. Noormehed olid aga enam teadlikud, et kasvuhooneefekt seisneb selles, et osa Maa soojuskiirgusest peegeldub kasvuhoonegaasidelt tagasi Maale. Ka ülesandes 2 (“Nimeta nii palju kasvuhoonegaase, kui tead”) nimetasid tüdrukud võrreldes poistega märgatavalt enam kasvuhoonegaasina veeauru (joonis 6). Uuringus osalenud tüdrukutest

pidasid veeauru kasvuhoonegaasiks 27,4%, samal ajal poistest vaid 10,4% (lisa 12). Võrreldes poistega, on tüdrukute hulgas aga enam levinud arusaam, et hapnik ja lämmastik on kasvuhoonegaasid. Näiteks lämmastikku on kasvuhoonegaasina nimetanud 31 tüdrukut (36,9%), poistest on seda välja toonud oluliselt vähem vastanuid (12 poissi, 17,9%).

Õpilaste joonistatud skeeme võrreldes ilmnevad tüdrukute ja poiste teadmistes mõningased erinevused (joonis 7). Näiteks on skeemi jätnud joonistamata pigem tüdrukud. Kasvuhooneefekti selgitava joonise on jätnud tegemata 35,7% kõigist uuringus osalenud tüdrukutest ning poistest on selle jätnud tegemata 26,9%. Ligi 20% uuringus osalenud poistest on joonistanud kasvuhoone ilma ühegi selgituseta, tüdrukutest on seda teinud vaid 7,1%. Samal ajal on aga tüdrukud pisut enam joonistanud kasvuhoonet koos selgitustega.

Tüdrukud on enam seostanud kasvuhooneefekti osoonikihiga ning eristanud pikalainelist ja lühilainelist kiirgust. Kiirgusenergiat ei eristanud mitte ükski poiss ning tüdrukutest tegi seda kaks õpilast. Poisid on aga enam joonistanud Maa kohale või ümber kasvuhoonegaaside kihti ning ka ebamäärast nimeta kihti (lisa 13).

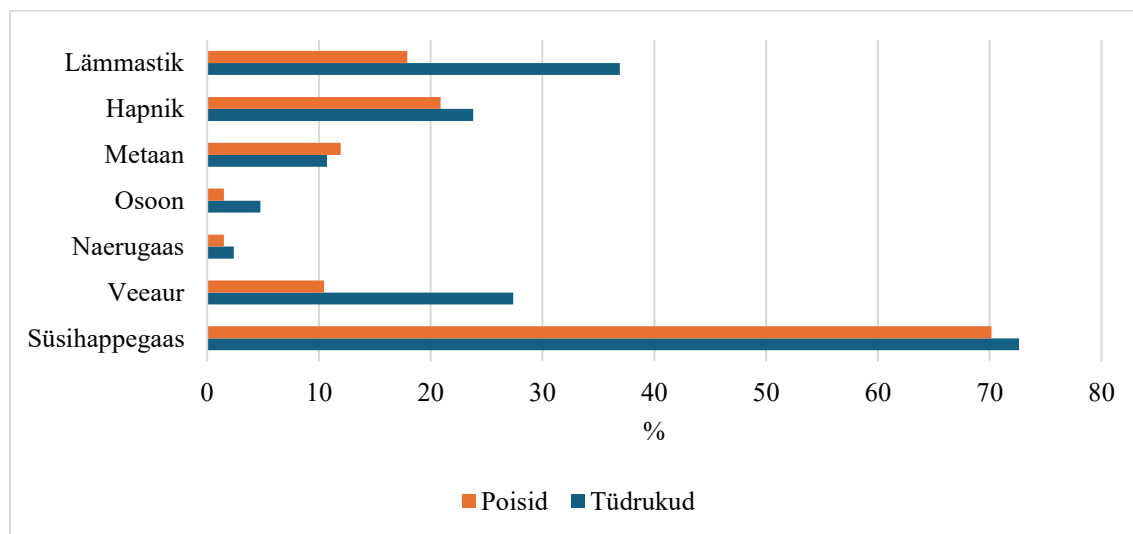
Tabel 4

Kasvuhooneefektiga seotud teadmiste soolised erinevused

	<i>Naised</i>		<i>Mehed</i>		<i>W; p väärtus</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
4. Kasvuhooneefekt seisneb selles, et osa Maa soojuskiirgusest peegeldub kasvuhoonegaasidelt tagasi Maale	2,590	0,842	2,896	0,800	2214,0 0,019
11, Ilma kasvuhoonegaasideta poleks Maal elu	2,518	0,846	2,136	0,975	3375,0 0,010
16, Veeaur on kasvuhoonegaas	2,518	0,888	2,106	1,010	3397,0 0,009

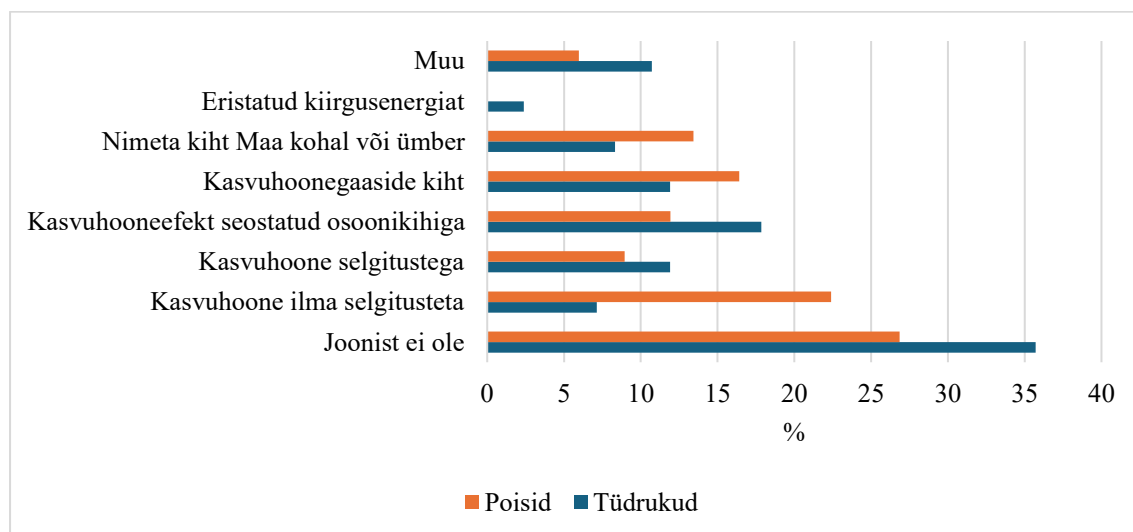
Joonis 6

Õpilaste poolt nimetatud kasvuhoonegaasid tüdrukute ja poiste võrdluses. Protsent (%) kõigist uuringus osalenud tüdrukutest ja poistest



Joonis 7

Kasvuhooneefkti kujutamise viisid tüdrukute ja poiste võrdluses. Protsent (%) kõigist uuringus osalenud tüdrukutest ja poistest



3.2.3 Erinevused õpilaste teadmistes ja arusaamades kasvuhooneefektist klasside vahel

Kui võrrelda teadmiste erinevusi klassiti, siis selgub tulemustest, et üsna selged statistiliselt olulised erinevused teadmistes on 7. ja 8. klassi ning 7. ja 9. klassi vahel. Tabelis 5 on toodud väited, mille puhul on statistiliselt oluline erinevus 7. ja 8. klassi vahel. Nelja väite puhul olid paremad teadmised kasvuhooneefektist 7. klassil ning nelja väite puhul 8. klassil.

Tabel 5*Kasvuhooneefektiga seotud teadmiste erinevused 7. ja 8. klassi vahel*

	<i>M</i>		<i>SD</i>		<i>W; p</i> <i>väärtus</i>
	<i>7.</i> <i>klass</i>	<i>8.</i> <i>klass</i>	<i>7.</i> <i>klass</i>	<i>8.</i> <i>klass</i>	
5. Kasvuhooneefekt on looduslik nähtus	2,735	2,360	0,908	0,942	1507,0 0,038
6. Kasvuhooneefekt on Maa elu jaoks hädavajalik, sest tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri maakeral	2,796	2,196	0,816	0,960	1699,0 0,001
7. Kasvuhooneefekti võimendumine kasvuhoonegaaside sisalduse tõusu tõttu on murettekitav, sest see toob kaasa globaalse soojenemise	2,612	3,500	0,837	0,678	526,5 < ,001
9. Kasvuhooneefekti tekitavad kasvuhoonegaasid	2,917	3,235	0,871	0,839	957,5 0,046
12. Kasvuhoonegaasid ei ole vajalikud, sest põhjustavad maakera kliima soojenemist	1,878	2,294	0,666	1,006	972,5 0,039
15. Süsihappegaas on kasvuhoonegaas	2,653	3,104	0,805	0,951	816,5 0,006
16. Veeaur on kasvuhoonegaas	2,490	2,082	0,960	1,038	1490,5 0,032
20. Kasvuhoonegaasid satuvad õhku fossiilseid kütuseid põletades	2,208	3,020	0,898	0,860	637,5 < ,001

7. klass mõistab paremini kasvuhooneefekti tähtsust (väited 6 ja 12) ja seda, et see on looduslik nähtus (väide 5). Lisaks on 7. klassi õpilased väidete põhjal teadlikumad, et veeaur on kasvuhoonegaas (väide 16). Ülesandes 2, kus õpilased pidid nimetama kasvuhoonegaase, see esile aga ei tule. 7. klassi õpilastest on veeauru välja toonud protsentuaalselt pisut vähem õpilasi kui 8. klassist, vastavalt 22,4% ja 23,5%.

8. klassi õpilased mõistsid paremini tagajärgi, mis kaasnevad kasvuhoonegaaside sisalduse tõusuga (väide 7). Lisaks oldi teadlikumad, et kasvuhoonegaasid satuvad õhku fossiilseid kütuseid põletades (väide 20) ja selles, et süsihappegaas on kasvuhoonegaas (väide 15). See tuli selgelt esile ka ülesande 2 vastustest, kus 7. klassi õpilastest oli süsihappegaasi nimetanud 57,1% ning 8. klassi õpilastest ligi 20% rohkem (78,4%) (joonis 8).

7. ja 8. klassi teadmistes ei ole statistilist erinevust väite 17 puhul (*Õhu peamised koostisosad hapnik ja lämmastik on kasvuhoonegaasid*). Kuid võrreldes ülesandes 2 (*“Nimeta nii palju kasvuhoonegaase, kui tead”*) antud vastuseid, tuleb esile, et 7. klassi õpilased on palju enam kirjutanud vastuseks hapnik ja lämmastik. 7. klassi õpilastest on hapnikku ja lämmastikku kasvuhoonegaasiks pidanud vastavalt 20,9% ja 17,9% vastanutest, samal ajal 8. klassis on need numbrid oluliselt väiksemad, olles 7,8% ja 11,8% (joonis 8). Lisaks ilmneb ülesande 2

vastustest, et 8. klassi õpilased on teadlikumad, et metaan on kasvuhoonegaas. Seda on nimetanud 10 (19,6%) 8. klassi õpilast, 7. klassist on metaani, kui kasvuhoonegaasi välja toonud vaid 1 õpilane (2%).

8. klassi õpilased mõistsid paremini seda, et kasvuhooneefekti tekitavad kasvuhoonegaasid (väide 9) ning ka joonistele on nad võrreldes 7. klassiga enam kasvuhoonegaaside kihti joonistanud – vastavalt 15,7% ning 6,1% õpilastest (joonis 9). Ka osoonikihiga on vanema klassi õpilased kasvuhooneefekti enam seostanud. Joonise on jätnud tegemata iga kolmas 7. klassi õpilane ning võrreldes 8. klassiga on seda rohkem. Lisaks on noorema klassi õpilased oluliselt enam joonistanud kasvuhooneefekti selgitavale skeemile kasvuhoonet. Seda (kasvuhoone nii selgitustega kui ka ilma) on joonistanud ligi 40% 7. klassi õpilastest ning 10% 8. klassi õpilastest (lisa 13).

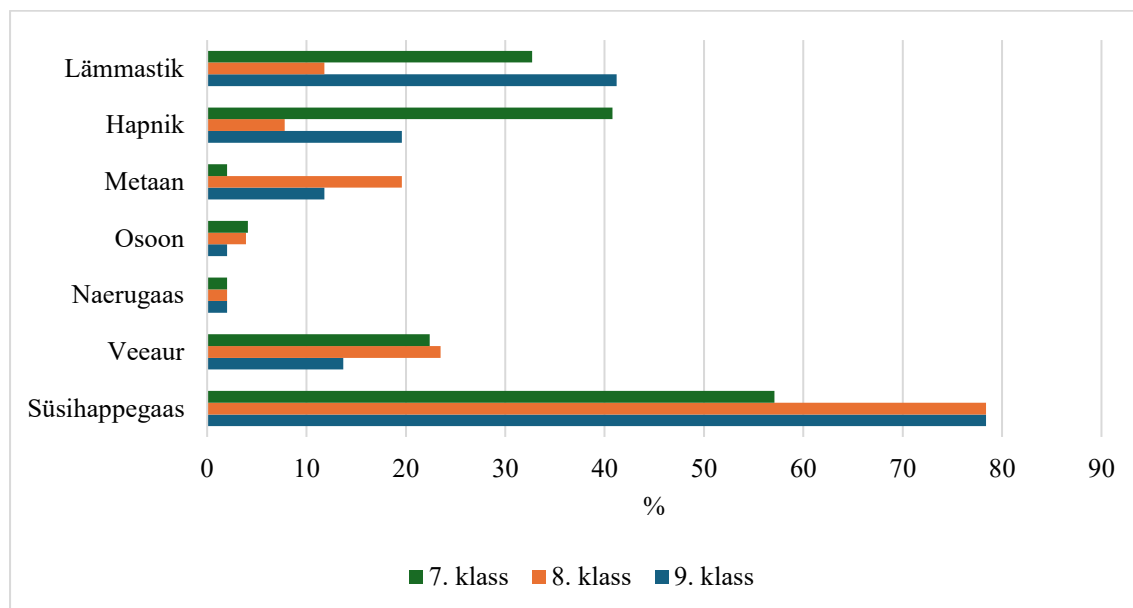
7. ja 9. klassi õpilaste teadmistes on statistiliselt olulised erinevused kaheksa väite puhul (tabel 6). Õpilaste vastustest nähtub, et 9. klassi õpilased on kasvuhooneefektist enam teadlikumad, kui 7. klassi õpilased, sest kuue väite (väited 7, 15, 19–21) puhul olid 9. klassi õpilaste teadmised paremad. Samal ajal aga mõistsid 7. klassi õpilased rohkem kasvuhooneefekti tähtsust (väide 6). Lisaks oli 7. klassi vastanute nõustumise osakaal suurem väite 10 puhul (*Kasvuhoones on sageli palav, sest päikesekiirgus pääseb kasvuhoonesse kergesti, kuid tekkinud soojus nii lihtsalt välja ei pääse*).

Seda, et 9. klassi õpilased teavad paremini, et süsihappegaas on kasvuhoonegaas, tuleb esile lisaks väite 15 vastuseid analüüsid, ka ülesande 2 vastuseid võrreldes (joonis 8). 7. klassi õpilastest oli süsihappegaasi nimetanud 57,1% ning 9. klassi õpilastest ligi 20% rohkem (78,4%). 9. klassi õpilased on teadlikumad, et metaan on kasvuhoonegaas, seda on nimetanud 11,8% õpilastest, 7. klassi õpilastest 2%. Võrreldes 7. klassiga on oluliselt vähem 9. klassi õppureid pidanud kasvuhoonegaasiks hapnikku. Samal ajal aga lämmastikku on kasvuhoonegaasiks pidanud vähem just 7. klassi õpilased. Nooremad õpilased on nimetanud kasvuhoonegaasina enam veeauru, seda on välja toonud 22,4% 7. klassi õpilastest ning 9. klassi õpilastest 13,7%.

Nii 7. kui ka 9. klassist on iga kolmas õpilane jätnud kasvuhooneefekti selgitava joonise tegemata. Kasvuhoonegaaside kihi on joonisele teinud ligi 20% 9. klassi õpilastest, 7. klassist on seda teinud oluliselt vähem (6%) uuringus osalenuid. 9. klassist on kaks õpilast (3,9%) eristanud pikalinelist kiirgust lühilainelisest, 7. klassist ei ole seda keegi teinud. Samas on aga 9. klassis rohkem ka neid, kes on seostanud kasvuhooneefekti osoonikihiga. 7. klassi õpilased on enam selgitanud kasvuhooneefekti kasvuhoone abil ning joonistanud Maa kohale või ümber nimeta kihti (joonis 9).

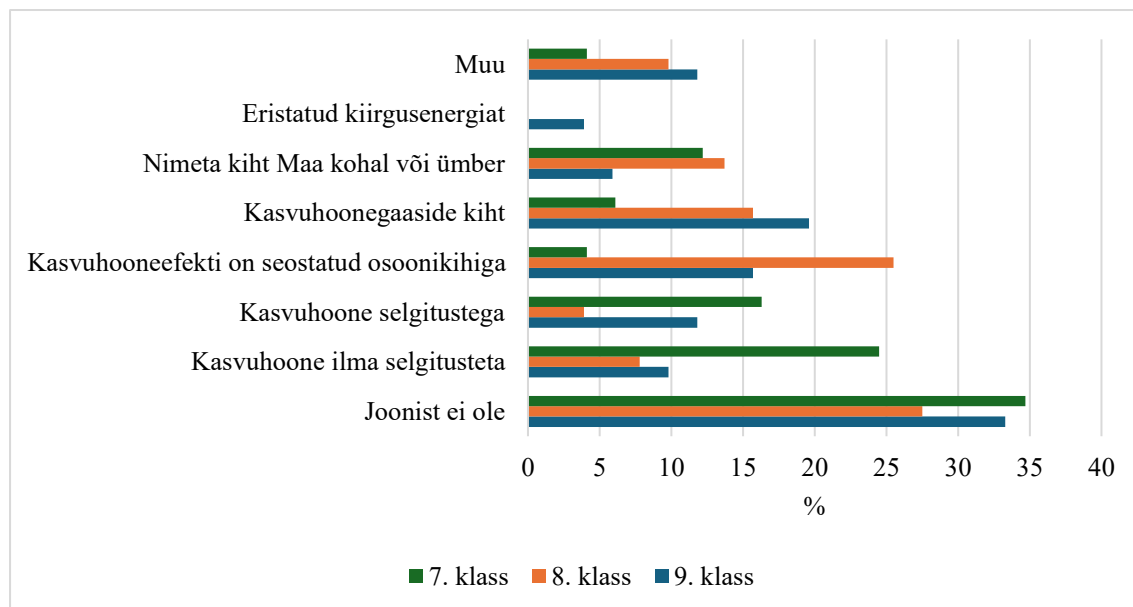
Joonis 8

Õpilaste poolt nimetatud kasvuhoonegaasid 7., 8. ja 9. klassi võrdluses. Protsent (%) kõigist uuringus osalenud 7., 8. ja 9. klassi õpilastest



Joonis 9

Kasvuhooneefekti kujutamine joonistel 7., 8. ja 9. klasside võrdluses. Protsent (%) kõigist uuringus osalenud 7., 8. ja 9. klassi õpilastest



Võrreldes omavahel 8. ja 9. klassi teadmisi, on statistiliselt oluline erinevus vaid 16. väites: *Veeaur on kasvuhoonegaas*. Selle väitega on enam nõustunud 9. klassi õpilased. Samal ajal aga kui võrrelda vastuseid, kus õpilased pidid nimetama kasvuhoonegaase, siis 9. klassi õpilased on vähem välja toonud kasvuhoonegaasina veeauru. 9. klassis on seda teadnud 7 õpilast (13,7%) ja 8. klassist 12 õpilast (23,5%). 8. klassi õpilased on näidanud paremaid teadmisi ka

selles osas, et hapnik ja lämmastik ei ole kasvuhoonegaasid. Näiteks lämmastikku on kasvuhoonegaasiks pidanud kuus (11,8%) 8. klassi õpilast, kuid 9. klassist on neid ligi 3 korda rohkem: 21 õpilast (41,2%).

Võrreldes 8. ja 9. klassi õpilaste jooniseid ilmneb see, et 9. klass on enam jätnud joonise tegemata või joonistanud kasvuhoone, kuid samas on nad enam joonisele märkinud kasvuhoonegaaside kihi ning eristanud ka kiirgusenergiat. 8. klass on aga enam seostanud kasvuhooneefekti osoonikihiga ning joonistanud Maa kohale või ümber nimeta kihti (joonis 9).

Tabel 6

Kasvuhooneefektiga seotud teadmiste erinevused 7. ja 9. klassi vahel

	<i>M</i>		<i>SD</i>		<i>W; p</i> <i>väärtus</i>
	<i>7.</i> <i>klass</i>	<i>9.</i> <i>klass</i>	<i>7.</i> <i>klass</i>	<i>9.</i> <i>klass</i>	
6. Kasvuhooneefekt on Maa elu jaoks hädavajalik, sest tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri maakeral	2,796	2,412	0,816	0,876	1564,5 0,020
7. Kasvuhooneefekti võimendumine kasvuhoonegaaside sisalduse tõusu tõttu on murettekitav, sest see toob kaasa globaalse soojenemise	2,612	3,294	0,837	0,729	708,5 < ,001
10. Kasvuhoones on sageli palav, sest päikesekiirgus pääseb kasvuhoonesse kergesti, kuid tekkinud soojus nii lihtsalt välja ei pääse	3,776	3,510	0,587	0,703	1530,5 0,014
15. Süsihappegaas on kasvuhoonegaas	2,653	3,039	0,805	0,848	935,5 0,021
19. Kasvuhoonegaasid olid atmosfääris olemas ka enne tööstusrevolutsiooni	2,408	2,796	0,911	0,645	908,0 0,024
20. Kasvuhoonegaasid satuvad õhku fossiilseid kütuseid põletades	2,208	2,740	0,898	0,899	804,5 0,003
21. Suurenenud kasvuhoonegaaside sisalduse tõttu ei pääse maapinnalt lahkunud soojuskiirgus enam atmosfäärist välja ja tagajärjeks on Maa keskmise temperatuuri tõus ehk globaalne soojenemine	2,833	3,333	0,859	0,712	833, 0,003

4. Arutelu

Esimese ja teise uurimisküsimuse eesmärgiks oli välja selgitada, millised on õpilaste hinnangud ja tegelikud teadmised ning arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ja kasvuhoonegaasidest. Õpilased hindasid oma teadmisi kasvuhooneefektist pigem halvaks. Kõige halvemaks hindasid õpilased oma oskust selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt. Ka tegelikke teadmisi kontrollides ilmnes, et õpilased ei oska seda nähtust selgitada. Näiteks jättis iga kolmas õpilane kasvuhooneefekti selgitava skeemi joonistamata ning iga neljas õpilane joonistas kasvuhoone. Lisaks ei eristanud üle 95% uuringus osalenud õpilastest Päikeselt tulevat lühilainelist kiirgust maapinnas neeldunud ja maapinna poolt kiirratavast pikalainelisest kiirgusest. Põhjuseks, miks õpilased ei oska seda nähtust selgitada võib olla ka see, et sageli käsitletakse seda teemat õpikutes väga lühidalt ning ka õpetajatel võivad puududa sügavad teadmised sellest teemast või nad ei pea kasvuhooneefekti nähtust piisavalt oluliseks õpetamise seisukohalt. Seda, et õpetajad ei mõista kasvuhooneefekti ja omavad väärarusaamu, on leitud mitmetes uuringutes (Dove, 1996; Papadimitriou, 2004; Ratinen, 2013). Kasvuhooneefekti edukama õpetamise üheks eelduseks on paremad õpikud ja paremate teadmistega õpetajad (Hansen, 2010). Seetõttu on oluline ka õpetajate koolitamisel tähelepanu pöörata sellele, et nad oskaksid seda nähtust selgitada. Selle nähtuse mõistmine võib olla keeruline ka seetõttu, et tegemist on keerulisi protsesse sisaldava teadusliku nähtusega, mis ei ole otseselt jälgitav (Schreiner *et al.*, 2005).

Suur hulk vastanuid joonistas skeemile kasvuhoone. On leitud, et see analoogia kujutab kasvuhooneefekti teaduslikult ebamääraselt, sest kasvuhooned takistavad peamiselt konvektsiooni, samas kui atmosfääri kasvuhooneefekt vähendab kiirguskadu, mitte konvektsiooni (Ratinen, 2013). Põhjuseks, miks õpilased seda kasvuhoone abil selgitada püüavad, võib olla see, et ka õpikutes ning meedias on seda analoogiat kasutatud. Näiteks digitaalset õppevara sisaldavas pilvepõhises Opiq keskkonnas on õppevideos selgitatud kasvuhooneefekti kasvuhoone abil (Opiq, 2024, mai).

Õpilaste vastustest ilmnes ka mitmeid väärarusaamu. Näiteks oli neid, kes arvasid, et kasvuhoonegaasid põhjustavad osoonikihi hõrenemist. Arvati ka seda, et osoonikihi hõrenemine põhjustab kasvuhooneefekti. Lisaks arvasid mitmed õpilased, et osoonikiht takistab kasvuhoonegaaside lahkumist, mitte soojuse lahkumist. Kasvuhooneefekti seostasid osoonikihiga 14,6% õpilastest. Eelpool nimetatud väärarusaamu ning kasvuhooneefekti seostamist osoonikihi ja selle kahanemisega on leitud ka mitmetes varasemates uuringutes (Boyes & Stanisstreet, 1997; Jarrett & Takacs, 2020; Koulaidis & Christidou, 1999; Papadimitriou, 2004). Nende kahe nähtuse sagedane seostamine on seotud arusaamatuste või

teadusliku teadmise puudumisega neist nähtustest (Papadimitriou, 2004). Tegelike põhjuste väljaselgitamiseks tuleks läbi viia küsitlus või intervjuu.

Teadmisi kasvuhoonegaasidest hindasid õpilased samuti pigem halvaks. Seda näitasid ka tegelikud teadmised. Üsna hästi teadsid õpilased seda, et süsihappegaas on kasvuhoonegaas - 71,5% uuringus osalenutest pidas seda kasvuhoonegaasiks. Seda, et õpilased peavad süsihappegaasi kasvuhoonegaasiks on leitud ka varasemates uuringutes (Handayani & Triyanto, 2022; Jarrett & Takacs, 2020; Punter *et al.*, 2011). Samas on ka uuringuid, kus ilmneb, et õpilased ei tea, et süsinikdioksiid on kasvuhoonegaas (Boyes & Stanisstreet, 1997; Shepardson *et al.*, 2011). Selle põhjuseks, et antud uuringus tuvastasid õpilased üsna hästi süsinikdioksiidi, kui kasvuhoonegaasi, võib olla see, et tegemist on ühe tähtsama kasvuhoonegaasiga. Sageli räägitakse ka meedias just nimelt süsihappegaasist, kui globaalse soojenemise peamisest põhjustajast. Lisaks on see välja toodud ka peaaegu kõigis põhikooli õpikutes, mis käsitlevad kasvuhooneefekti teemat (lisa 2). Seda, et veeaur on kasvuhoonegaas teadis oluliselt vähem uuringus osalenutest. Veeauru tõi kasvuhoonegaasina välja iga viies (19,9%) uuringus osalenud põhikooli õpilane ning väitega, et veeaur on kasvuhoonegaas pigem või üldse ei nõustunud 57,6% vastanutest. Ka eelmine aasta Eesti gümnaasistide hulgas tehtud uuringus ilmnisid sarnased tulemused: 54% gümnaasiumi õpilasi ei nõustunud sellega, et veeaur on kasvuhoonegaas (Viru, 2023). Seda, et veeauru ei peeta kasvuhoonegaasiks on leitud ka mitmetes varasemates välismaal läbi viidud uuringutes (Handayani *et al.*, 2021, Handayani & Triyanto, 2022; Jarrett & Takacs, 2020; Shepardson *et al.*, 2011). Üheks põhjuseks võib olla see, et alati ei ole seda ka õpikutes nimetatud. Näiteks ei ole veeauru välja toodud Koolibri 8. klassi (Pihlak & Tõnisson, 2012) ja Avita 9. klassi (Kont & Kukk, 2021) geograafia õpikutes, ehkki teisi olulisi kasvuhoonegaase nagu süsinikdioksiid ja metaan on nimetatud. Üsna vähe teadsid õpilased ka teisi olulisi kasvuhoonegaase, näiteks metaani, naerugaasi ehk diämmastikoksiidi ja osooni. Seda on välja toodud ka varasemates haridusuuringutes, et õpilased ei tuvasta eelnevalt nimetatud gaase kui kasvuhoonegaase (Jarrett & Takacs, 2020; Schreiner *et al.*, 2005; Shepardson *et al.*, 2009; Punter *et al.*, 2011). Põhjuseks võib olla see, et sageli keskendutakse nii meedias kui ka õpikutes just süsinikdioksiidile ning teistele olulistele kasvuhoonegaasidele pööratakse vähem tähelepanu. Mõned õpilased pidasid ekslikult kasvuhoonegaasiks aga vingugaasi, mida on ka varasemates uuringutes leitud (Jarrett & Takacs, 2020; Dove, 1996), ning erinevaid saasteaineid, mida sisaldavad autode heitgaasid, fossiilkütuste põletamisel tekkivad gaasid ning tehaste ja majade korstendest väljuv suits. Ekslikult peeti kasvuhoonegaasideks ka hapnikku ja lämmastikku, mida nimetas kasvuhoonegaasiks vastavalt 22,5% ja 28,4% õpilastest. Ka Hispaanias tehtud uuringus (Punter

et al., 2011) on sarnaselt käesoleva tööga ligi 30% õpilastest pidanud lämmastikku kasvuhoonegaasiks. Seda, miks õpilased lämmastikku, hapnikku, vingugaasi ning erinevaid saasteaineid ekslikult kasvuhoonegaasideks peavad, tuleks edaspidi uurida.

Antud uuringus ilmneb, et õpilastel on arusaamatus selles osa, kuidas kasvuhoonegaasid õhku satuvad. Üle poole uuringus osalenud õpilastest nõustus pigem või täielikult väitega, et kasvuhoonegaasid on atmosfääri sattunud üksnes inimtegevuse tõttu ning 39,1% õpilastest ei nõustu sellega, et kasvuhoonegaasid olid atmosfääris ka enne tööstusrevolutsiooni. See näitab seda, et õpilased ei ole teadlikud või ei mõtle sellele, et kasvuhoonegaasid satuvad õhku ka looduslike protsesside käigus. Näiteks tekib metaani mikroobide elutegevuse tagajärjel soodes (Mander, 2022) ning süsnikdioksiidi vabaneb vulkaanipursete käigus (Mander & Liiber, 2014). Ka Viru (2023) poolt tehtud magistritöös, kus uuriti Eesti gümnaasiumi õpilaste arusaamu kliimamuutustest, leiti sarnaseid tulemusi. Siiski on gümnaasistide teadmised pisut paremad, sest neid, kes arvasid, et kasvuhoonegaasid satuvad õhku üksnes inimtegevuse tõttu oli pisut vähem võrreldes põhikooliõpilastega ning 17% ei nõustu sellega, et kasvuhoonegaasid olid atmosfääris ka enne tööstusrevolutsiooni. See on seletatav sellega, et gümnaasiumiõpilastel on pikem õppimiskogemus.

Kolmandana hindasid õpilased oma oskust selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus. Ka seda oskust ei hinnanud nad heaks, sest vaid üks kolmandik õpilastest pigem või täielikult nõustus, et ta oskab selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus. Ka tegelikke teadmisi uurides ilmneb, et kasvuhooneefekti tähtsuse mõistmises on puudujääke. Paljud õpilased ei tea, et kasvuhooneefekt on looduslik nähtus ning levinud on väärarusaam, et kasvuhooneefekt on midagi ebalooslikku ja inimtekkeline. Sellega, et kasvuhooneefekt on looduslik nähtus, mis tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri ja et tänu kasvuhoonegaasidele eksisteerib maakeral elu, nõustusid vaid pooled uuringus osalenud õpilastest. Seda, et õpilased ei tea, et kasvuhooneefekt on oluline, sest hoiab Maal elamiskõlblikku temperatuuri ning ei mõista, et see on looduslik nähtus, on leitud ka varasemates uuringutes (Gautier *et al.*, 2006; Hansen, 2010; Schreiner *et al.*, 2005).

Põhjuseks, miks õpilased ei mõista kasvuhoneefekti tähtsust ning ei tea, et see on looduslik nähtus, võib olla see, et õpetajad ei pööra sellele piisavalt tähelepanu ning ka õpikutes ei tooda seda sageli välja. Lisaks on õpikutes ka eksitavat informatsiooni. Näiteks on 9. klassi Avita keemia (Ivan & Metsik, 2018). ja 8. klassi Koolibri geograafia (Pihlak & Tõnisson, 2012) õpikutes vastavalt järgnevad laused: “*Üheks kliima soojenemise põhjuseks on kasvuhoonegaaside suurenenud kogus atmosfääris. Tulemuseks on kasvuhooneefekt ehk maapinnalähedase atmosfääri ja ookeanide keskmise pinnatemperatuuri tõus.*” ja “*Kuid süsi-*

happegaasi osakaalu kasv atmosfääris on tänaseks viinud nn kasvuhooneefekti tekkimisele ja seeläbi üleilmsele soojenemisele.” Mõlemad laused on eksitavad, sest ütlevad, et kasvuhoonegaaside sisalduse tõus viib kasvuhooneefekti tekkimiseni. Tegelikult on kasvuhooneefekt looduslik nähtus, mis on atmosfääris esinenud suuremal või vähemal määral kogu aeg ning kasvuhoonegaaside sisalduse tõus vaid võimendab kasvuhooneefekti. Kuna õpikud on eduka õpetamise üheks eelduseks, siis on oluline, et õpikutes sisalduv informatsioon oleks korrektne ning tuleb jälgida, et sellised eksitavad laused tulevikus enam õpikutes ei oleks. Sageli ei eristata ka meedias looduslikku kasvuhooneefekti selle võimendumisest ning kasvuhooneefektist räägitakse, kui millestki murettekstavast: tulevases globaalsest soojenemisest (Hansen, 2010). Lisaks kasutatakse mõisteid "kasvuhooneefekt" ja "globaalne soojenemine" sageli vaheldumisi, mis võib samuti põhjustada arvamust, et kasvuhooneefekt on midagi ebaloomulikku ja inimtekkelist (Schreiner *et al.*, 2005).

Töö üheks eesmärgiks oli uurida erinevusi tüdrukute ja poiste hinnangute ja teadmiste vahel kasvuhooneefektist. Meessoost ja naissoost vastajate hinnangud oma teadmistele olid üsna sarnased ning statistiliselt olulisi erinevusi esile ei tulnud. Teadmistes tuli esile üksikuid erinevusi. Näiteks teadsid tüdrukud paremini, et ilma kasvuhooneefektita poleks Maal elu ning et veeaur on kasvuhoonegaas, samal ajal aga jätsid nad võrreldes poistega enam kasvuhooneefekti selgitavat skeemi joonistamata ning seostasid enam kasvuhooneefekti osoonikihiga. Seetõttu ei saa öelda, et ühe soo esindajad oleksid selgelt suuremate teadmistega kasvuhooneefektist kui teise soo esindajad.

Viimase uurimisküsimuse eesmärk oli välja selgitada klasside vahelised erinevused hinnangutele ja teadmistele kasvuhooneefektist. Klasse võrreldes tulevad esile erinevused nii hinnangutes kui ka teadmistes. 7. klass hindas kõige madalamaks oma oskust selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus ning teadmisi kasvuhoonegaasidest. Ka tegelikud teadmised näitavad, et valdavalt on vanemate klasside teadmised kasvuhooneefektist paremad, kui 7. klassil. Näiteks olid 7. klassi õpilased kõige vähem pidanud kasvuhoonegaasideks süsihappegaasi ja metaani, samal ajal olid nad aga ekslikult kõige enam nimetanud kasvuhoonegaasiks hapnikku. Ka selgitavaid jooniseid olid 7. klassi õpilased jätnud kõige enam tegemata ning joonistanud kasvuhoonet ilma ühegi selgituseta. Selliseid tulemusi võib selgitada sellega, et üsna suure tõenäosusega ei olnud 7. klassi õpilased seda teemat veel õppinud. Mitmed 7. klassi õpilased olid skeemi joonistamise asemel kirjutanud, et ei oska, sest ei ole seda veel õppinud. Põhikooli riiklikus õppekavas (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) on välja toodud, et III kooliastme loodusõpetuses (teema „Elus- ja eluta looduse seosed“) tuleb põhimõistena omandada mõiste kasvuhooneefekt. 7. klassi loodusõpetuse õpikutes on see

pigem õpiku viimaste teemade hulgas. Näiteks Koolibri õpikus (Pärtel *et al.*, 2017) on see eelviimaseks teemaks ning Mauruse Loodusõpetuse tööraamatus (Murulaid *et al.*, 2021) on see samuti lõpus, mistõttu jõuavad õpetajad selle teema õpetamiseni tõenäoliselt alles aprillis või mais.

Samas on aga vanemates klassides levinud enam väärarusaam, et kasvuhooneefekt on seotud osoonikihiga ja selle hõrenemisega. Põhikooli riiklikus õppekavas (2011) on ainus osooniga seotud õpitulemus järgnev: *Õpilane analüüsib osoonikihi tähtsust ja lagunemist saastamise tagajärjel*. See õpitulemus tuleb saavutada keemias, mida hakatakse õppima 8. klassis. See võib olla üheks põhjuseks, miks 7. klassi õpilased ei seosta osoonikihti nii palju kasvuhooneefektiga. Nad ei ole seda veel õppinud, aga samal ajal 8. ja 9. klassi õpilased on selle ning ka kasvuhooneefekti teema juba läbinud, kuid tõenäoliselt on jäänud need teemad siiski arusaamatuks, mistõttu nad kasvuhooneefekti osoonikihiga enam seostavad.

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada Eesti põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist ning nende tegelikud teadmised ja arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest. Töö eesmärgi täitmiseks püstitati neli uurimisküsimust, millele vastuse saamiseks koostas töö autor küsimustiku, mis lähtus peamiselt varasematest uuringutest, õppekavast ning uurimisküsimustest. Küsimustikule vastasid 151 7.–9. klassi õpilast kahest erinevast koolist. Küsimustiku abil saadi teada õpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist ning nende tegelikud teadmised ja arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ning kasvuhoonegaasidest.

Esimese uurimisküsimusega selgitati välja, millised on põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele ja oskustele kasvuhooneefektist ja -gaasidest. Õpilased hindasid oma teadmisi ja oskusi pigem halvaks. Üle 65% vastanutest ei nõustunud või pigem ei nõustunud, et nad oskaksid selgitada kasvuhooneefekti nähtust, selle tähtsust ning teaksid peamisi kasvuhoonegaase.

Teise uurimisküsimuse eesmärgiks oli välja selgitada, millised on õpilaste tegelikud teadmised ning arusaamad kasvuhooneefekti nähtusest, selle tähtsusest ja kasvuhoonegaasidest. Tegelikke teadmisi kontrollides ilmnes, et õpilased ei oska seda nähtust selgitada. Näiteks jättis iga kolmas õpilane kasvuhooneefekti selgitava skeemi joonistamata ning üle 95% uuringus osalenud õpilastest ei eristanud Päikeselt tulevat lühilainelist kiirgust maapinnas neeldunud ja sealt kiirgunud pikalainelisest kiirgusest. Levinud on väärarusaam, et kasvuhooneefekti põhjustab osoonikihi hõrenemine. Sellega nõustus pigem või täielikult üle poole uuringus osalenud õpilastest. Lisaks usuvad mõned õpilased, et kasvuhoonegaasid põhjustavad osoonikihi hõrenemist kui ka seda, et osoonikiht takistab kasvuhoonegaaside lahkumist, mitte soojuse lahkumist.

Ka teadmised kasvuhoonegaasidest on õpilastel pigem halvad. Ligi kolm neljandikku õpilastest teadsid, et süsihappegaas on kasvuhoonegaas, kuid teisi kasvuhoonegaase teati oluliselt vähem. Näiteks veeauru tõi kasvuhoonegaasina välja iga viies uuringus osalenud põhikooli õpilane ning väitega, et veeaur on kasvuhoonegaas pigem või üldse ei nõustunud 57,6% vastanutest. See näitab, et õpilaste seas on levinud väärarusaam, et veeaur pole kasvuhoonegaas. Üsna vähe teadsid õpilased ka teisi olulisi kasvuhoonegaase, näiteks metaani, naerugaasi ehk dilämmastikoksiidi ja osooni. Näiteks osooni ja dilämmastikoksiid pidasid kasvuhoonegaasiks vaid alla 3,5% õpilastest. Samal ajal aga pidas üle 20% õpilastest kasvuhoonegaasideks hapnikku ning lämmastikku. Lisaks on üksikute õpilaste seas levinud väärarusaam, et

vingugaas on kasvuhoonegaas. Teadmatust on ka selles osa, kuidas kasvuhoonegaasid õhku satuvad. Üle poole uuringus osalenud õpilastest arvab, et kasvuhoonegaasid on õhku sattunud üksnes inimtegevuse tõttu, mis näitab, et nad ei ole teadlikud, et need satuvad õhku ka looduslike protsesside käigus. Lisaks ei tea pooled õpilased, et kasvuhooneefekt on looduslik nähtus, mis tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri.

Kolmandaks eesmärgiks oli uurida erinevusi tüdrukute ja poiste hinnangute ja teadmiste vahel kasvuhooneefektist. Meessoost ja naissoost vastajate hinnangud oma teadmistele ja tegelikud teadmised olid üsna sarnased, mistõttu ei saa öelda, et ühe soo esindajad oleksid selgelt suuremate teadmistega kasvuhooneefektist kui teise soo esindajad.

Viimase uurimisküsimuse eesmärk oli välja selgitada klasside vahelised erinevused hinnangutele ja teadmistele kasvuhooneefektist. Kõige madalamaks hindas oma teadmisi 7. klass ning ka tegelikud teadmised näitasid, et valdavalt on 8. ja 9. klassi õpilaste teadmised kasvuhooneefekti teemal paremad. Näiteks pidasid 7. klassi õpilased kõige vähem kasvuhoonegaasideks süsihappegaasi ja metaani ning jätsid kõige enam tegemata kasvuhooneefekti selgitavaid jooniseid. Samas oli aga vanemates klassides levinud enam väärarusaam, et kasvuhooneefekt on seotud osoonikihiga ja selle hõrenemisega.

Edasist uurimist vajaks see, miks on õpilastel kujunenud mingid arusaamad ja väärarusaamad. Lisaks tuleks uurida ka õpetajate teadmisi kasvuhooneefektist ning kui prioriteetseks nad seda teemat peavad. Seda võiks teha test-küsimustikuga või intervjuusid läbi viies.

Kasutatud kirjandus

- Adamberg, T., Ivan, T. & Sepp, T. (2019).** *Loodusõpetuse õpik 7. klassile*. Avita.
- Ahrens, C. Donald. (2009).** *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment. Ninth Edition*. Brooks/Cole Publishing Company.
- Arslan, H.O., Cigdemoglu, C. & Moseley, C. (2012)** A Three-Tier Diagnostic Test to Assess Pre-Service Teachers' Misconceptions about Global Warming, Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667-1686. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.680618>
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956).** *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1997).** Children's Models of Understanding of Two Major Global Environmental Issues (Ozone Layer and Greenhouse Effect). *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 19–28. <https://doi.org/10.1080/0263514970150102>
- Chang, C. H., Pascua, L., & Ess, F. (2018).** Closing the “Hole in the Sky”: The Use of Refutation-Oriented Instruction to Correct Students' Climate Change Misconceptions. *Journal of Geography*, 117(1), 3–16. <https://doi.org/10.1080/00221341.2017.1287768>
- Dove, J. (1996).** Student Teacher Understanding of the Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion and Acid Rain. *Environmental Education Research*, 2(1), 89–100. <https://doi.org/10.1080/1350462960020108>
- Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hackling, M. W. (1995).** Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25(1), 69–96. <https://doi.org/10.1080/03057269508560050>
- Gautier, C., Deutsch, K., & Rebich, S. (2006).** Misconceptions About the Greenhouse Effect. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 386–395. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-54.3.386>
- Handayani, R. D., Prastowo, S. H. B., Prihandono, T., Putra, P. D. A., Bachtiar, R. W., Nuraini, L., Supriadi, B., Maryani, M., Bektiarso, S., Lesmono, A. D., & Mahardika, I. K. (2021).** Students' thought pattern concerning the greenhouse effect. *Momentum: Physics Education Journal*, 5(1), 21–28. <https://doi.org/10.21067/mpej.v5i1.5156>
- Handayani, R. D., & Triyanto. (2022).** Seventh-grade students' conceptions of climate change, global warming, and the greenhouse effect. *Journal of Geoscience Education*, 70(4), 490–500. <https://doi.org/10.1080/10899995.2021.1989941>

- Hansen, P. J. K. (2010).** Knowledge about the Greenhouse Effect and the Effects of the Ozone Layer among Norwegian Pupils Finishing Compulsory Education in 1989, 1993, and 2005—What Now? *International Journal of Science Education*, 32(3), 397–419. <https://doi.org/10.1080/09500690802600787>
- IPCC, 2021.** *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896.
- IPCC, 2022.** *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:[10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844).
- Ivan, T. (2022).** *Keemia õpik 8. klassile*. Avita.
- Ivan, T. & Metsik, J. (2018).** *Keemia õpik 9. klassile*. Avita.
- Jankovski, K. & Kuresoo, R. (2022).** *Loodusõpetuse õpik 5. klassile*. Avita.
- Jarrett, L., & Takacs, G. (2020).** Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. *Environmental Education Research*, 26(3), 400–420. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1679092>
- Jürissaar, M. (2011).** *Meteoroloogia*. Eesti Lennuakadeemia.
- Kaljula, S., Relve, H. & Sirel, K. (2013).** *Loodusõpetuse õpik 6. klassile, 1. osa*. Koolibri.
- Kask, L. (2022).** *Loodusõpetuse tööraamat VI klassile, 1 osa*. Maurus.
- Kont, A. (2022).** *Loodusgeograafia õpik 8. klassile*. Avita.
- Kont, A. & Kukk, K. (2021).** *Geograafia õpik 9. klassile. Euroopa loodus- ja ühiskonnageograafia*. Avita.
- Koppel, L & Liiber, Ü. (2023).** *GEO 2. Geograafiaõpik põhikoolile*. Studium.
- Koulaidis, V., & Christidou, V. (1999).** Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5): 559-576.
- Krikmann, O., Susi, J. & Voolaid, H. (2005).** Eesti õpilaste väärarusaamad kiiruse ja kiirenduse vektorite suundade määramisel. *Õpetajate Leht*, 7.
- Krull, Edgar (2018).** *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. TÜ Kirjastus.

- Mander, Ü. (2022).** Kas meil jätkub rohepöördeks aega? *Universitas Tartuensis: Tartu Ülikooli ajakiri*, 3, 13–15.
- Mander, Ü., & Liiber, Ü. (2014).** *Üldmaateadus: õpik kõrgkoolidele*. Tartu: Eesti Loodusfoto.
- McCuin, J. L., Hayhoe, K., & Hayhoe, D. (2014).** Comparing the Effects of Traditional vs. Misconceptions-Based Instruction on Student Understanding of the Greenhouse Effect. *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 445–459. <https://doi.org/10.5408/13-068.1>
- Murulaid, R., Piirsalu, E., Vacht, P., & Vaino, K. (2021).** *Loodusõpetus VII klassile*. Maurus.
- Opiq. (2024, mai).** *Loodusõpetuse õpik 7. klassile. Süsinik ringleb. Kasvuhooneefekt*. <https://www.opiq.ee/kit/44/chapter/2091?bookmarkId=21651>
- Paaver, J. & Tempel, E. (2022a).** *Füüsika 9. klassile*. Maurus.
- Paaver, J. & Tempel, E. (2022b).** *Füüsika 9. klassile. E-õpik*. Maurus. Kasutatud 21.04.2024. <https://opik.fuusika.ee/index.php/book/view/70#/section/33884v>
- Papadimitriou, V. (2004).** Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology*, 299-307.
- Pariisi kokkulepe (2016).** RT II, 01.11.2016, 3. <https://www.riigiteataja.ee/akt/201112016003>
- Pihlak, L.-K. & Tõnisson, A. (2012).** *Geograafia 8. klassile, 1. osa*. Koolibri.
- Pruneau, D., Gravel, H., & Langis, J. (2001).** People's ideas about climate change: A source of inspiration for the creation of educational programs. *Canadian Journal of Environmental Education* 6: 121–138.
- Punter, P., Ochando-Pardo, M., & Garcia, J. (2011).** Spanish secondary school students' notions on the causes and consequences of climate change. *International Journal of Science Education*, 33:447–464.
- Põhikooli riiklik õppekava (2011).** Riigi Teataja I. 29.08.2014, 20. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020>
- Pärtel, E., Loide, R.-K. & Lõhmus, J. (2013).** *Füüsika 9. klassile. Soojusõpetus. Tuumaenergia*. Koolibri.
- Pärtel, E., Loide, R.-K., Tempel, E. & Traks, K. (2017).** *Loodusõpetus 7. klassile*. Koolibri.
- Pärtel, E. & Loide, R.-K. (2018).** *Füüsika 8. klassile*. Koolibri.
- Ratinen, I. J. (2013).** Primary Student-Teachers' Conceptual Understanding of the Greenhouse Effect: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, 35(6), 929–955. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.587845>

- Rickinson, M. (2001).** Learners and learning on environmental education: A critical review of the evidence. *Environmental Education Research*, 7(3), 207–316. <https://doi.org/10.1080/13504620120065230>
- Rämmer, A. (2014a).** Valiidsus ja reliaablus. *Sotsiaalteaduslike uurimuste metodoloogia alused*. Tartu Ülikool. <https://samm.ut.ee/valiidsus-ja-reliaablus> (07.05.2024)
- Rämmer, A. (2014b).** Valimi moodustamine. *Sotsiaalteaduslike uurimuste metodoloogia alused*. Tartu Ülikool. <https://samm.ut.ee/valimid/> (07.05.2024)
- Saar, M. & Katt, N. (2018).** *Keemia õpik IX klassile*. Maurus kirjastus OÜ.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N., & Miller, J. L. (2013).** The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1020–1049. <https://doi.org/10.3102/0002831213477680>
- Schreiner, C., Henriksen, E., K. & Kirkeby Hansen, P. J. (2005).** Climate Education: Empowering Today's Youth to Meet Tomorrow's Challenges. *Studies in Science Education*, 41(1), 3–49. <https://doi.org/10.1080/03057260508560213>
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2009).** Seventh grade students' conceptions of global warming and climate change. *Environmental Education Research*, 15(5), 549–570. <https://doi.org/10.1080/13504620903114592>
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2011).** Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104(3–4), 481–507. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9786-9>.
- Smithsonian Environmental Research Centre (2024, mai).** *Atmosphere. Too Much of a Good Thing*. https://forces.si.edu/atmosphere/02_04_07.html
- Särg, A. (2020).** *Bioloogia 8. klassile, 2. osa. Selgrootud*. Ökoloogia ja keskkonnakaitse. Koolibri.
- Tempel, E. (2019).** *Füüsika õpik 8. klassile*. Maurus
- Töldsepp, A. & Lukason, A. (2012).** *Keemia 8. klassile. Ained ja keemilised muundumised*. Koolibri.
- Tõnisson, A. (2022).** *Geograafia 9. klassile, 1. osa. Euroopa ja Eesti loodusgeograafia*. Koolibri.
- Viru, B. (2023).** *Gümnaasiumiõpilaste hinnangud oma kliima ja kliimamuutuste alastele teadmistele ning nende arusaamad kliimamuutustest*. Magistritöö. Tartu Ülikool.
- Voolaid, H. & Raudla, E. (2020).** *Füüsika õpik 9. klassile*. Avita.
- Voolaid, H. & Raudla, E. (2023).** *Füüsika õpik 8. klassile*. Avita.

Summary

The intensification of the greenhouse effect, which causes global warming and related changes in the climate system, is undoubtedly one of the greatest environmental challenges humanity faces in the 21st century. Despite much discussion of climate change in the media, people's understanding and factual knowledge of climate warming and the greenhouse effect is incomplete and often misleading. Many misconceptions about the greenhouse effect are widespread and can be a barrier to deep learning, so it's important to identify them.

This master's thesis investigates Estonian primary school students' self-assessment of their knowledge about the greenhouse effect, as well as their actual knowledge and understanding of this phenomenon. The aim of the study was to determine the students' knowledge of the nature of the greenhouse effect, its significance, and greenhouse gases, as well as to identify any misconceptions they may hold. The following research questions were formulated based on the objectives of the study:

1. How do Estonian primary school pupils assess their knowledge of the greenhouse effect, its importance and greenhouse gases?
2. What is the actual knowledge and understanding of the greenhouse effect, its importance and greenhouse gases among Estonian primary school pupils?
3. What are the differences between girls' and boys' assessments, knowledge and understanding of the greenhouse effect, its importance and greenhouse gases?
4. What are the differences between classes in their assessment, knowledge and understanding of the greenhouse effect, its importance and greenhouse gases?

The study involved 151 students from grades 7 to 9 in two Estonian primary schools. Data was collected through a questionnaire that included both closed and open-ended questions. The results indicated that the majority of students rated their knowledge of the greenhouse effect as poor. Over 65% of the respondents were unable to explain the phenomenon of the greenhouse effect, its importance, or name the main greenhouse gases. When testing their actual knowledge, it became evident that many students struggled to explain the greenhouse effect and often confused it with ozone layer depletion. More than half of the students believed that the greenhouse effect is caused by ozone layer depletion.

While nearly three-quarters of the students knew that carbon dioxide is a greenhouse gas, other significant greenhouse gases, such as water vapor, methane, and nitrous oxide, were less well-known. For instance, only one in five students identified water vapor as a greenhouse gas. There were also misconceptions that oxygen and nitrogen are greenhouse gases.

No significant differences were found between the knowledge of boys and girls, although girls more frequently associated the greenhouse effect with the ozone layer. Differences between grades indicated that older students had better knowledge of the greenhouse effect compared to younger student

Lisad

Lisa 1. Kasvuhooneefekti käsitlemine põhikooli õpikutes

	<i>Loodusõpetus</i>	<i>Füüsika</i>	<i>Keemia</i>	<i>Geograafia</i>	<i>Bioloogia</i>
5. klass	Avita. Üks osa peatükis „Õhu saastamine ja kaitse“	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas
	Koolibri. Teemat ei käsitleta				
	Maurus. Teemat ei käsitleta				
6. klass	Teemat ei käsitleta	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas
7. klass	Avita. Üks osa peatükis „Süsinik ringleb“	Aine pole õppekavas	Aine pole õppekavas	Teemat ei käsitleta	Teemat ei käsitleta
	Koolibri. Peatükk „Kasvuhooneefekt“				
	Maurus. Urimuslik töö: „Kasvuhooneefekti modelleerimine“ (Peatükis „Süsinikuringe ökosüsteemides“)				

Lisa 1 jätk

8. klass Aine pole õppekavas	Avita. Lisalugemine peatükis „Valguse neeldumine“	Avita. Teemat ei käsitleta	Avita. Peatükk „Lisatund. Kliimamuutused“	Koolibri. Üks osa peatükis „Inimtegevuse mõju loodusele“
	Koolibri. Teemat ei käsitleta	Koolibri. Üks osa peatükis „Oksiidid meie ümber“	Koolibri. Üks osa peatükis „Kliima ja inimene“	Avita. Teemat ei käsitleta
	Maurus. Teemat ei käsitleta	Maurus. Teemat ei käsitleta	Studium. Üks osa peatükkides „Miks vajame teadmisi atmosfääri kohta?“ ja „Millest oleneb aluspinna soojenemine?“	
9. klass Aine pole õppekavas	Avita. Lisalugemine peatükis „Soojuskiirgus“	Avita. Üks osa peatükis „Keskkonna-probleemid. Säästlik eluviis“.	Avita. Üks osa peatükis „Euroopa kliimavöötmed“	Teemat ei käsitleta
	Koolibri. Üks osa peatükis „Kehade soojenemine ja jahtumine“	Koolibri. Teemat ei käsitleta	Koolibri. Üks osa peatükis „Kliimamuutuste võimalikud tagajärjed Euroopas“	
	Maurus: Üks osa peatükis „Soojus praktikas“	Maurus: Üks osa peatükis „Süsinikuühendid kütusena“	Studium. Teemat ei käsitleta.	

Lisa 2. Kasvuhooneefekti käsitlevad põhikooli õpikud ning joonise olemasolu ja õpikus nimetatud kasvuhoonegaasid

<i>Klass</i>	<i>Kirjastus</i>	<i>Aine</i>	<i>Joonis</i>	<i>Kasvuhoonegaasid</i>
5.	Avita	Loodusõpetus	Olemas	Süsihappegaas, veeaur
7.	Avita	Loodusõpetus	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, osoon, metaan
7.	Koolibri	Loodusõpetus	Olemas	Süsihappegaas, veeaur
7.	Maurus	Loodusõpetus	-	Süsihappegaas, veeaur, osoon, metaan, dilämmastikoksiid
8.	Avita	Füüsika	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, osoon, metaan, dilämmastikoksiid
8.	Koolibri	Keemia	Olemas	Süsihappegaas
8.	Avita	Geograafia	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, metaan
8.	Koolibri	Geograafia	Olemas	süsihappegaas, metaan, lämmastikoksiidid
8.	Studium	Geograafia	Olemas	Süsihappegaas, veeaur
8.	Koolibri	Bioloogia	-	Süsihappegaas
9.	Avita	Füüsika	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, metaan
9.	Koolibri	Füüsika	-	-
9.	Maurus	Füüsika	-	Süsihappegaas, veeaur, osoon, metaan, dilämmastikoksiid
9.	Avita	Keemia	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, dilämmastikoksiid, osoon, metaan
9.	Maurus	Keemia	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, osoon, metaan, dilämmastikoksiid, freoonid
9.	Avita	Geograafia	-	Süsihappegaas, metaan, dilämmastikoksiid
9.	Koolibri	Geograafia	Olemas	Süsihappegaas, veeaur, metaan, osoon, dilämmastikoksiid

Lisa 3. Magistritöös kasutatud küsimustik

HEA ÕPILANE!

Olen Tartu Ülikooli gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja eriala tudeng. Palun sul täita küsimustik, mille andmeid kasutatakse magistritöös. Töö eesmärgiks on teada saada põhikooli õpilaste hinnangud oma teadmistele ja oskustele, mis seostuvad kasvuhooneefektiga ning tegelikud teadmised kasvuhooneefektist. Küsimustiku täitmisele kulub umbes 30 minutit. Vastajale on tagatud konfidentsiaalsus. Aitäh panustamast!

Kool: _____

Klass: _____

Sugu: _____

Ülesanne 1.

Palun vasta, millises ulatuses sa nõustud/ei nõustu järgnevate väidetega (ei nõustu üldse 1, pigem ei nõustu 2, pigem nõustun 3, nõustun täielikult 4). TEE SOBIVASSE LAHTRISSE RIST.

Väide	Ei nõustu üldse 1	Pigem ei nõustu 2	Pigem nõustun 3	Nõustun täielikult 4
Ma tean väga hästi, millised on peamised kasvuhoonegaasid				
Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekti tähtsus				
Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhooneefekt				

Väide	Ei nõustu üldse 1	Pigem ei nõustu 2	Pigem nõustun 3	Nõustun täielikult 4
Kasvuhooneefekt seisneb selles, et osa Maa soojuskiirgusest peegeldub kasvuhoonegaasidelt tagasi Maale				
Kasvuhooneefekt on looduslik nähtus				
Kasvuhooneefekt on Maa elu jaoks hädavajalik, sest tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri maakeral				
Kasvuhooneefekti võimendumine kasvuhoonegaaside sisalduse tõusu tõttu on murettekitav, sest see toob kaasa globaalse soojenemise				
Kasvuhooneefekti põhjustab osoonikihi hõrenemine				
Kasvuhooneefekti tekitavad kasvuhoonegaasid				
Kasvuhoones on sageli palav, sest päikesekiirgus pääseb kasvuhoonesse kergesti, kuid tekkinud soojus nii lihtsalt välja ei pääse				
Ilma kasvuhoonegaasideta poleks Maal elu				
Kasvuhoonegaasid ei ole vajalikud, sest põhjustavad maakera kliima soojenemist				
Tänu kasvuhoonegaasidele on maakera keskmine temperatuur elutegevuseks sobiv ja maakeral eksisteerib elu				

Kasvuhoonegaasid aitavad maakera jahutada, et maapind üle ei kuumeneks				
Kasvuhoonegaasid lasevad hästi läbi lühilainelist päikesekiirgust, kuid takistavad taimedelt ja pinnaselt lähtuva pikalainelise soojuskiirguse hajumist				
Süsihappegaas on kasvuhoonegaas				
Veeaur on kasvuhoonegaas				
Õhu peamised koostisosad hapnik ja lämmastik on kasvuhoonegaasid				
Kasvuhoonegaasid on atmosfääri sattunud üksnes inimtegevuse tõttu				
Kasvuhoonegaasid olid atmosfääris olemas ka enne tööstusrevolutsiooni				
Kasvuhoonegaasid satuvad õhku fossiilseid kütuseid põletades				
Suurenenud kasvuhoonegaaside sisalduse tõttu ei pääse maapinnalt lahkunud soojuskiirgus enam atmosfäärist välja ja tagajärjeks on Maa keskmise temperatuuri tõus ehk globaalne soojenemine				

Ülesanne 2. Nimeta nii palju kasvuhoonegaase, kui sa tead.

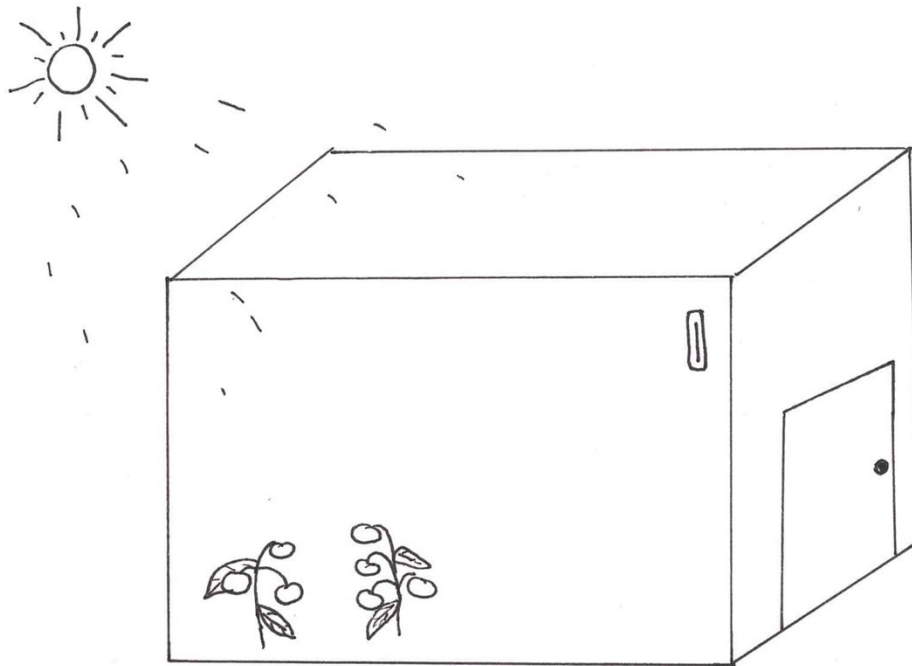
Ülesanne 3. Joonista kasvuhooneefekti selgitav skeem ning lisa skeemile võimalikult palju seostuvaid mõisteid ja selgitusi.

Lisa 4. Koostatud õppematerjali kasutamise alused

<i>Väite alus</i>	<i>Õpitulemused ja õppesisu õppekavast</i>	<i>Ülesande nr ja sisu õppematerjalis</i>
Uurimisküsimus nr 1, Põhikooli riiklik õppekava, 2011	Õppesisu: kasvuhooonegaasid	1. Ma tean väga hästi, millised on peamised kasvuhooonegaasid
Uurimisküsimus nr 1	-	2. Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhoooneefekti tähtsus
Uurimisküsimus nr 1, Põhikooli riiklik õppekava, 2011	Mõiste kasvuhoooneefekt	3. Ma oskan väga hästi selgitada, milles seisneb kasvuhoooneefekt
Põhikooli riiklik õppekava, 2011	Mõiste kasvuhoooneefekt	4. Kasvuhoooneefekt seisneb selles, et osa Maa soojuskiirgusest peegeldub kasvuhooonegaasidelt tagasi Maale
Arslan <i>et al.</i> , 2012		
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	5. Kasvuhoooneefekt on looduslik nähtus
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	6. Kasvuhoooneefekt on Maa elu jaoks hädavajalik, sest tagab elutegevuseks sobiva keskmise temperatuuri maakeral
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	7. Kasvuhoooneefekti võimendumine kasvuhooonegaaside sisalduse tõusu tõttu on murettekitav, sest see toob kaasa globaalse soojenemise
Uurimisküsimus nr 2, Boyes & Stanistreet, 1997	-	8. Kasvuhoooneefekti põhjustab osoonikihi hõrenemine
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	9. Kasvuhoooneefekti tekitavad kasvuhooonegaasid
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	10. Kasvuhooones on sageli palav, sest päikeseikiirgus pääseb kasvuhooonesse kergesti, kuid tekkinud soojus nii lihtsalt välja ei pääse
Uurimisküsimus nr 2, Viru, 2013	-	11. Ilma kasvuhooonegaasideta poleks Maal elu
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	12. Kasvuhooonegaasid ei ole vajalikud, sest põhjustavad maakera kliima soojenemist
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	13. Tänu kasvuhooonegaasidele on maakera keskmine temperatuur elutegevuseks sobiv ja maakeral eksisteerib elu
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	14. Kasvuhooonegaasid lasevad hästi läbi lühilainelist päikeseikiirgust, kuid takistavad taimedelt ja pinnaselt lähtuva pikalainelise soojuskiirguse hajumist
Uurimisküsimus nr 2, Põhikooli riiklik õppekava, 2011	Õppesisu: kasvuhooonegaasid	15. Süsihappegaas on kasvuhooonegaas
Arslan <i>et al.</i> , 2012		

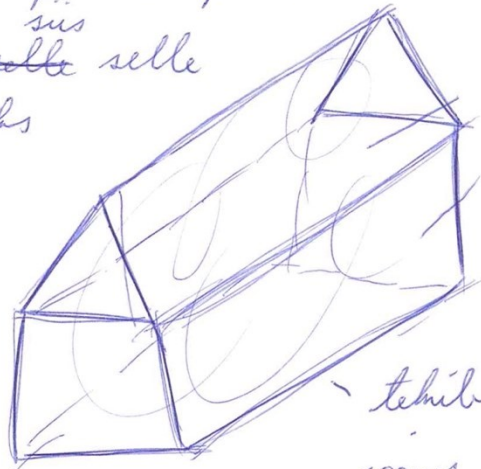
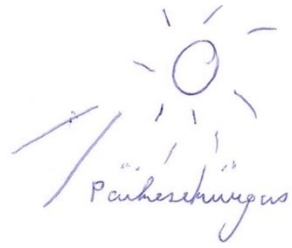
Uurimisküsimus nr 2, Põhikooli riiklik õppekava, 2011, Chang <i>et al.</i> , 2018, Arslan <i>et al.</i> , 2012	Õppesisu: kasvuhoonegaasid	16. Veeaur on kasvuhoonegaas
Uurimisküsimus nr 2, Põhikooli riiklik õppekava, 2011 Punter <i>et al.</i> , 2011	Õppesisu: kasvuhoonegaasid	17. Õhu peamised koostisosad hapnik ja lämmastik on kasvuhoonegaasid
Uurimisküsimus nr 2, Viru, 2023	-	18. Kasvuhoonegaasid on atmosfääri sattunud üksnes inimtegevuse tõttu
Uurimisküsimus nr 2, Viru, 2023	-	19. Kasvuhoonegaasid olid atmosfääris olemas ka enne tööstusrevolutsiooni
Põhikooli riiklik õppekava, 2011	Õpilane analüüsib enda tegevuse võimalikku keskkonnamõju	20. Kasvuhoonegaasid satuvad õhku fossiilseid kütuseid põletades
Uurimisküsimus nr 2, töö autor	-	21. Suurenenud kasvuhoonegaaside sisalduse tõttu ei pääse maapinnalt lahkunud soojuskiirgus enam atmosfäärist välja ja tagajärjeks on Maa keskmise temperatuuri tõus ehk globaalne soojenemine
Uurimisküsimus nr 2, Põhikooli riiklik õppekava	Õppesisu: kasvuhoonegaasid	Ülesanne 2. Nimeta nii palju kasvuhoonegaase, kui sa tead.
Uurimisküsimus nr 2, Handayani & Triyanto 2022	-	Ülesanne 3. Joonista kasvuhooneefekti selgitav skeem ning lisa skeemile võimalikult palju seostuvaid mõisteid ja selgitusi.

Lisa 5. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhoone ilma selgitusteta



Lisa 6. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhoone selgitustega

Läbi klaasi paistab päike
mis kütab ^{sis} selle
ala soojaks



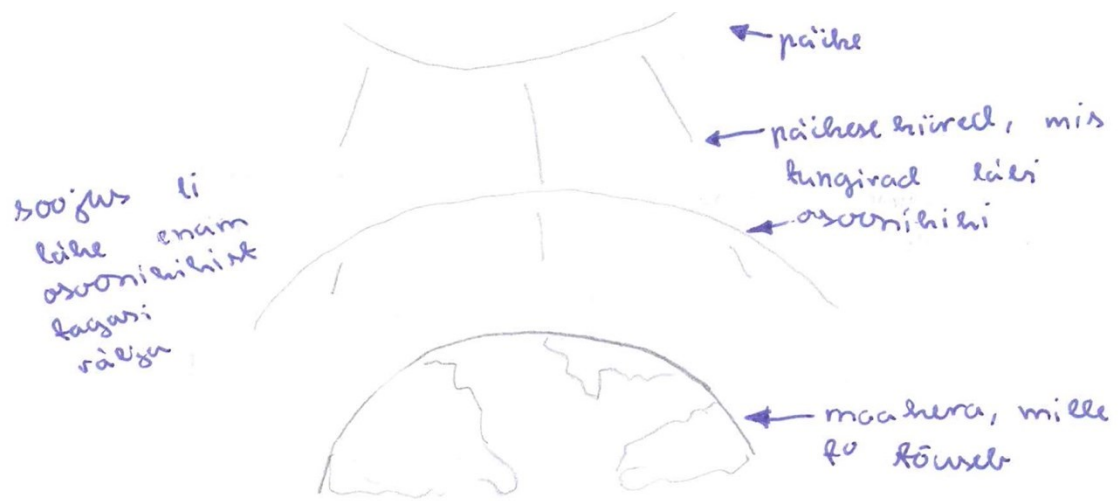
tekitab selline piisav
soojus

soojus jääb peidama

Lisa 7. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhooneefekt on seostatud osoonikihiga



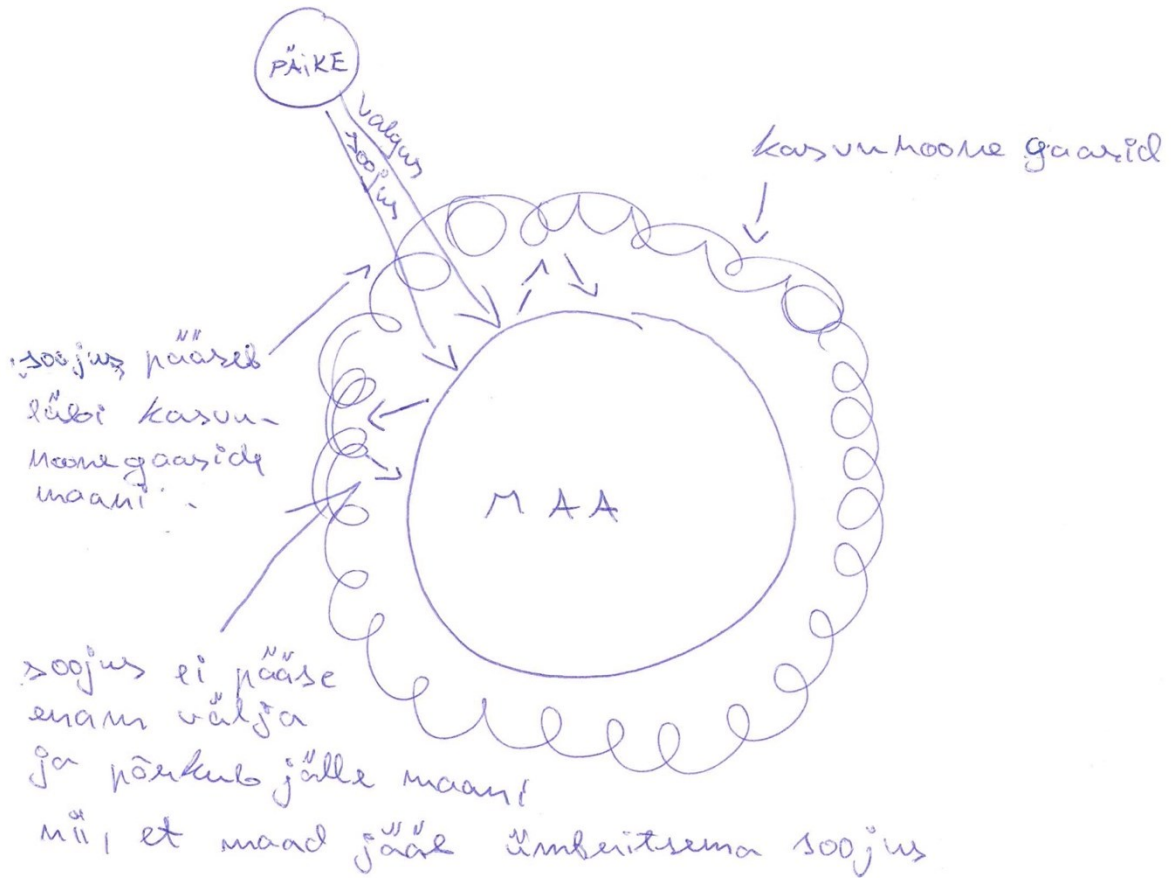
Lisa 8. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: kasvuhooneefekt on seostatud osoonikihiga



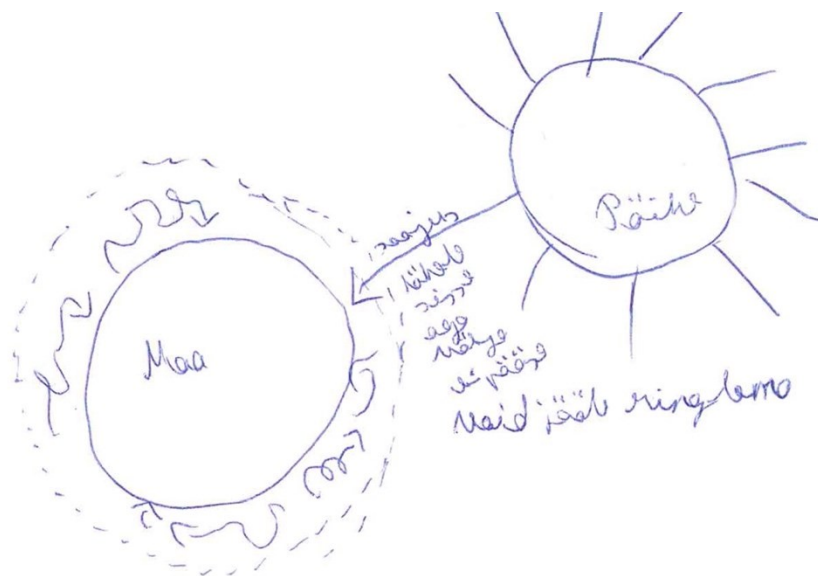
Lisa 9. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: osoonikiht takistab kasvuhoonegaaside väljumist



Lisa 10. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: Maa ümber on joonistatud kasvuhoonegaaside kiht



Lisa 11. Kasvuhooneefekti selgitav joonis: Maa ümber on joonistatud nimeta kiht



Lisa 12. Õpilaste poolt nimetatud kasvuhoonegaasid tüdrukute ja poiste ning klasside võrdluses

<i>Nimetatud kasvuhoonegaas</i>	<i>Kokku</i>		<i>P</i>		<i>T</i>		<i>7. klass</i>		<i>8. klass</i>		<i>9. klass</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
Süsihappegaas	108	71,5	47	70,1	61	72,6	28	57,1	40	78,4	40	78,4
Veeaur	30	19,9	7	10,4	23	27,4	11	22,4	12	23,5	7	13,7
Naerugaas	3	1,9	1	1,5	2	2,4	1	2,0	1	2,0	1	2,0
Osoon	5	3,3	1	1,5	4	4,8	2	4,1	2	3,9	1	2,0
Metaan	17	11,2	8	11,9	9	10,7	1	2,0	10	19,6	6	11,8
Hapnik	34	22,5	14	20,9	20	23,8	20	40,8	4	7,8	10	19,6
Lämmastik	43	28,4	12	17,9	31	36,9	16	32,7	6	11,8	21	41,2

Lisa 13. Kasvuhooneefekti kujutamine joonistel tüdrukute ja poiste ning klasside võrdluses

<i>Joonise kategooria</i>	<i>Kokku</i>		<i>P</i>		<i>T</i>		<i>7. klass</i>		<i>8. klass</i>		<i>9. klass</i>	
	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>	<i>n</i>	<i>%</i>
Joonist ei ole	48	31,8	18	26,8	30	35,7	17	34,7	14	27,5	17	33,3
Kasvuhoone ilma selgitusteta	21	13,9	15	22,3	6	7,1	12	24,5	4	7,8	5	9,8
Kasvuhoone selgitustega	16	10,6	6	8,9	10	11,9	8	16,3	2	3,9	6	11,8
Seostatud osoonikihiga	23	15,2	8	11,9	15	17,9	2	4,1	13	25,5	8	15,7
Kasvuhoonegaaside kiht	21	13,9	11	16,4	10	11,9	3	6,1	8	15,7	10	19,6
Lihtsalt kiht	16	10,6	9	13,4	7	8,3	6	12,2	7	13,7	3	5,9
Eristasid kiirgusenergiat	2	1,3	0	0	2	2,3	0	0	0	0	2	3,9
Muu	13	8,6	4	5,9	9	10,7	2	4,1	5	9,8	6	11,8

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, *Jane Hüdsi*,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Põhikooliõpilaste hinnangud oma teadmistele kasvuhooneefektist ning nende arusaamad kasvuhooneefektist,

mille juhendaja on

Birgit Viru,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Jane Hüdsi

29.05.2024