

PALUPERA PÕHIKOOL

MARITE-MARIELLE TREIAL, TERLE TAMM

8. KLASS

## **PALUPERA GLOBELASTE JA NASA SATELLIITIDE FIKSEERITUD PILVISUSE VÕRDLUS**

JUHENDAJA ARVET SILK

### **SISSEJUHATUS**

Uurimistöös „Palupera globelaste ja NASA satelliitide fikseeritud pilvisuse võrdlus“ võrdleme meie mõõdetud ja NASA satelliitide fikseeritud andmeid pilvisuse kohta Palupera GLOBE atmosfääri mõõtmiskohas.

Meie mõõtmiskoht on koolimaja kõrval pargis. Kool asub Elva vallas Lõuna-Eestis. Õppetöö toimub vanas mõisahoones, milles on sajanditevanune hõng ja nüüdisaegne õpikeskkond. GLOBE programmis osaleb kool juba 10 aastat.

GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) on ülemaailmne alg- ja põhikooli ning gümnaasiumi õpilastele suunatud haridus- ja teadusprogramm, mis annab võimaluse osaleda andmete kogumises ja analüüsis, panustada teadusesse ning mõista Maad kui süsteemi ja keskkonda paremini. Eesti ühines GLOBE programmiga 1996. aastal.

Meie oleme programmi GLOBE liikmed alates 2016. aasta sügisest. Oleme teinud atmosfäärimõõtmisi ja edastanud andmeid GLOBE andmebaasi, lisaks oleme tutvustanud GLOBE programmi ja atmosfäärivaatluste tegemist nii noorematele koolikaaslastele kui ka külalistele.

Kui saime tagasisidet NASA Langley Uurimiskeskuselt, tekkiski idee võrrelda globelaste taeva pilvedega kaetavuse andmeid NASA satelliitide fikseeritud andmetega perioodil august 2017 kuni august 2018.

Hüpotees: inimsilma ja satelliidi sensorite fikseeritud andmed langevad kokku vähemalt poole ehk 50% ulatuses.

# SISUKORD

1. UURIMISTÖÖ METOODIKA.....	3
1.1. Töö planeerimine .....	3
1.2. Andmetöötlus.....	3
1.3. Andmete analüüs .....	4
2. TULEMUSED JA JÄRELDUSED .....	6
2.1. Pilvisus GLOBE ja satelliitide andmetes .....	6
2.2. Erinevate satelliitide mõõtmiste tulemused.....	8
KOKKUVÕTE .....	10

# 1. UURIMISTÖÖ METOODIKA

## 1.1. Töö planeerimine

Uurimistöo algas töö planeerimisega ja kava koostamisega. Alustasime 2018. aasta sügisel. Pilveliikide määramisel kasutasime GLOBE pilvede liigitust. Satelliitide kohta otsisime infot ingliskeelsetest veebimaterjalidest. Andmetöötluse ja andmeanalüüsi tegime koos, mis on lühidalt kirjas siin töös. Töö algusosas uuris Terle materjale pilvisuse kohta ja süstematiseeris pilveliigid uurimistöo jaoks sobivaks, sest GLOBE programmis tuleb eristada 14 pilveliiki, satelliitide andmetes on pilved liigitatud kolme liiki: kõrged, keskmised ja madalad pilved. Marite-Marielle uuris kirjeldusi nende satelliitide kohta, mille andmed meieni jõudsid ja tõlkis vastavad materjalid inglise keelest. Kirjeldused on kirjas meie uurimistöös.

## 1.2. Andmetöötlus

Andmete saamiseks töötasime läbi 180 päeva andmed, mis olid saadud e-posti teel NASA-lt. NASA saatis iga päeva kohta andmed tabelina, mille näidis on järgmisel joonisel (foto 1).

NASA Cloud Observation and Satellite Match			
Satellite	GEO	Terra	Your Observation
Universal Date/Time 2018-04-21	10:10	10:01	10:00
Latitude Range	57.8 to 58.44	57.72 to 58.52	Latitude 58.12
Longitude Range	26.02 to 26.66	25.93 to 26.73	Longitude 26.33
Total Cloud Cover	Overcast 100.00%	Overcast 97.99%	Overcast (>90%)
<b>H I G H</b> Cloud Cover Cloud Altitude Cloud Phase Cloud Opacity		No Clouds	
<b>M I D</b> Cloud Cover Cloud Altitude Cloud Phase Cloud Opacity	Broken 65.85% 2.26 (km) Water 270.26 (K) Opaque	No Clouds	
<b>L O W</b> Cloud Cover Cloud Altitude Cloud Phase Cloud Opacity	Scattered 34.15% 1.79 (km) Water 273.22 (K) Translucent	Overcast 97.99% 1.56 (km) Mixed 270.76 (K) Opaque	 Overcast (>90%)
Corresponding NASA Satellite Images. Click to view image --->	<a href="#">METEOSAT-11 Infrared</a>  <a href="#">GEO Tutorial</a>	<a href="#">MODIS Rapid Response</a>  <a href="#">Worldview</a>  <a href="#">MODIS Guide</a>	Sky Visibility - no report Sky Color - no report  Windowsi aktiveerimine Windowsi aktiveerimiseks a

Foto 1. Väljavõte NASA saadetud tagasisidest.

Selles tabelis on kirjas Palupera kooli globelaste saadetud andmed ja satelliidi/satelliitide andmed, mis ületasid GLOBE vaatluskohta +/- 15 minuti jooksul GLOBE vaatlusajaga võrreldes.

E-kirjadest saadud andmed kandsime meie endi koostatud tabelitesse. Andmed kandsime tabelisse käsitsi, sest nii oli käepärasem ja kiirem: üks meist otsis ja avas e-kirjad, luges sealt andmed ja teine kandis kuuldud andmed tabelisse. Tabelid mahtusid ära 17 lehele, fragment ühest lehest on nähtav fotol 2.

LEHT 12

Palupera GLOBE pilvevaatluste ja NASA satelliitide andmete võrdlustabel

Vaatluse nr	Kuupäev	Taeva kaetavus (%)	GLOBE	GEO	Aqua	Terra	Aura		
122	04.07 2018	üldine	30	37				+	
		kõrged pilved	0	0				-	
		keskmised pilved	0	45					
		madalad pilved	50-90	52				+	
123	05.07 2018	üldine	30	100	38			+	+
		kõrged pilved	0	0	0			+	+
		keskmised pilved	0	100	60			-	-
		madalad pilved	30	0	38			-	-
124	06.07 2018	üldine	30	100				+	
		kõrged pilved	0	0				+	
		keskmised pilved	0	60				-	
		madalad pilved	30	39				-	
125	07.07 2018	üldine	50-90	88				+	
		kõrged pilved	0	0				+	
		keskmised pilved	0	65				-	
		madalad pilved	50-90	23				-	
126	08.07 2018	üldine	30	100				+	
		kõrged pilved	0	5				+	
		keskmised pilved	0	34				-	
		madalad pilved	30	0				-	
127	09.07	üldine	50-90	30				-	
		kõrged pilved	0	0				+	
		keskmised pilved	0	62				-	

Foto 2. Väljavõte vaatlusandmete tabelist

Et satelliidid ei määra pilveliike, siis on tabelis jaotatud pilved kolme rühma, lähtudes pilvede paiknemise kõrgusest, ning määratletud kõrgete (ülemiste), keskmiste ja madalpilvedega kaetavus protsentides, samuti on kirjas taeva üldine pilvedega kaetavus protsentides.

Järgnes andmetöötlus, et selgitada globelaste ja satelliitide fikseeritud andmete kokkulangevus või mittekokkulangevus. Kokkulangevuse tähistasime + märgiga, kokkulangevuseks lugesime ka väikese erinevuse, ca 10% ulatuses. Mittekokkulangevus tähistasime tabelites – märgiga (foto 3).

### 1.3. Andmete analüüs

Andmete analüüsimiseks, tulemuste saamiseks ja järelduste tegemiseks lugesime kokku plussid ja miinused ja võrdlesime neid. Loenduse põhjal koostasime tabelid ja graafikud programmis Excel.



Foto 3 Uurimistöo autorid andmeid töötlemas. Foto A. Silk

Graafikute ja tabelite põhjal sõnastasime tulemused ning püüdsime leida põhjuseid globelaste ja satelliitide fikseeritud andmete mittekokkulangevuse selgitamiseks.

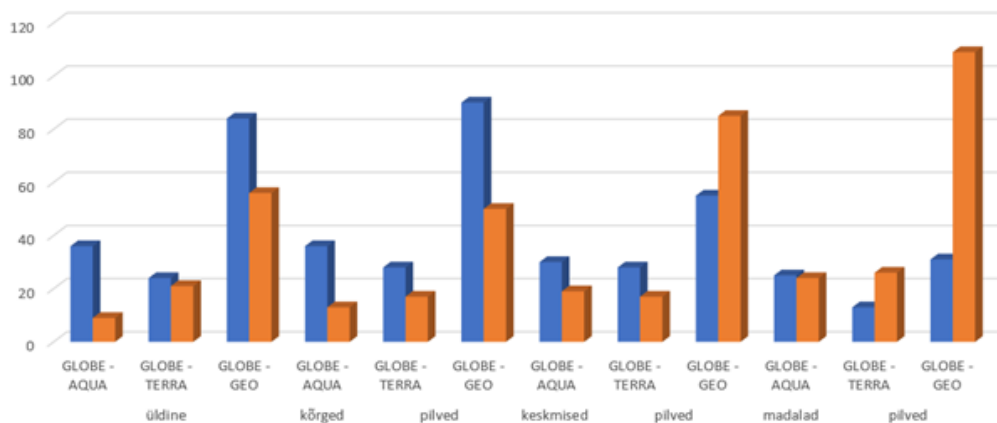
## 2. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

### 2.1. Pilvisus GLOBE ja satelliitide andmetes

Taeva pilvedega kaetavust võrdlesime GLOBE ja satelliitide Aqua, Terra ja GEO satelliitide vahel. Võrdlesime üldist pilvisust, taeva pilvedega kaetavust kõrgete (ehk ülemiste), keskmiste ja madalpilvede korral. Plussidega on tähistatud kokkulangevused ja miinustega mittekokkulangevused fikseeritud andmete vahel (tabel 3, joonis 1).

Tabel 1. Pilvisus GLOBE ja satelliitide andmetes

		plussid	miinused
üldine	GLOBE - AQUA	36	9
	GLOBE - TERRA	24	21
	GLOBE - GEO	84	56
kõrged pilved	GLOBE - AQUA	36	13
	GLOBE - TERRA	28	17
	GLOBE - GEO	90	50
keskmised pilved	GLOBE - AQUA	30	19
	GLOBE - TERRA	28	17
	GLOBE - GEO	55	85
madalad pilved	GLOBE - AQUA	25	24
	GLOBE - TERRA	13	26
	GLOBE - GEO	31	109



Joonis 1. Pilvisus GLOBE ja satelliitide andmetes

Graafikult (joonis 1) on näha, et GLOBE ja satelliitide andmete vahel on kokkulangevus üldise pilvisuse korral ja kõrgete (ülemiste) pilvede korral. Kõige suurem erinevus ilmnes üllatuslikult madalate pilvede korral. Võimalik põhjus on ilmselt selles, et globelased on pilvede vaatlusel n-ö äravahetanud madalad ja keskmised pilved.

Analüüsi tehes leiti veel põhjusi erinevusteks ja kanti tabelisse (tabel 2).

Tabel 2. Millest võivad erinevused olla tingitud

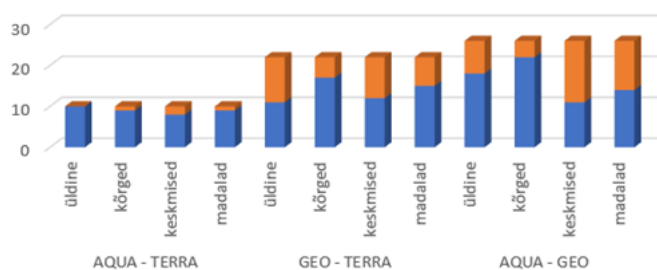
<b>GLOBE</b>	<b>SATELLIIT</b>
andmed fikseerib inimsilm	andmed fikseerib sensor
vaatlus toimub alt ülespoole	satelliitpildid pildistatud ülalt allapoole
alumiste kihtide 100% kaetavuse korral pole kõrgemaid pilvekihte võimalik näha	satelliidi sensorid määravad pilvekihid erinevatel kõrgustel
talvisel ajal fikseeritakse lumi ja pilved eraldi	satelliitpildidel ei ole lume ja jääväljad eristatavad heledatest pilvedest
lennukite jäljed on paremini pilvedest eristatavad	lennukite jäljed ei ole hästi eristatavad pilvedest
inimsilm on usaldusväärsem	tehnikat võib rikki minna

## 2.2. Erinevate satelliitide mõõtmiste tulemused

Mõnikord on samal ajal vaatlusi tegemas korraga kaks või kolm satelliiti. Tekkis huvi, kas satelliitide mõõdetud andmed langevad kokku või mitte. Järgnevalt on võrreldud omavahel satelliitide Aqua, Terra ja/või GEO satelliidi andmeid (tabel 3, joonis 2).

Tabel 3. Vaatlusandmete võrdlus erinevate satelliitide korral

	pilvisus	plussid	miinused
AQUA - TERRA	üldine	10	0
	kõrged	9	1
	keskmised	8	2
	madalad	9	1
GEO - TERRA	üldine	11	11
	kõrged	17	5
	keskmised	12	10
	madalad	15	7
AQUA - GEO	üldine	18	8
	kõrged	22	4
	keskmised	11	15
	madalad	14	12

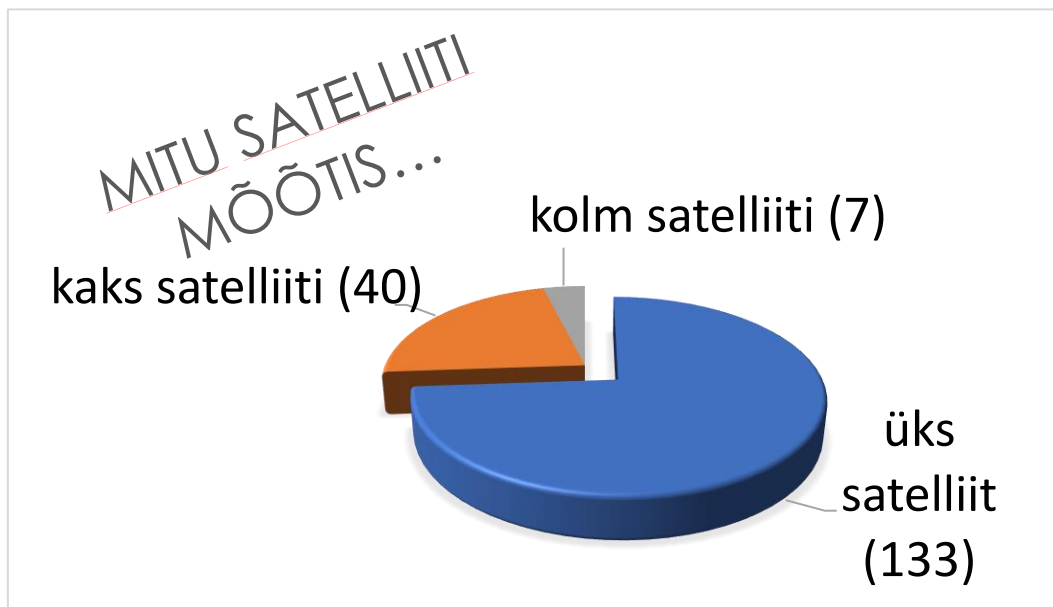


Joonis 2. Erinevate satelliitide mõõtmiste tulemused



Graafikult (joonis 2) on näha, et kõige suurem andmete kokkulangevus on satelliitide Aqua ja Terra andmete vahel. Samas on Aqua ja GEO satelliidi andmetes erinevused madalatel ja keskmistel kõrgustel olevate pilvede korral. Analoogne tulemus oli ka GLOBE ja GEO satelliidi korral. Pooltel juhtudel olid kokkulangevused andmetes GEO satelliidi ja Terra korral.

Kui mitmel korral oli 180 päevast andmeid mõõtnas üks, kaks või kolm satelliiti korraga, on kirjas joonisel 3. Näiteks kaks satelliiti mõõtis samal ajal 40 päeval, kolm satelliiti seitsmel ja üks 133 päeval.



Joonis 3. Päevade arv, kui mõõtmisi teostas korraga üks või mitu satelliiti

## KOKKUVÕTE

Andmete analüüs hõlmas ajavahemikku 15. august 2017 kuni 28. august 2018 ehk peaaegu ühte kalendriaastat. Võrdlust oli võimalik teha 180 päeva kohta, ülejäänud päevade kohta puudusid satelliitide andmed, sest arvesse läksid ainult need andmed, kui satelliit möödus GLOBE vaatluskohast +/- 15 minuti jooksul võrrelduna GLOBE vaatlusajaga.

Vaatlusperioodi esimesed andmed pärinevad satelliitidelt Aqua ja Terra, GEO satelliit hakkas vaatluskohast üle lendama alates jaanuarist 2018, augustiks 2018 olidki järjepidevad GEO satelliidi andmed, teised satelliidid liikusid harva.

Suurim kokkulangevus globelaste ja satelliitide mõõtmistulemustes oli üldise taeva pilvedega kaetavuse korral ja ülemiste (kõrgete) pilvedega kaetavuse korral. Keskmised ja madalad pilved olid paljudel juhtudel n-ö ära vahetatud.

Kõige suurem erinevus oli GLOBE ja GEO satelliidi andmete korral.

Juhtudel, kui mõõtmisi tegi kaks või kolm satelliiti korraga, oli suurim kokkulangevus Aqua ja Terra andmete korral; GEO andmed erinesid ka teiste satelliitide andmetest, seega mitte ainult globelaste andmetest.

Hüpotees leidis kinnitust — inimsilma ja satelliidi sensorite fikseeritud andmed langesid kokku üle poole ehk üle 50%, aga seda ainult üldise taeva pilvedega kaetavuse korral ja kõrgete pilvedega taeva kaetavuse korral. Keskmisi ja madalaid pilvi on inimsilmal eristada ikkagi keeruline ja need pilved lähevad tihti vahetusse.