

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**

Matemaatika-loodusteaduskond

Meresüsteemide Instituut

**MAISI KASVATAMISEKS SOBILIKUD SOOJUSLIKUD  
TINGIMUSED EESTIS JA NENDE MUUTUMINE  
KLIIMA SOOJENEMISEL**

**Bakalaureusetöö**

**Karin Käremaa**

Juhendaja: Triin Saue, okeanograafia õppetool, lektor

Maa-teadused

2015

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Kinnitan, et antud töö koostamisel olen kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidanud.

Töö autor: Karin Käremaa

*(allkiri ja kuupäev)*

Juhendaja: Triin Saue

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

*(allkiri ja kuupäev)*

Kaitsmiskomisjoni esimees: .....

Lubatud kaitsmisele:

.....

*(nimi, allkiri, kuupäev)*

## **SISUKORD**

LÜHIKOKKUVÕTE .....	5
SISSEJUHATUS .....	7
1. MAIS .....	8
1.1 Üldiseloostus .....	8
1.2 Kasvunõuded .....	9
1.3 Maisikasvatus Eestis.....	10
2. ANDMED JA MEETODID .....	12
3. TULEMUSED .....	16
3.1 Õhutemperatuuri muutused .....	16
3.2 Vegetatsiooniperioodi pikkus.....	18
3.2.1 Aastad 1965-2014.....	18
3.2.2 Aastad 2050 ja 2100 .....	19
3.3. Efektiivsete temperatuuride >10 °C summad.....	24
3.3.1 Aastad 1965-2014 .....	24
3.3.2 Aastad 2050 ja 2100 .....	25
4. JÄRELDUSED .....	29
KOKKUVÕTE.....	31
KASUTATUD KIRJANDUS .....	34
LISAD .....	36

Lisa 1. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2050 .....	36
Lisa 2. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2050 .....	38
Lisa 3. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2050 .....	40
Lisa 4. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2050 .....	42
Lisa 5. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2100 .....	44
Lisa 6. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2100 .....	46
Lisa 7. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2100 .....	48
Lisa 8. Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2100 .....	50

## LÜHIKOKKUVÕTE

Maakera keskmise õhutemperatuuri tõusuga kaasnevad ka muutused Eesti keskmistes õhutemperatuuri väärtustes. Temperatuurimuutused Põhja- ja Lõuna-Eestis aastateks 2050 ja 2100 on leitud kasutades nelja kliimamudelit ja kahte stsenaariumit: B1, milles on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon vähim, ja A2, milles on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon suurim. Kõik mudelid ja stsenaariumid ennustavad keskmise õhutemperatuuri tõusu Eestis, kusjuures aasta lõikes on ennustatav õhutemperatuuri tõus suurem Lõuna-Eestis, kuid taimekasvuperioodi lõikes (aprillist septembrini) Põhja-Eestis. Kõrgemate keskmiste õhutemperatuuridega kaasnevad pikemad vegetatsiooniperioodid ja efektiivsete temperatuuride summade tõusud. Aastaks 2050 on vegetatsiooniperiood ennustuste kohaselt pikenenud Põhja-Eestis 17-25 päeva ja Lõuna-Eestis 15-25 päeva, aastaks 2100 vastavalt 36-73 päeva ja 33-73 päeva. Efektiivsete temperatuuride summad on ennustuste kohaselt aastaks 2050 Põhja-Eestis 814-909°C ja Lõuna-Eestis 879-973°C, aastaks 2100 vastavalt 958-1328°C ja 1019-1378°C. Kui perioodil 1965-2014 oli Eesti kliima sobiv maisi kasvatamiseks ainult haljasmassi saamise eesmärgil, siis tulevikus on Eesti kliima sobilik ka maisi kasvatamiseks terise saamise eesmärgil, kusjuures Lõuna-Eestis on maisi kasvatamiseks mõnevõrra soodsamad soojuslikud tingimused.

Võtmesõnad: mais, kliimamuutus, Eesti, aasta 2050, aasta 2100

**Abstract.** Thermal conditions for corn production in Estonia and their change with climate warming.

Estonian climate is changing due to the increase of the global average temperatures. The temperature change results for years 2050 and 2100 in Northern Estonia and Southern Estonia were found using four general circulation models and two emission scenarios: B1, which represents the lowest concentration of greenhouse gases, and A2, which represents the highest concentration of greenhouse gases. All models and emission scenarios project temperature increase in Estonia. The increase for the whole year is expected to be higher in Southern Estonia, although the increase for the growing season (period from April to September) is expected to be higher in Northern Estonia. Higher average temperatures bring longer growing season and higher effective temperature sums. The growing season is projected to lengthen by 2050 on average of 17-25 days in Northern Estonia and 15-25 days in Southern Estonia and by 2100 36-73 days in Northern Estonia and 33-73 days in Southern Estonia. The effective temperature sums by 2050 are projected to be 814-909°C in Northern Estonia and 879-973°C in Southern Estonia and by 2100 958-1328°C in Northern Estonia and 1019-1378°C in Southern Estonia. Although it was possible to produce corn only for forage in Estonia in 1965-2014, the thermal conditions will be sufficient for corn production already by 2050 in Estonia.

Keywords: corn, climate change, Estonia, year 2050, year 2100

## SISSEJUHATUS

Kliima on alati olnud ja on ka tulevikus pidevas muutumises. IPCC 4. aruandes on prognoositud, et maakera keskmine õhutemperatuur tõuseb aastaks 2100 olenevalt kasvuhooaegaste kontsentratsioonist 1,8-4,0°C, kusjuures tõus on tõenäoliselt suurem kõrgematel laiuskraadidel (Solomon *et al.* 2007, 13). Maakera keskmise õhutemperatuuri tõusuga kaasneb ka Eesti kliima soojenemine.

Mitmed valdkonnad on kliimast oluliselt ja otseselt mõjutatud, sealhulgas ka põllumajandus. Kliimasoojenemisega kaasnevad kõrgemad õhutemperatuurid ja pikenev vegetatsiooniperiood võimaldavad saada suuremaid saake senistelt põllukultuuridelt, lisaks tekivad sobilikud tingimused uute sortide ja kultuuride kasvatamiseks. Mais on üks nendest põllukultuuridest, mille kasvatamist on Eestis juba 19. sajandist korduvalt proovitud, kuid mida senini ebapiisava soojusressursi tõttu ainult haljasmassina on õnnestunud kasvatada. Kas kliimamuutustega kaasnev õhutemperatuuri tõus on piisav, et tulevikus saaks Eestis maisi kasvatada ka terise saamise eesmärgil? Kui jah, kas siis igal aastal? Kas terves Eestis on soojuslikud tingimused piisavad või esineb piirkondlikke erinevusi? Sellistele küsimustele soovivad põllumehed enne riskide võtmist vastuseid saada.

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida maisi kasvatamiseks sobilikke soojuslikke tingimusi Eestis seoses kliimamuutustega. Eelkõige soovitakse vastust küsimusele, kas tulevikus on Eestis võimalik maisi kasvatada ka terise saamise eesmärgil.

Töö käigus uuritakse, kui palju tõuseb keskmine õhutemperatuur Eestis aastateks 2050 ja 2100. Lisaks uuritakse, millised olid soojuslikud tingimused maisi kasvatamiseks Eestis perioodil 1965-2014 ja millised on tingimused aastatel 2050 ja 2100.

# 1. MAIS

## 1.1 Üldiseloostus

Mais (lad. k. *Zea mays*) on üheaastane kõrreliste sugukonda kuuluv teravili. Mais on keskmiselt 0,5-6 meetri kõrgune, tal on hästi arenenud narmasjuurestik ja tugevad õhujuured, mis aitavad taime püstisena hoida. Lindikujulised lehed on keskmiselt 5-15 cm laiad ja kuni 120 cm kõrged, varre läbimõõt on keskmiselt 2-7 cm. Mais on tuulvõõrtolmleja. Õied on ühesugulised: isas- ja emasõisikud paiknevad ühel ja samal taimel, kusjuures isasõisik paikneb pöörisesena ladvas ja emasõisik varre kesk- või alumises osas. Tõlvik areneb välja emasõisikust. Ühel varrel areneb kuni neli keskmiselt 10-40 cm pikkust tõlvikut, millel paiknevad alguses õied, hiljem terised. Teris on keskmiselt 1 cm pikkune ning terise kuju ja värvus sõltub sahhariidide, valgu, rasva, mineraalide ja vitamiinide sisaldusest. (EE 1992 *sub mais*)

Kui enamasti on teada, millistest looduslikest liikidest on üks või teine kultuurtaim välja arenenud, siis maisi puhul ei olda siiani eellasi leitud (Kiik 1989, 8). Vanimad leitud tõendid maisi kohta pärinevad Kesk-Ameerikast: tõenäoliselt hakati maisi esmakordselt kasvatama Mehhikos umbes 7000 aastat tagasi. 15. sajandi lõpus, mil Columbus avastas Ameerika, levis mais Hispaaniasse ja teistesse Vahemere-äärsetesse riikidesse, hiljem hakati maisi kasvatama ka Euroopa põhja-poolsetes riikides (Maize in human ... 1992, 2).

Tänapäeval kasvatatakse maisi haljasmassi ja/või terise saamise eesmärgil kogu maakeral, väljaarvatud polaaraladel (Naveed *et al.* 2014, 1141).



## 1.2 Kasvunõuded

Temperatuur on üks tähtsamaid faktoreid maisi edukal kasvatamisel (Bartuševics *et al.* 2011, 18). Mais on soojalembene taim: olenevalt sordist on kasvamiseks sobilik temperatuurivahemik keskmiselt 6,2-42,0°C ja kasvamiseks optimaalseim temperatuur 28-32°C (Sanchez *et al.* 2014, 413). Maisi seemned idanevad keskmiselt temperatuurivahemikus 8-10°C (Heinsoo *et al.* 1986, 108). Maisi kasv peatub, kui temperatuur langeb alla kasvamiseks sobiliku temperatuurivahemiku. Mais on väga tundlik madalatele temperatuuridele: letaalsed kahjustused tekivad, kui temperatuur langeb keskmiselt alla -1,8°C (Sanchez *et al.* 2014, 413). Olenevalt sordist võivad külmakahjustused tekkida ka kasvamiseks sobiliku temperatuurivahemiku madalamatel temperatuuridel, mistõttu loetakse maisi baastemperatuuriks üldjuhul 10°C (Yi *et al.* 2010, 611). Kergesti tekkivate külmakahjustuste tõttu on oluline saagi koristuse ajastamine: saak tuleb koristada enne öökülmade teket (Põldaru *et al.* 2014, 89). Mais on tundlik ka liiga kõrgetele temperatuuridele: letaalsed kahjustused tekivad, kui temperatuur tõuseb keskmiselt üle 46°C (Sanchez *et al.* 2014, 413).

Mais on valgusenõudlik lühipäevataim, see tähendab, et mais õitseb alles hilissuvel või sügisel, mil öö pikkus ületab päeva pikkuse (Heinsoo *et al.* 1986, 108).

Kasvamiseks vajab mais viljakaid muldi, mis on hästi õhustatud, neutraalsed või nõrgalt happelised (pH 5,5...7). Liigniisked, happelised ja soolakumullad sobivad maisile vähem (Heinsoo *et al.* 1986, 108). Muld peab olema piisavalt soe: mulla madal temperatuur põhjustab maisi kasvu aeglustumist (Bartuševics *et al.* 2011, 18).

Maisi kasvatamisel terise saamise eesmärgil on vajalik, et efektiivsete temperatuuride (>10°C) summa vegetatsiooniperioodil ületaks piirväärtust 850°C, haljasmassi kasvatamiseks piisab madalamast efektiivsete temperatuuride summast (Peltonen-Sainio *et al.* 2009, 179). Erinevate sortide puhul võib see summa mõnevõrra erineda, kuid antud töös kasutatakse just nimetatud piirväärtust.

### 1.3 Maisikasvatuse Eestis

Teadaolevalt katsetati maisi kasvatamist Eestis esimest korda Vana-Kuuste Põllumajanduse Instituudis 1835. aastal (Heinsoo *et al.* 1986, 108). 19. sajandi lõpuks oli maisi kasvatamine muutunud laialdasemaks, näiteks kasvatati maisi Tartumaal Sangaste mõisas juba 1885. aastal (Kalling 2009). 1894. ja 1895. aastal korraldati maisisortide võrdluskatseid ka Rõmershofi mõisas (tuntud ka nimega Rooma mõis) Skriveris Põhja-Lätis. Katsetega selgitati välja, missugused maisisordid sobivad Eesti jaoks ja millised sobivad vaid Lõuna-Baltikumis kasvamiseks (Annuk 2000, 196). Lisaks selgus, et Eesti kliima on maisi jaoks liiga heitlik ja loodetud teravilja asemel tuleb leppida peamiselt haljasmassiga. Söödakultuurina usuti maisil siiski tulevikku olevat (Kalling 2009).

Laialdasemalt hakati maisi kasvatama 1950. aastatel, mil maisi osatähtsus Nõukogude Liidus silokultuurina muutus kõikidest silokultuuridest suurimaks (Heinsoo *et al.* 1986, 242). Usuti, et mais on kui imerohi, mis tõestab Nõukogude kolhooside paremust Ameerika Ühendriikide farmide üle (Kalling 2009). 1955. aastal otsustati, et lihatoodangu suurendamiseks on vaja suurendada ka maisi kui söödakultuuri toodangut Eesti NSV-s, mistõttu hakati kasvatama peamiselt kõva ja hammasmaisi hulka kuuluvaid sorte (Heinsoo *et al.* 1986, 108). Kuigi haljasmassi saak suurenes aastatega, jäi loodetud ja nõutud saagikus siiski sageli saavutamata: kehvast saagist süüdistati põlluharijaid, et nad ei eraldanud maisi jaoks oma parimaid põllumaid, ei valmistanud põlde piisavalt ette ega tegelenud ka külvi järgse hoolduse ja umbrohutõrjega. 1955. aastal asuti arendama Eesti jaoks parimat maisisorti. 1958. aastal, kui tehti plaane järgmisel aastal algavaks seitseaastakuks, kavandati suurendada maisi kasvupinda neli korda, sest eeldati, et mais annaks kaks korda rohkem haljasmassi kui teised sarnased põllukultuurid. 1960. aastal kavandati maisi külvata kokku 25 000 hektarile, mis oli üle poole rohkem kui eelmisel aastal. Kuigi kevadel oldi lootusrikkad, selgus peagi, et nii põllutöömashinate kui tööliste puudus tegid silotegemise raskeks: suur osa saagist ikaldus nii töökatte puuduse kui ka külma ja

vihmase suve tõttu. Kuigi 1961. aastal hakati mõistma, et maisi kasvatamine Eesti oludes ei pruugi end ära tasuda vegetatsiooniperioodi madalate temperatuuride tõttu, loodeti peagi maisi kasvupinda suurendada kuni 50 000 hektarini. Ka 1962. aastal ikaldus suur osa saagist maisi jaoks mittesobiliku ilma tõttu ja seega otsustati 1963. aastal, et majandid võivad vajadusel maisikülve vähendada. (Kalling 2009) Aastani 1976 püsis maisi külvipind enamvähem stabiilselt 23000-26000 hektari piires. Seejärel hakkas maisi külvipind vähenema: 1979. aastaks kasvatati maisi umbes 6500 hektaril. (Heinsoo *et al.* 1986, 243)

Võrreldes 1980. aastatega on maisi külvipind Eestis veelgi vähenenud: 2013. aastal toimunud Statistikaameti loenduse järgi kasvatati Eestis maisi 5006 hektaril (<http://www.stat.ee>). Samaks on jäänud maisi kasvatamise eesmärk: tänasel päeval ei ole Eesti kliima sobiv maisi terise valmimiseks, mistõttu kasvatatakse maisi haljasmassina ja sellest tehakse silo või antakse loomadele haljassöödana (Põldaru *et al.* 2014, 89).

## 2. ANDMED JA MEETODID

Käesolevas töös kasutati Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastatel 1965-2014 mõõdetud ööpäeva keskmisi õhutemperatuure. Andmed pärinevad Riigi Ilmateenistuselt (<http://www.ilmateenistus.ee>).

Mõlema asukoha jaoks arvutati ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride põhjal vegetatsiooniperioodi algus- ja lõppkuupäev, vegetatsiooniperioodi pikkus ja efektiivsete temperatuuride summa vegetatsiooniperioodil.

Vegetatsiooniperioodi leidmisel lähtuti definitsioonist: vegetatsiooniperioodi alguseks loetakse kuupäeva, millest alates on ööpäeva keskmise õhutemperatuuri püsiv tõus üle  $+5^{\circ}\text{C}$ . Püsivaks üleminekuks peetakse sellist üleminekut, mille puhul järgnevate soojemate päevade hälvete summa keskmise temperatuuri piirväärtusest (antud juhul  $+5^{\circ}\text{C}$ ) ületab külmemate päevade (alla  $+5^{\circ}\text{C}$ ) hälvete summa. Vegetatsiooniperioodi peetakse lõppenuks, kui külmemate päevade (alla  $+5^{\circ}$ ) hälvete summa ületab soojemate päevade (üle  $+5^{\circ}\text{C}$ ) hälvete summa (Tarand *et al.* 2013, 388). Vegetatsiooniperioodi efektiivsete temperatuuride summa ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) leiti järgmiselt: kui vegetatsiooniperioodi jääva päeva ööpäeva keskmine õhutemperatuur oli suurem kui  $10^{\circ}\text{C}$ , lahutati keskmisest õhutemperatuurist  $10^{\circ}\text{C}$ . Summa leidmiseks liideti kõikide vegetatsiooniperioodi jäävate päevade need õhutemperatuuride osad, mis jäid alles pärast  $10^{\circ}\text{C}$  lahutamist (Hou *et al.* 2014, 56). Saadud efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedust vaadati kuues jaotuses: alla  $700^{\circ}\text{C}$ ,  $701-850^{\circ}\text{C}$ ,  $851-1000^{\circ}\text{C}$ ,  $1151-1300^{\circ}\text{C}$  ja üle  $1301^{\circ}\text{C}$ . See vahemike valik tuleneb töö eesmärgist: hinnata maisi kasvatamiseks vajalikke soojusressursse. Oluline on just piirväärtus

850°C, kuid hinnati ka sellest üles- ja allapoole jäävate vahemike proportsioonide muutumist.

Tuleviku kliima ennustamiseks on IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) välja töötanud erinevad stsenaariumid. Stsenaariumide koostamisel on arvestatud nelja kasvuhoonegaasi sisaldust atmosfääris: süsinikdioksiid CO<sub>2</sub>, metaan CH<sub>4</sub>, vääveldioksiid SO<sub>2</sub> ja dilämmastikoksiid N<sub>2</sub>O (Houghton *et al.* 2001, 64). Käesolevas töös on kasutatud kahte stsenaariumit: A2, milles on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon suurim, ja B1, milles on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon vähim. Õhutemperatuuri tulevaste muutuste arvutamiseks kasutati tarkvara MAGICC/SCENGEN (*Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change/SCENario GENerator*) (Kont *et al.* 2003, 1) versiooni 5.3.v2. See pakett võimaldab arvutada temperatuuri, sademete ja õhurõhu muutused geograafilise võrgustiku ruutudes 2,5°×2,5° erinevate stsenaariumite korral. MAGICC/SCENGEN andmebaasis on Eesti hõlmatud kolme võrguruuduga, millest käesoleva töö raames kasutati kahte: keskpunktiga 58,8°N/23,8°E (Põhja-Eesti) ja 58,8°N/26,3°E (Lõuna-Eesti). Lähteinformatsioonina kasutab antud tarkvara eelnevalt arhiveeritud üldtsirkulatsiooni mudelite arvutuste tulemusi (CMIP3/AR4 arhiiv) ning perioodi 1980–1999 globaalseid ja lokaalseid kliimatrende. Pakett võimaldab rakendada 40 erinevat emissioonistsenaariumit ja arhiiv sisaldab 24 mudeli tulemusi.

Mõlema stsenaariumi korral kasutati nelja kliimamudeli (tabel 1) prognoose. Mudelite valikul toetuti hiljutisele uurimusele (Jaagus *et al.* 2014, 169-172), milles tehti kindlaks, millised mudelid ennustavad temperatuurimuutusi Eestis kõige täpsemalt. Töö käigus võrdlesid Jaagus ja Mändla aastatel 1961-1990 17. erinevas meteoroloogiajaamas (Jõgeva, Kihnu, Kunda, Kuressaare, Kuusiku, Narva, Pakri, Ristna, Sõrve, Tallinn, Tartu, Tiirikoja, Türi, Valga, Vilsandi, Virtsu, Võru) mõõdetud kuu keskmiseid õhutemperatuure erinevate mudelite ennustatud keskmiste õhutemperatuuridega. Eeldati, et kui mudeli ennustus langeb suuremal või vähemal määral kokku aastatel 1961-1990 meteoroloogiajaamades mõõdetud tulemustega, võib mudeli ennustust pidada usaldusväärseks. Kõige täpsemalt ennustavad temperatuurimuutusi Eestis tabelis 1 näidatud mudelid. Käesolevas töös leiti

temperatuurimuutused Põhja- ja Lõuna-Eestis aastateks 2050 ja 2100.

**Tabel 1.** Kliimamudelid, mille andmeid töös kasutati.

Mudel	Mudeli loonud instituut	Riik
NCAR_CCSM-3	National Center for Atmospheric Research	USA
NIES_MIROC3	CCSR/NIES/FRCGC	Jaapan
MPIM_ECHAM5	Max Planck Institute for Meteorology	Saksamaa
UKMO_HadGEM	Hadley Centre for Climate Prediction and Research	UK

MAGICC/SCENGEN annab kliimaparameetrite keskmised muutused kuu kohta: antud juhul kuu keskmise õhutemperatuuri (°C) muutustena. Igapäevaste õhutemperatuuride andmete saamiseks, mida antud töös vaja oli, võeti aluseks aastatel 1965-2014 Tallinn-Harku aeroloogiajaamas (Põhja-Eesti) ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas (Lõuna-Eesti) mõõdetud igapäevased keskmised õhutemperatuurid ja liideti neile vastava kuu ennustatav muutus. Tulemusena saadi iga stsenaariumi, tähtaja ja kliimamudeli tulemuse kohta 50 võimalikku tuleviku ilmastiku aastast käiku. Kokku leiti seega kummagi jaama kohta 800 aastast käiku (2 tähtaega x 2 stsenaariumit x 4 kliimamudelit x 50 aastast käiku). Niimoodi leitud jaotus iseloomustab ilmastiku varieeruvust. Seejärel leiti kõikide perioodi jäävate aastate vegetatsiooniperioodi kestus ja arvutati efektiivsete temperatuuride (>10°C) summa vegetatsiooniperioodil nimetatud jaamades.

Keskmise temperatuurimuutuse saamiseks Põhja- ja Lõuna-Eesti kohta liideti nelja mudeli ennustatud temperatuurimuutus ja arvutati seejärel temperatuurimuutuste aritmeetiline keskmine.

Muutuste usaldusväärsust hinnati Studenti t-testiga. Nimetatud testiga määrati kindlaks, kas kahe valimi tulemused erinevad teineteisest oluliselt. Võrreldi aastate 1965-2014 andmestikku ja tuleviku jaoks prognoositavat andmestikku.

### 3. TULEMUSED

#### 3.1 Õhutemperatuuri muutused

Muutused aasta keskmises õhutemperatuuris Põhja- ja Lõuna-Eestis arvatuna kahe stsenaariumi jaoks keskmistatuna üle nelja kliimamudeli on toodud tabelis 2.

Mõlemad stsenaariumid prognoosivad aasta keskmise õhutemperatuuri tõusu. Aastaks 2050 on mõlema stsenaariumi järgi tõus suurim jaanuaris ja vähim juunis. Aastaks 2100 on mõlema stsenaariumi järgi tõus suurim samuti jaanuaris, kuid stsenaariumi B1 järgi on tõus vähim augustis ja stsenaariumi A2 järgi juunis.

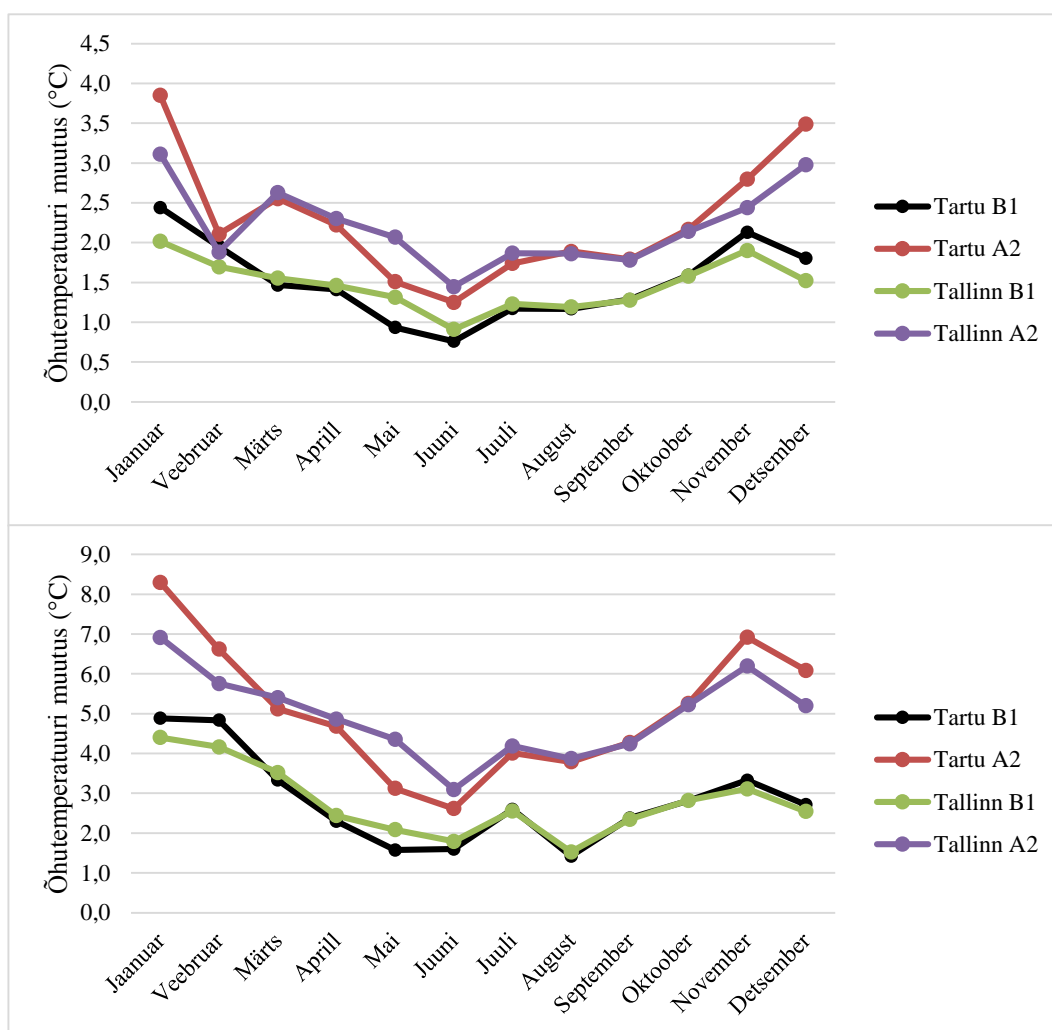
Aasta lõikes ennustavad mõlemad stsenaariumid pisut suuremat keskmise õhutemperatuuri tõusu Lõuna-Eestisse, kusjuures mõlemas piirkonnas on stsenaariumi A2 järgi tõus oluliselt suurem kui stsenaariumi B1 järgi.

**Tabel 2.** Muutused aasta keskmises õhutemperatuuris Põhja- ja Lõuna-Eestis. Sulgudes on antud projektsioonide maksimaalne ulatus (min–max).

Period (ennustus)	Stsenaarium	Põhja-Eesti	Lõuna-Eesti
2050	B1	1,47°C (0,91-2,02°C)	1,51°C (0,76-2,44°C)
	A2	2,21°C (1,79-4,40°C)	2,28°C (1,25-3,85°C)
2100	B1	2,78°C (1,52-4,40°C)	2,81°C (1,42-4,88°C)
	A2	4,94°C (3,09-6,92°C)	5,07°C (2,62-8,23°C)



Üldistatult ennustatakse suurimat soojenemist külmaks poolaastaks, samas kui taimekasvuperioodil aprillist septembrini jääks soojenemine tagasihoidlikumaks (joonis 1). Kui aasta lõikes ennustavad mõlemad stsenaariumid suuremat õhutamperatuuritõusu Lõuna-Eestisse, siis taimekasvuperioodi lõikes ennustavad mõlemad stsenaariumid veidi suuremat õhutamperatuuritõusu Põhja-Eestisse: Põhja-Eestis sajandi keskpaigaks 0,91-2,30°C ja sajandi lõpuks 1,52-4,87°C, Lõuna-Eestis sajandi keskpaigaks 0,76-2,22°C ja sajandi lõpuks 1,42-4,68°C.



**Joonis 1.** Prognostitud muutused Tallinna ja Tartu kuu keskmises õhutamperatuuris (°C) aastaks 2050 (ülemine) ja 2100 (alumine), arvatatud nelja kliimamudeli keskmisena stsenaariumide B1 ja A2 jaoks.

## **3.2 Vegetatsiooniperioodi pikkus**

### **3.2.1 Aastad 1965-2014**

Muutused vegetatsiooniperioodi alguses, lõpus ja kestuses Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas perioodi 1965-2014 jooksul on toodud tabelis 3.

Tallinn-Harku aeroloogiajaamas algas vegetatsiooniperiood aastatel 1965-2014 keskmiselt nädala võrra hiljem kui Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas, vegetatsiooniperioodi lõpp saabus Tallinn-Tartu aeroloogiajaamas keskmiselt kolm päeva hiljem. Kokkuvõttes oli vegetatsiooniperiood antud aastatel Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas keskmiselt kolm päeva pikem. Trendi põhjal arvatuna on 50 aasta jooksul vegetatsiooniperiood Tallinn-Harku aeroloogiajaamas pikenenud 14 päeva ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas 19 päeva võrra, kusjuures vegetatsiooniperioodi pikenemine on mõlemas jaamas peamiselt põhjustatud vegetatsiooniperioodi varasemast algusest.

Tasemel  $p < 0,05$  on vegetatsiooniperioodi varasem algus statistiliselt usaldatav mõlemas nimetatud jaamas, vegetatsiooniperioodi hilisem lõpp ei osutunud usaldatavaks kummaski jaamas. Vegetatsiooniperioodi pikenemine on tasemel  $p < 0,05$  statistiliselt usaldusväärne Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas, Tallinn-Harku aeroloogiajaamas aga mitte.

**Tabel 3.** Vegetatsiooniperioodi algus, lõpp ja kestus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas perioodi 1965-2014 põhjal. Märk „-“ tähistab kuupäeva nihkumist varasemaks, „+“ kuupäeva nihkumist hilisemaks. Kestuse lahtris tähistab märk „+“ kestuse pikenemist.

	Tallinn-Harku			Tartu-Tõravere		
	Algus	Lõpp	Kestus	Algus	Lõpp	Kestus
Keskmine	24.04	24.10	184	17.04	21.10	187
Minimaalne	05.04	28.09	160	21.03	25.09	145
Maksimaalne	14.05	17.11	216	5.05	14.11	215
Muutus trendi järgi perioodi jooksul päevades	-10	+4	+14	-17	+2	+19
Muutuse usaldatavus $p$	0,008	0,472	0,070	0,001	0,751	0,019

Need tulemused langevad hästi kokku Andres Tarandi, Jaak Jaaguse ja Ain Kallise poolt avaldatud tulemustega vegetatsiooniperioodi alguse, lõpu ja kestuse muutustest perioodil 1966-2010 (Eesti kliima ... 2013, 394-399). Ka nemad järeldasid, et vegetatsiooniperioodi algus on nihkunud varasemaks ja muutused on tasemel  $p < 0,05$  statistiliselt usaldusväärsed. Jõuti järeldusele, et nii vegetatsiooniperioodi algus kui ka lõpp saabusid Kagu-Eestisse varem kui Põhja-Eestisse. Muutused vegetatsiooniperioodi lõpus statistiliselt usaldusväärseks tasemel  $p < 0,05$  ei osutunud.

Kokkuvõttes jõuti nimetatud uurimuses järeldusele, et vegetatsiooniperioodi pikenemine antud perioodil on tingitud peamiselt vegetatsiooniperioodi alguse nihkumisest varasemaks. Samasugusele järelduseni jõuti ka käesoleva töö käigus.

### 3.2.2 Aastad 2050 ja 2100

Kliima soojenemisega kaasnevad keskmised muutused vegetatsiooniperioodi alguse ja lõpu kuupäevades ning kestuses Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastateks 2050 ja 2100 võrreldes perioodiga 1965-2014 on toodud tabelis 4.

Mõlema stsenaariumi põhjal ennustavad kõik mudelid nii Tallinn-Harku aeroloogiajaamas kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas vegetatsiooni jätkuvat pikenemist, mis on eelnevalt kirjeldatud üldise soojenemise juures igati loogiline tulemus. Nii aastaks 2050 kui ka aastaks 2100 ennustab mõlemasse asukohta suuremaid muutusi tugevamat kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni suurenemist arvestav stsenaarium A2.

Nii aastaks 2050 kui ka aastaks 2100 ennustavad mudeleid suuremaid muutusi vegetatsiooniperioodi pikenemises Tallinn-Harku aeroloogiajaama, mõnevõrra väiksemaid muutusi Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama.

Aastaks 2050 ennustab Tallinn-Harku aeroloogiajaama kõige suuremaid muutusi stsenaariumi B1 järgi mudel UKHADGEM ja stsenaariumi A2 järgi mudel MIROC-HI. Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama ennustab mõlema stsenaariumi järgi kõige suuremaid muutusi mudel UKHADGEM. Kõige väiksemaid muutusi ennustab mõlema stsenaariumi järgi nii Tallinn-Harku aeroloogiajaama kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama mudel CCSM-30. Aastaks 2100 ennustab nii Tallinn-Harku aeroloogiajaama kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama kõige suuremaid muutusi stsenaariumi B1 järgi mudel UKHADGEM, stsenaariumi A2 järgi mudel MPIECH-5. Kõige väiksemaid muutusi ennustab mõlemasse jaama mõlema stsenaariumi järgi mudel CCSM-30.

**Tabel 4.** Kliima soojenemisega kaasnevad keskmised muutused vegetatsiooniperioodi näitajates aastateks 2050 ja 2100 Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas. Märk „-“ tähistab kuupäeva nihkumist varasemaks, „+“ kuupäeva nihkumist hilisemaks. Kestuse lahtris tähistab märk „+“ kestuse pikenedust. Märk „\*“ näitab erinevuse statistilist usaldatavat  $p < 0,05$  tasemel.

			Tallinn-Harku			Tartu-Tõravere		
Periood (ennustus)	Stsenaarium	Mudel	Algus	Lõpp	Kestus	Algus	Lõpp	Kestus
2050	B1	CCSM-30	-2	+6*	+7	-1	+3	+3
		MIROC-HI	-10*	+10*	+19*	-11*	+10*	+21*
		MPIECH-5	-8*	+12*	+19*	-2	+11	+13*
		UKHADGEM	-9*	+16*	+24*	-8*	+16*	+24*
	A2	CCSM-30	-3	+8*	+10*	-2	+4	+6
		MIROC-HI	-20*	+14*	+34*	-18*	+15*	+34*
		MPIECH-5	-12*	+14*	+25*	-6*	+15*	+21*
		UKHADGEM	-15*	+18*	+32*	-15*	+22*	+37*
2100	B1	CCSM-30	-4*	+12*	+14*	-4	+14*	+18*
		MIROC-HI	-23*	+17*	+38*	-23*	+19*	+42*
		MPIECH-5	-27*	+18*	+44*	-8*	+21*	+29*
		UKHADGEM	-29*	+21*	+49*	-19*	+24*	+43*
	A2	CCSM-30	-11*	+36*	+47*	-5	+42*	+47*
		MIROC-HI	-42*	+40*	+82*	-38*	+42*	+81*
		MPIECH-5	-55*	+39*	+93*	-45*	+41*	+87*
		UKHADGEM	-55*	+15	+70*	-57*	+18	+75*

Muutused vegetatsiooniperioodi alguses, lõpus ja kestuses Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastateks 2050 ja 2100 kahe stsenaariumi järgi keskmistatuna üle nelja kliimamudeli on toodud tabelis 5.

Nii aastaks 2050 kui ka aastaks 2100 prognoositakse tugevamat vegetatsiooniperioodi alguse nihkumist varasemaks ja vegetatsiooniperioodi lõpu nihkumist hilisemaks Tallinn-Harku aeroloogiajaama. Kokkuvõttes ennustab stsenaarium B1 vegetatsiooniperioodi tugevamat pikenemist aastateks 2050 ja 2100 Tallinn-Harku aeroloogiajaama, stsenaarium A2 ennustab aastateks 2050 ja 2100 võrdset vegetatsiooniperioodi pikenemist mõlemas jaamas.

**Tabel 5.** Muutused vegetatsiooniperioodi alguses, lõpus ja kestuses Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastateks 2050 ja 2100.

		Tallinn-Harku			Tartu-Tõravere		
Periood (ennustus)	Stsenaarium	Algus	Lõpp	Kestus	Algus	Lõpp	Kestus
2050	B1	-7	+11	+17	-6	+10	+15
	A2	-13	+14	+25	-10	+14	+25
2100	B1	-21	+17	+36	-14	+20	+33
	A2	-41	+33	+73	-36	+36	+73

Vegetatsiooniperioodi ennustatav keskmine algus, lõpp ja kestus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastatel 2050 ja 2100 mõlema stsenaariumi järgi keskmistatuna üle nelja kliimamudeli on toodud tabelis 6.

Kui perioodil 1965-2014 algas vegetatsiooniperiood nii Tallinn-Harku aeroloogiajaamas kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas keskmiselt aprilli teises pooles ja lõppes oktoobri teises pooles, siis aastaks 2050 prognoositakse vegetatsiooniperioodi keskmist algust aprilli esimesse poolde ja lõppu novembri

esimesse poolde, välja arvatud aasta 2050, mil stsenaariumi B1 järgi lõpeb vegetatsiooniperiood Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas keskmiselt 31.10. Kuigi aastaks 2050 on vegetatsiooniperioodi kestus stsenaariumi B1 järgi rohkem pikenenud Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja stsenaariumi A2 järgi võrdselt pikenenud mõlemas jaamas, jääb vegetatsiooniperiood kokkuvõttes endiselt pikemaks siiski Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas. Aastaks 2100 on vegetatsiooniperioodi keskmine algus mõlemas jaamas nihkunud stsenaariumi B1 järgi aprilli algusesse ja stsenaariumi A2 järgi märtsi esimesse poolde. Vegetatsiooniperiood lõpeb nii Tallinn-Harku aeroloogiajaamas kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas keskmiselt novembri esimeses pooles stsenaariumi B1 järgi ja novembri teises pooles stsenaariumi A2 järgi. Kuigi aastaks 2050 on vegetatsiooniperiood keskmiselt pikem Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas, siis aastaks 2100 on stsenaariumi B1 järgi vegetatsiooniperiood mõlemas jaamas võrdse pikkusega ja stsenaariumi A2 järgi pikem Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas.

**Tabel 6.** Vegetatsiooniperioodi keskmine algus, lõpp ja kestus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastatel 2050 ja 2100.

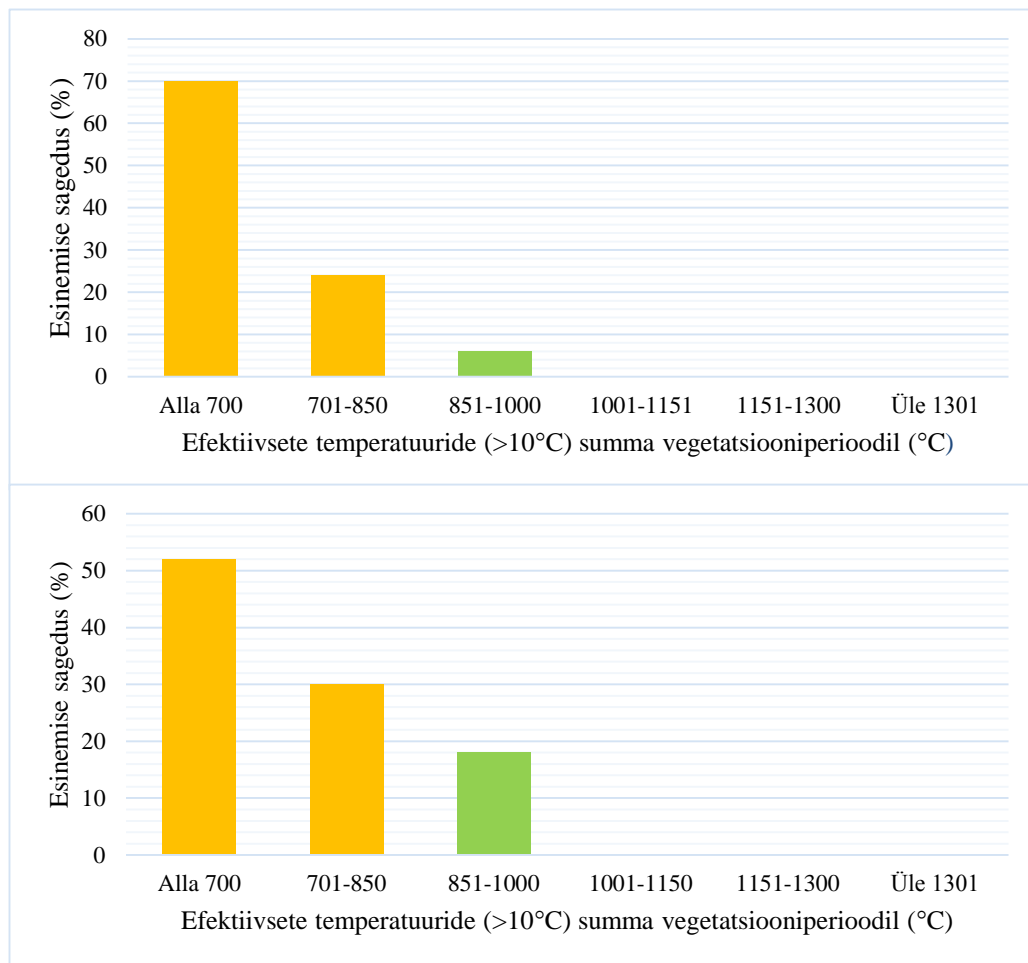
		Tallinn-Harku			Tartu-Tõravere		
Periood (ennustus)	Stsenaarium	Algus	Lõpp	Kestus	Algus	Lõpp	Kestus
2050	B1	17.04	04.11	201	11.04	31.10	202
	A2	11.04	07.11	209	07.04	04.11	212
2100	B1	03.04	10.11	220	03.04	10.11	220
	A2	14.03	26.11	257	12.03	26.11	260

### **3.3. Efektiivsete temperatuuride >10 °C summad**

#### **3.3.1 Aastad 1965-2014**

Efektiivsete temperatuuride summade jaotus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas perioodil 1965-2014 on näidatud joonisel 2. Diagrammil on kollase värviga toodud efektiivsete temperatuuride summade vahemikud, mis ei ole piisavad maisi kasvatamiseks terise saamise eesmärgil, rohelise värviga on toodud efektiivsete summade vahemikud, mis on piisavad maisi kasvatamiseks terise saamise eesmärgil. Tallinn-Harku aeroloogiajaamas oli perioodil 1965-2014 efektiivsete temperatuuride summa vegetatsiooniperioodil keskmiselt 647°C, kusjuures minimaalseks summaks saadi 391°C (1987. aastal) ja maksimaalseks summaks 898°C (2006. aastal). Vaadeldud perioodi jooksul jäi efektiivsete temperatuuride summa alla 700°C 35 aastal ehk 70% aastatest, vahemikku 701-850°C jäi 12 aastal ehk 24% aastatest, vahemikku 851-1000°C 3 aastal ehk 6% aastatest. Üle 1000°C ei tõusnud efektiivsete temperatuuride summa ühelgi aastal. Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas oli efektiivsete temperatuuride summa vegetatsiooniperioodil keskmiselt 719°C, kusjuures minimaalseks summaks saadi 481°C (1987. aastal) ja maksimaalseks summaks 976 °C (2010. aastal). Vaadeldud perioodi jooksul jäi efektiivsete temperatuuride summa alla 700°C 26 aastal ehk 52% aastatest, vahemikku 701-850 °C jäi 15 aastal ehk 30% aastatest, vahemikku 851-1000 °C 9 aastal ehk 18% aastatest. Ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas ei tõusnud efektiivsete temperatuuride summa üle 1000°C ühelgi aastal.





**Joonis 2.** Efektiivsete temperatuuride (>10°C) summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas (ülemine) ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas (alumine) perioodil 1965-2014.

### 3.3.2 Aastad 2050 ja 2100

Efektiivsete temperatuuride summade keskmised väärtused, üle piirväärtuse 850°C esinemise sagedus ja muutused Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas võrreldes perioodi 1965-2014 keskmistega kahe stsenaariumi ja nelja kliimamudeli põhjal on toodud tabelis 7.

Kõik ennustused üle kahe stsenaariumi ja nelja kliimamudeli nii Tallinn-Harku aeroloogiajaama kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama kohta osutusid tasemel  $p < 0,05$  statistiliselt usaldusväärseks.

Suuremaid muutusi ennustab kõikidel juhtudel stsenaarium A2. Nii aastaks 2050 kui ka 2100 ennustab Tallinn-Harku aeroloogiajaama kõige suuremaid muutusi nii stsenaariumi B1 kui ka stsenaariumi A2 järgi mudel MPIECH-5. Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama ennustab kõige suuremaid muutusi aastateks 2050 ja 2100 mõlema stsenaariumi järgi mudel UKHADGEM. Efektiivsete temperatuuride esinemise sageduste jaotused erinevate stsenaariumite ja mudelite järgi aastateks 2050 ja 2100 on toodud lisades 1-8.

Nii aastaks 2050 kui ka aastaks 2100 ennustavad mudelid suuremaid muutusi efektiivsete temperatuuride summade väärtustes Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama, väiksemaid muutusi Tallinn-Harku aeroloogiajaama.

**Tabel 7.** Efektiivsete temperatuuride summade keskmised väärtused, üle piirväärtuse 850°C esinemise sagedus ja muutus võrreldes perioodi 1965-2014 keskmisega. Märk „+“ tähistab keskmise summa/osakaalu suurenemist.

			Tallinn-Harku		Tartu-Tõravere	
Periood (ennustus)	Stsenaarium	Mudel	Keskmine summa ja muutus, °C	Osakaal üle 850°C ja muutus, %	Keskmine summa ja muutus, °C	Osakaal üle 850°C ja muutus, %
2050	B1	CCSM-30	742 (+94)	20 (+14)	815 (+96)	34 (+16)
		MIROC-HI	806 (+159)	38 (+32)	879 (+160)	52 (+34)
		MPIECH-5	870 (+223)	52 (+46)	904 (+185)	62 (+44)
		UKHADGEM	836 (+189)	40 (+34)	916 (+197)	64 (+46)
	A2	CCSM-30	800 (+153)	36 (+30)	878 (+159)	52 (+34)
		MIROC-HI	896 (+249)	60 (+54)	974 (+255)	80 (+62)
		MPIECH-5	993 (+346)	86 (+80)	1006 (+287)	84 (+66)
		UKHADGEM	946 (+299)	74 (+68)	1032 (+313)	88 (+70)
2100	B1	CCSM-30	844 (+197)	42 (+36)	924 (+205)	66 (+48)
		MIROC-HI	940 (+293)	74 (+68)	1020 (+301)	86 (+68)
		MPIECH-5	1040 (+393)	94 (+88)	1052 (+333)	92 (+74)
		UKHADGEM	1006 (+359)	88 (+82)	1080 (+361)	94 (+76)
	A2	CCSM-30	1019 (+372)	94 (+88)	1096 (+377)	98 (+80)
		MIROC-HI	1259 (+612)	100 (+94)	1385 (+639)	100 (+82)
		MPIECH-5	1540 (+893)	100 (+94)	1462 (+743)	100 (+82)
		UKHADGEM	1493 (+846)	100 (+94)	1568 (+849)	100 (+82)

Efektiivsete temperatuuride summad ja osakaalud üle 850°C Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastatel 2050 ja 2100 kahe stsenaariumi järgi keskmistatuna üle nelja kliimamudeli on toodud tabelis 8.

Aastaks 2050 on efektiivsete temperatuuride summa piisav terise kasvatamise eesmärgil Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi, stsenaariumi B1 järgi efektiivsete temperatuuride summa piisav maisi kasvatamiseks ainult haljasmassi saamise eesmärgil. Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas on efektiivsete temperatuuride summa piisav terise kasvatamise eesmärgil mõlema stsenaariumi järgi.

Aastaks 2100 on efektiivsete temperatuuride summa piisav terise kasvatamise eesmärgil mõlema stsenaariumi järgi nii Tallinn-Harku aeroloogiajaamas kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas.

**Tabel 8.** Efektiivsete temperatuuride summad ja osakaalud üle 850°C Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas aastateks 2050 ja 2100.

		Tallinn-Harku		Tartu-Tõravere	
Periood (ennustus)	Stsenaarium	Keskmine summa, °C	Osakaal üle 850°C, %	Keskmine summa, °C	Osakaal üle 850°, %
2050	B1	814	38	879	53
	A2	909	64	973	76
2100	B1	958	75	1019	93
	A2	1328	99	1378	100

## 4. JÄRELDUSED

Aastaks 2050 on keskmine õhutemperatuur tõusnud olenevalt stsenaariumist ja asukohast 1,47-2,28°C, aastaks 2100 on keskmine õhutemperatuur tõusnud olenevalt stsenaariumist ja asukohast 2,78-5,07°C. Keskmise õhutemperatuuri tõus toob endaga kaasa vegetatsiooniperioodi märgatava pikenemise ja üle 850°C ulatuvate efektiivsete temperatuuride summade esinemise sageduse suurenemise tulevikus.

### Vegetatsiooniperiood

Kui perioodil 1965-2014 oli vegetatsiooniperioodi pikenemine tingitud peamiselt vegetatsiooniperioodi alguse nihkumisest varasemaks, siis tulevikus on vegetatsiooniperioodi pikenemine tingitud nii vegetatsiooniperioodi varasemast algusest kui ka hilisemast lõpust, kusjuures pigem on erinevate mudelite ennustuste järgi vegetatsiooniperioodi lõpu nihkumine hilisemaks ulatuslikum kui alguse nihkumine varasemaks. See ei ole põllumajanduse seisukohast väga hea, kuna sügisene vegetatsiooniperioodi pikenemine ei ole enamiku põllukultuuride, kaasa arvatud maisi, kasvatamiseks nii kasulik kui kevadine.

Kui perioodil 1965-2014 oli vegetatsiooniperioodi keskmine pikkus olenevalt asukohast 184-187 päeva, siis aastaks 2050 on olenevalt asukohast ja stsenaariumist vegetatsiooniperioodi pikkus 201-212 päeva ja aastaks 2100 220-260 päeva. Pikenenud vegetatsiooniperiood loob võimalused maisi varasemaks külvamiseks ja saagi hilisemaks koristamiseks.

### Efektiivsete temperatuuride summad

Maisi kasvatamisel terise saamise eesmärgil on vajalik efektiivsete temperatuuride summa üle 850°. Kui perioodil 1965-2014 oli keskmine efektiivsete temperatuuride

summa olenevalt jaamast 647-719°C ja üle 850°C ulatus efektiivsete temperatuuride summast 6%-18%, siis aastaks 2050 on keskmine efektiivsete temperatuuride summa olenevalt stsenaariumist ja asukohast 814-973°C ja üle 850°C ulatuvate efektiivsete temperatuuride summa 38-76% ning aastaks 2100 vastavalt 958-1378°C ja 75-100%.

Kui perioodil 1965-2014 oli Eesti kliima sobiv maisi kasvatamiseks ainult haljasmassi saamise eesmärgil, siis tulevikuks, eriti aastaks 2100, on Eesti kliima piisavalt soojenenud kasvatamiseks maisi ka terise saamise eesmärgil. Seejuures tuleb märkida, esinevad ka piirkondlikud erinevused: nii aastaks 2050 kui ka 2100 on maisi kasvatamiseks terise saamise eesmärgil mõnevõrra sobilikumad tingimused rohkem pikenenud vegetatsiooniperioodi ja rohkem suurenenud efektiivsete temperatuuride summade tõttu Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö käigus uuriti, millised olid soojuslikud tingimused maisi kasvatamiseks Eestis perioodil 1965-2014, kui palju tõuseb keskmine õhutemperatuur Eestis aastateks 2050 ja 2100 ning kas ja millisel määral muutuvad soojuslikud tingimused Eestis seoses kliima soojenemisega.

Töö käigus arutati ööpäeva keskmiste õhutemperatuuride põhjal keskmised vegetatsiooniperioodi algus- ja lõpukuupäevad, vegetatsiooniperioodi pikkused ja efektiivsete temperatuuride summad vegetatsiooniperioodil Tallinn-Harku aeroloogiajaamas ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas. Nimetatud parameetrite arvutamisel kasutati nelja kliimamudelit ja kahte stsenaariumit: B1, milles on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon vähim, ja A2, milles on kasvuhoonegaaside kontsentratsioon suurim.

Töö käigus selgus, et keskmistatuna üle nelja kliimamudeli tõuseb keskmine õhutemperatuur Eestis sõltuvalt stsenaariumist ja asukohast aastaks 2050 1,47-2,28°C ja aastaks 2100 2,78-5,07°C, kusjuures taimekasvuperioodi lõikes tõuseb keskmine õhutemperatuur ennustuste kohaselt mõnevõrra rohkem Põhja-Eestis.

Aastatel 1965-2014 oli vegetatsiooniperiood Tallinn-Harku aeroloogiajaamas keskmiselt kolme päeva võrra lühem kui Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas, olles vastavalt 184 päeva ja 187 päeva. Nii aastaks 2050 kui ka aastaks 2100 prognoositakse mõlemasse jaama vegetatsiooniperioodi alguse nihkumist varasemaks, lõpu nihkumist hilisemaks ja kestuse pikenemist. Aastaks 2050 on ennustuste kohaselt vegetatsiooniperioodi pikkus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas olenevalt stsenaariumist 201-209 päeva ja aastaks 2100 220-257 päeva, Tartu-Tõravere

meteoroloogiajaamas vastavalt 202-212 päeva ja 220-260 päeva. Kuigi mõlemaks aastaks pikeneb vegetatsiooniperiood ennustuste kohaselt mõnevõrra rohkem Tallinn-Harku aeroloogiajaamas, on sarnaselt praegusele ka tulevikus vegetatsiooniperiood paari päeva võrra pikem siiski Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas.

Aastatel 1965-2014 oli efektiivsete temperatuuride summa vegetatsiooniperioodil Tallinn-Harku aeroloogiajaamas keskmiselt 647°C ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas 719°C. Kliimasoojenemisega ja vegetatsiooniperioodi pikenedamisega kaasnevad aga ka efektiivsete temperatuuride summade suurenemised. Ennustuste kohaselt on Tallinn-Harku aeroloogiajaamas efektiivsete temperatuuride summa olenevalt stsenaariumist aastaks 2050 814-909°C ja aastaks 2100 958-1328°C ning Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas vastavalt 879-973°C ja 1019-1378°C.

Aastatel 1965-2014 ulatus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas efektiivsete temperatuuride summa üle 850°C 6% aastatel ja Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas 18% aastatel. Tallinn-Harku aeroloogiajaamas on ennustuste kohaselt üle 850°C ulatuvate efektiivsete temperatuuride osakaalud olenevalt stsenaariumist aastaks 2050 38-64% ja aastaks 2100 75-99%, Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas vastavalt 53-76% ja 93-100%. Kuigi ennustuste kohaselt tõuseb keskmine õhutemperatuur taimekasvu perioodil mõnevõrra rohkem Põhja-Eestis, on efektiivsete temperatuuride summad ja üle 850°C ulatuvate summade osakaalud sarnaselt praegusele ka tulevikus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas suuremad.

Pikenenud vegetatsiooniperioodiga ja suurenenud efektiivsete temperatuuride summadega kaasnevad uued ja sobilikumad tingimused maisi kasvatamiseks. Maisi kasvatamisel terise saamise eesmärgil on oluline, et efektiivsete temperatuuride summa oleks vegetatsiooniperioodil vähemalt 850°C. Aastatel 1965-2014 olid keskmised efektiivsete temperatuuride summad nii Tallinn-Harku aeroloogiajaamas kui ka Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas alla 850°C, mis tähendab, et antud perioodil ei olnud soojuslikud ressursid kummaski jaamas piisavad maisi kasvatamiseks terise saamise eesmärgil. Aastate 2050 ja 2100 soojuslikud tingimused on rohkem maisi kasvatamist soosivamad ja kokkuvõtlikult võib öelda, et tulevikus



saab Eestis maisi ka terise saamise eesmärgil kasvatada. Seejuures tuleb märkida, et kuigi keskmise õhutemperatuuri tõus on ennustatavalt taimekasvuperioodil suurem Põhja-Eestis, on soojuslikud tingimused maisi kasvatamiseks 21. sajandi lõpuks mõnevõrra paremad siiski Lõuna-Eestis.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Annuk, K. (2000). Taimekasvatustlikust katsetegevusest Eestimaal ja Põhja-Liivimaal XIX sajandil ja XX sajandi kahel esimesel aastakümnel. – *Agraarteadus*, 11 (3), 193-199.

Bartuševics, J., Gaile, Z. 2011. Influence of warmth conditions characterizing parameters on yield and chemical composition of maize in Latvia. – *Research for Rural Development – International Scientific Conference*, 1, 18-23.

Climate Change 2001: The Scientific Basis. (2001). / ed. Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C. A. United Kingdom: The Press Syndicate of the University of Cambridge.

Climate Change 2007: The Physical Science Basis. (2007). / ed. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. M. B., Miller, H. L., Jr. New York: Cambridge University Press.

Hou, P., Liu, Y., Xie, R., Ming, R., Ma, D., Li, S., Mei, X. 2014. Temporal and spatial variation in accumulated temperature requirements on maize. – *Field Crops Research*, 158, 55-64.

Jaagus, J., Mändla, K. (2014). Climate change scenarios for Estonia based on climate models from the IPCC Fourth Assessment Report. – *Estonian Journal of Earth Sciences*, 63 (3), 166-180.

Kalling, K. (2009). „Head ja palju!“ – Maisikampaania Nõukogude Eestis. – *Eesti Loodus*. [E-ajakiri]

([http://www.loodusajakiri.ee/eesti\\_loodus/artikkel2911\\_2904.html](http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/artikkel2911_2904.html)) (10.04.2015)

Kiik, H. (1989). *Maailma viljad*. Tallinn: Kirjastus Valgus.

Kont, A., Jaagus, J., Aunap, R. 2003. Climate change scenarios and the effect of sea-level rise for Estonia. – *Global and Planetary Change*, 36 (1-2), 1-15.

Mais. (1992). – *Eesti entsüklopeedia*. 6. kd. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus, 120.

Maize in Human Nutrition. (1992). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Naveed, S., Aslam, M., Maqbool, M.A., Bano, A., Zaman, Q.U., Ahmad, R.M. 2014. *Physiology of high temperature stress tolerance at reproductive stages in maize*, 24 (4), 1141-1145.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K., Ojanen, H. (2009). Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production on Finland. – *Agricultural and Food Science*, 18 (3-4), 171-190.

Põldaru, R., Roots, J. 2014. Using a nonlinear stochastic model to Schedule silage maize harvesting on Estonian farms. – *Computers and Electronics in Agriculture*, 107, 89-96.

Sanchez, B., Rasmussen, A., Porter, J. (2014). Temperatures and the growth and development of maize and rice: a review. – *Global Change Biology*, 20 (2), 408-417.

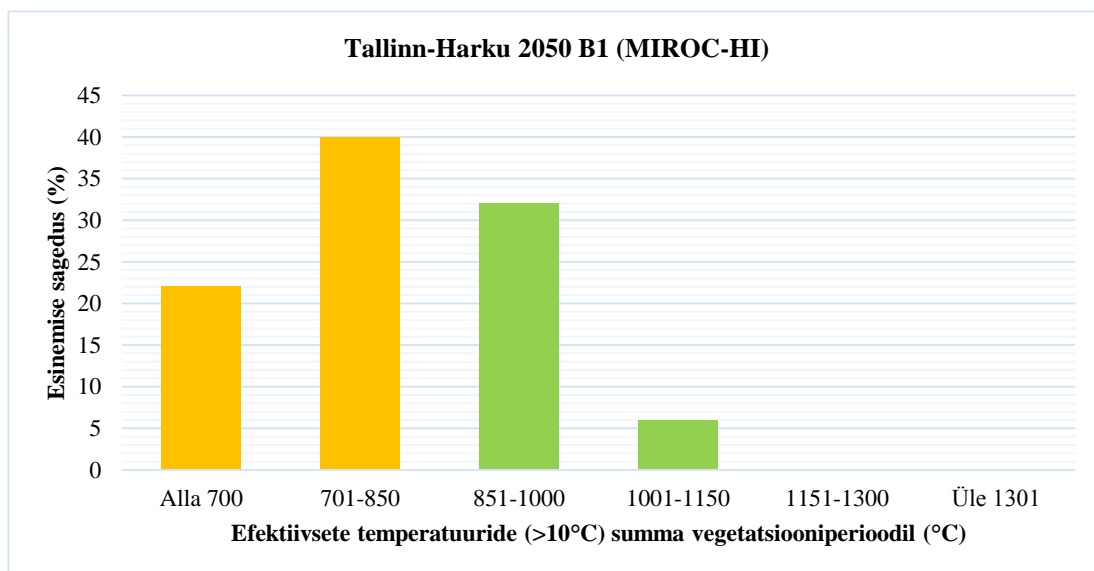
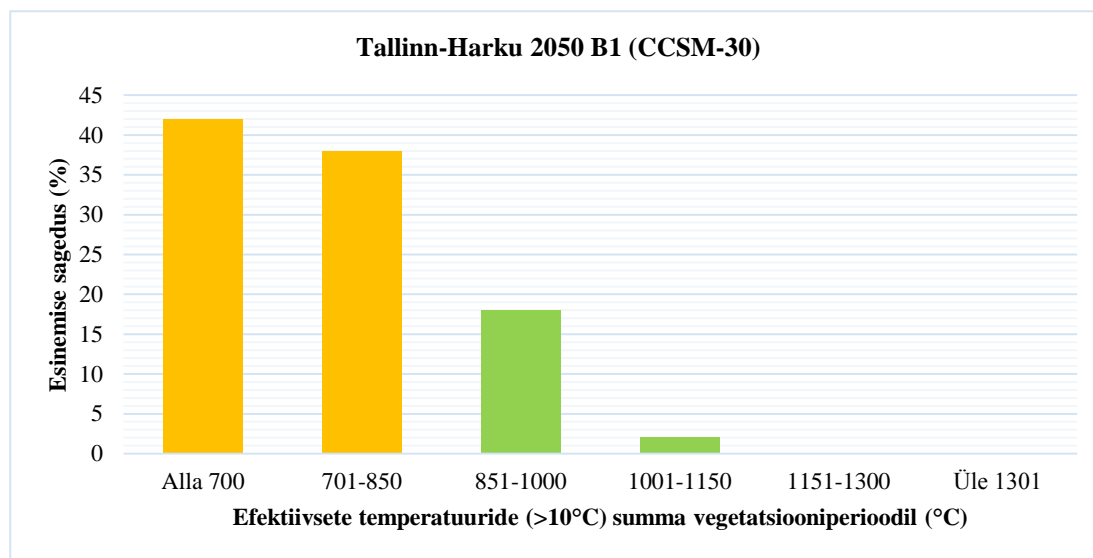
Taimikasvatus. (1986). / Heinsoo, J., Jaama, E., Jõudu, J., Reimets, E., Viileberg, K. Tallinn: Kirjastus Valgus.

Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A. (2013). *Eesti kliima minevikus ja tänapäeval*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

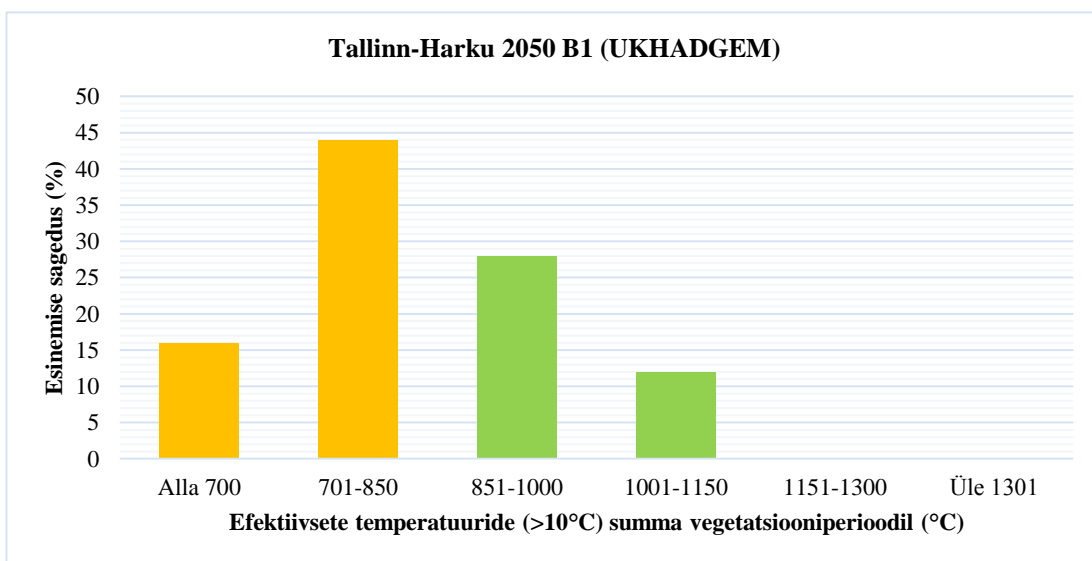
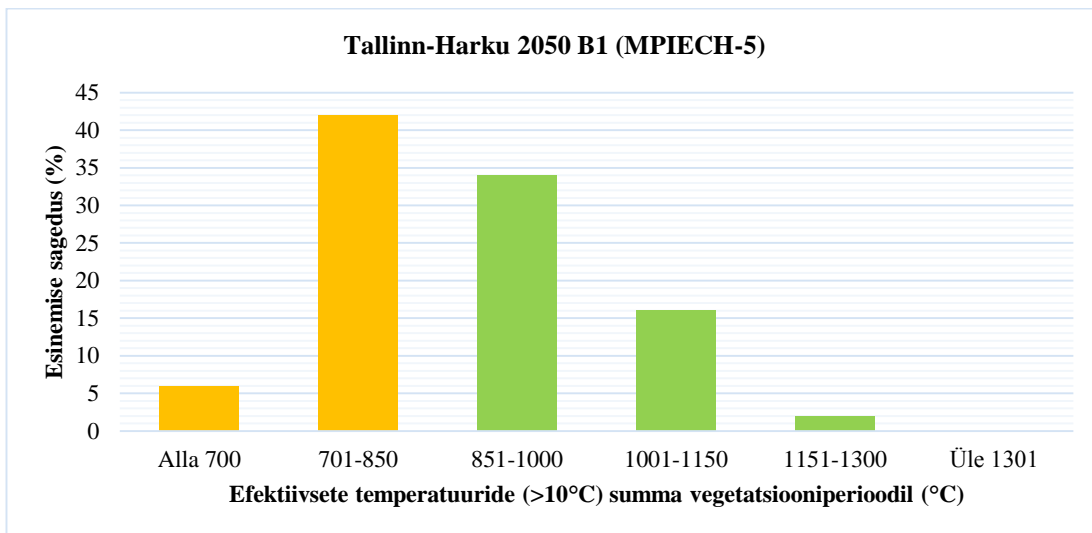
Yi, L., Shenjiao, Y., Shiqing, L., Xinping, C., Fang, C. 2010. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practis: Resource capture and use efficiency. – *Agricultural and Forest Meteorology*, 150 (4), 606-613.

## LISAD

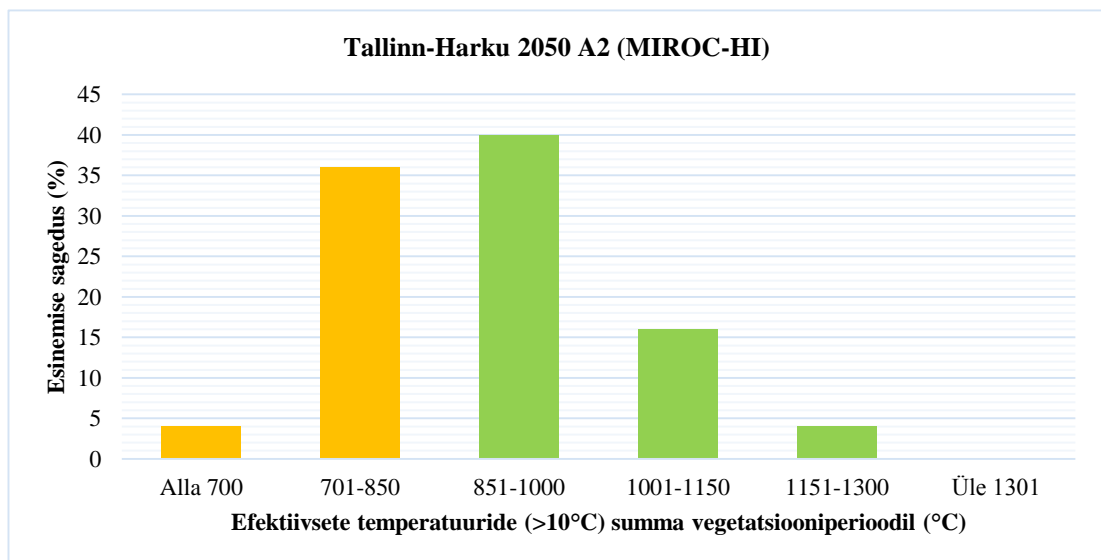
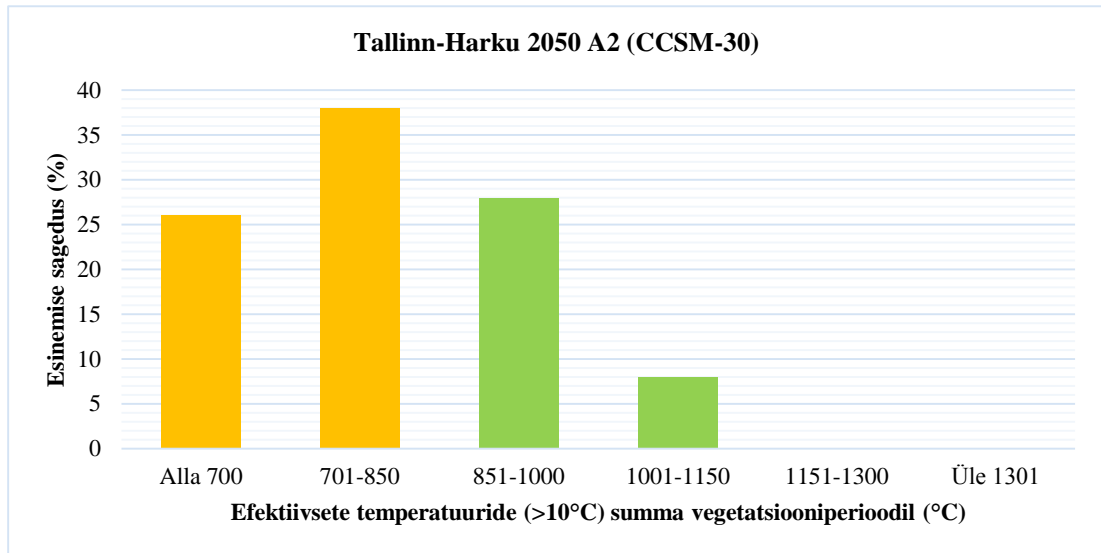
**Lisa 1.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2050



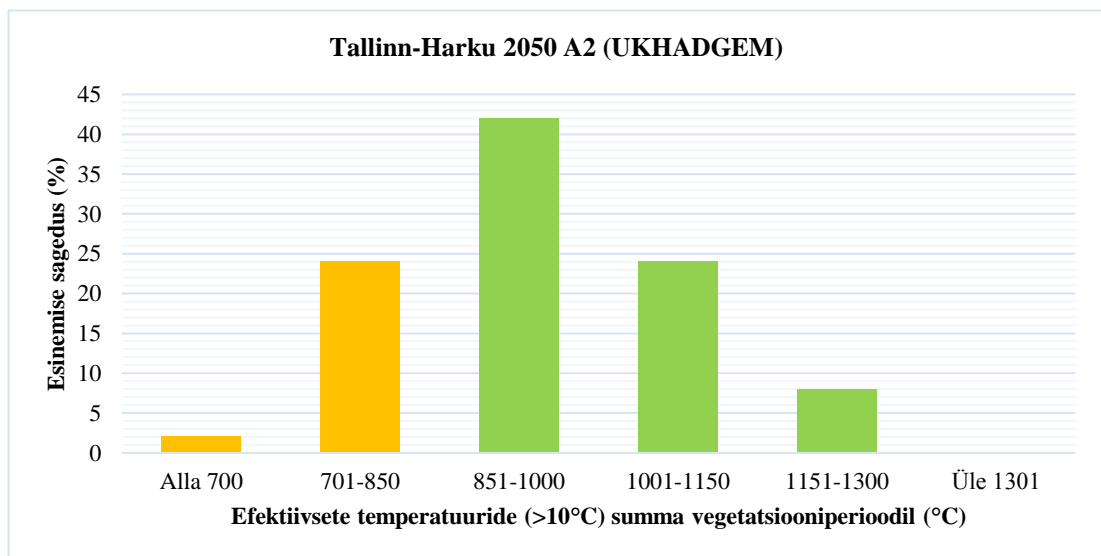
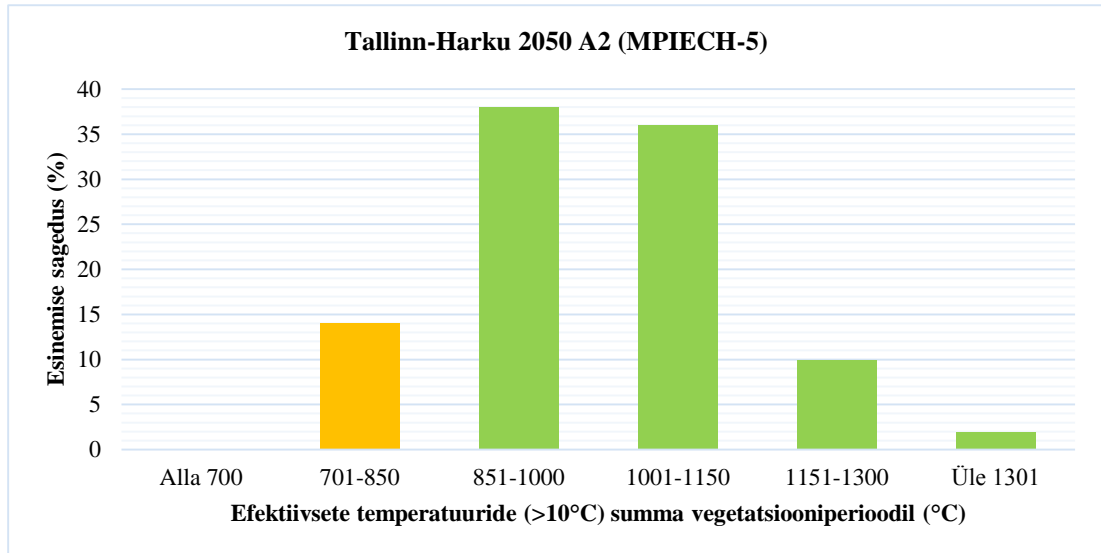
## Lisa 1 järg



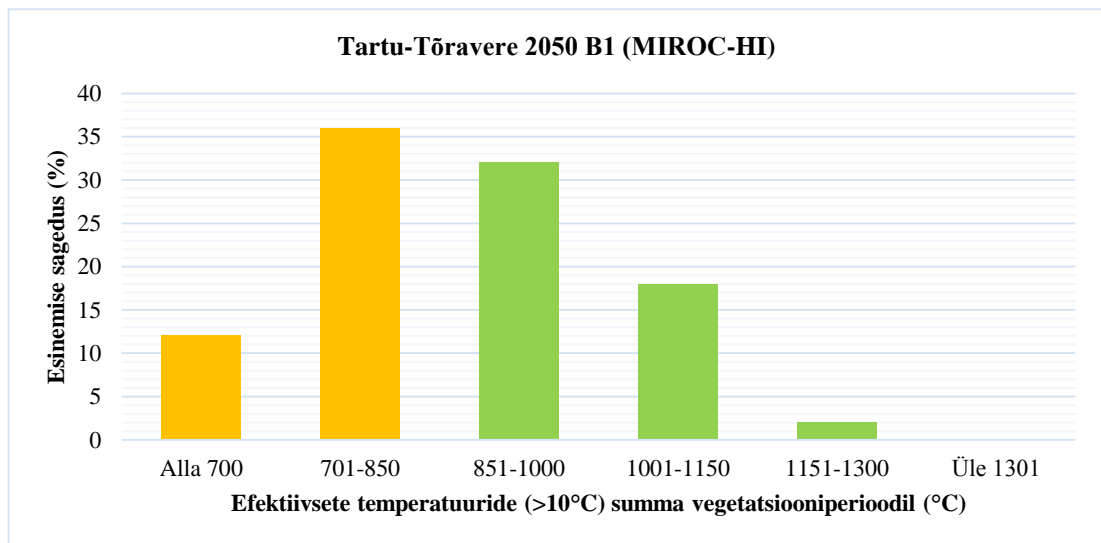
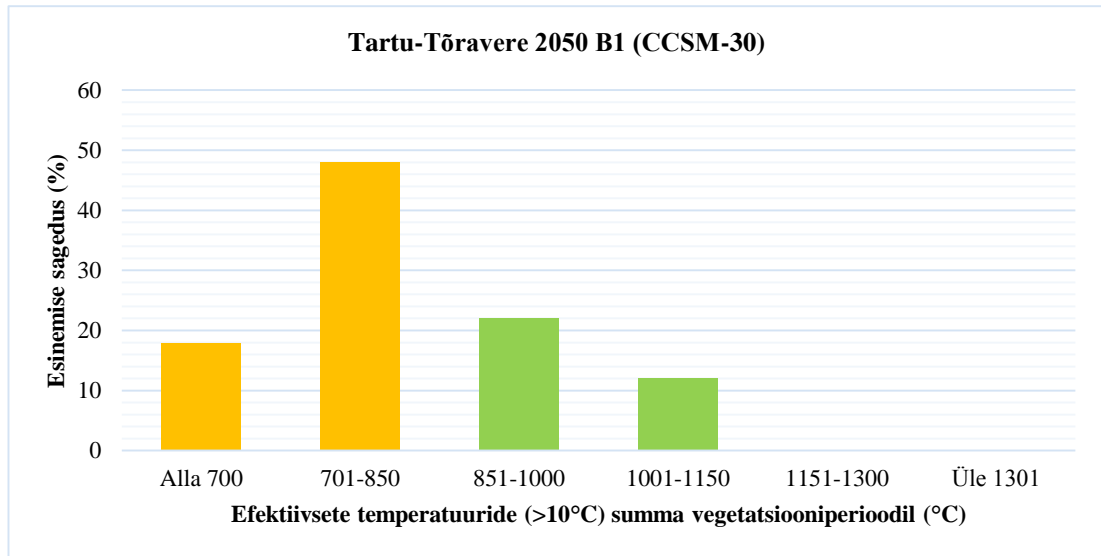
**Lisa 2.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2050



## Lisa 2 järg

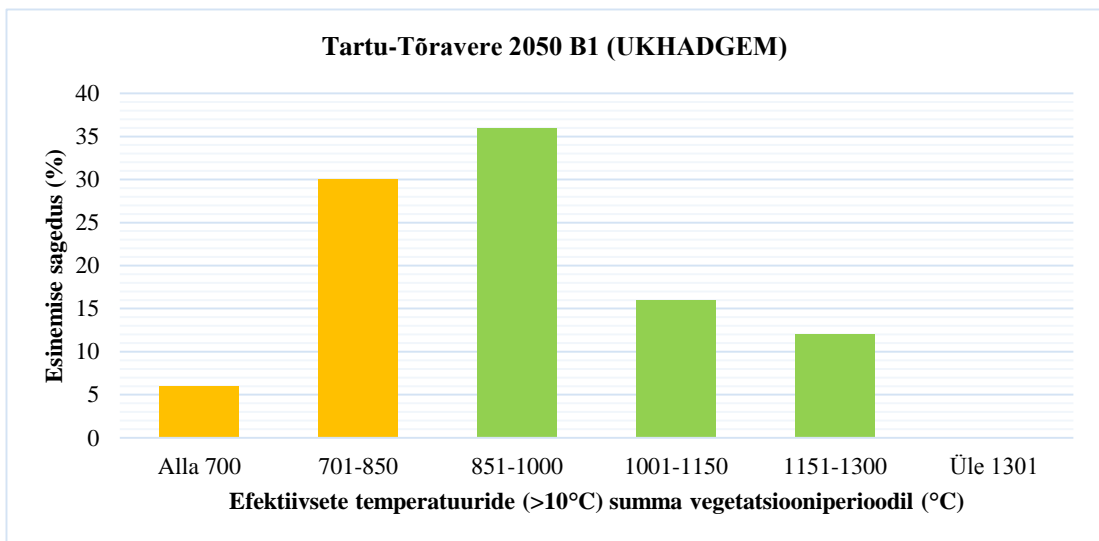
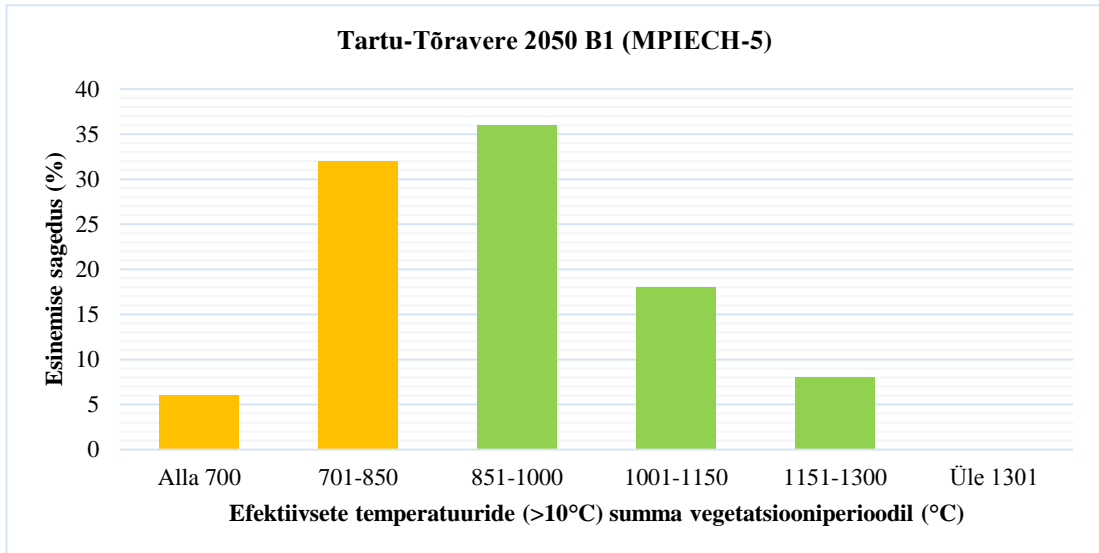


**Lisa 3.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2050

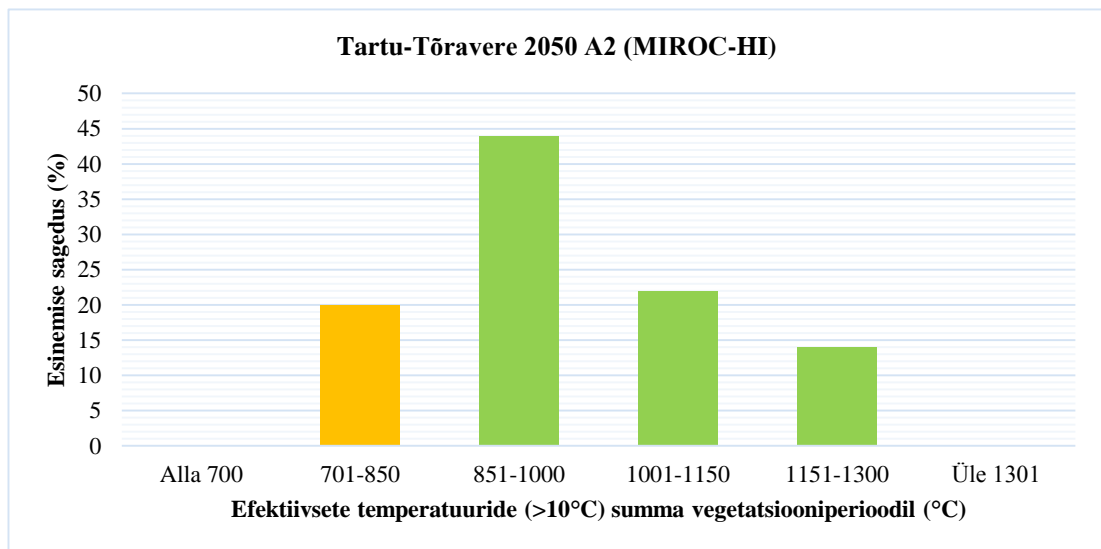
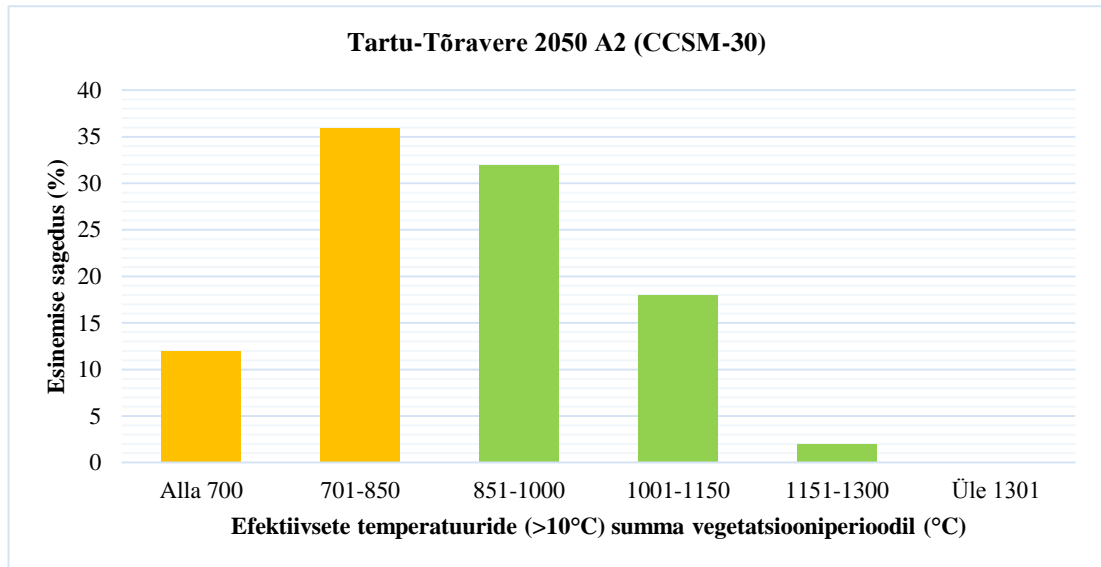




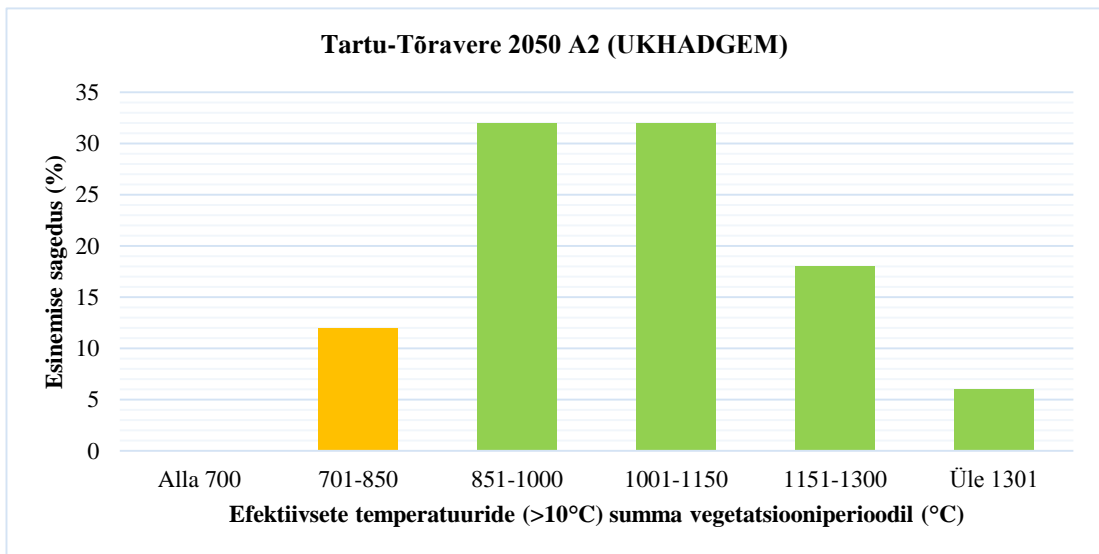
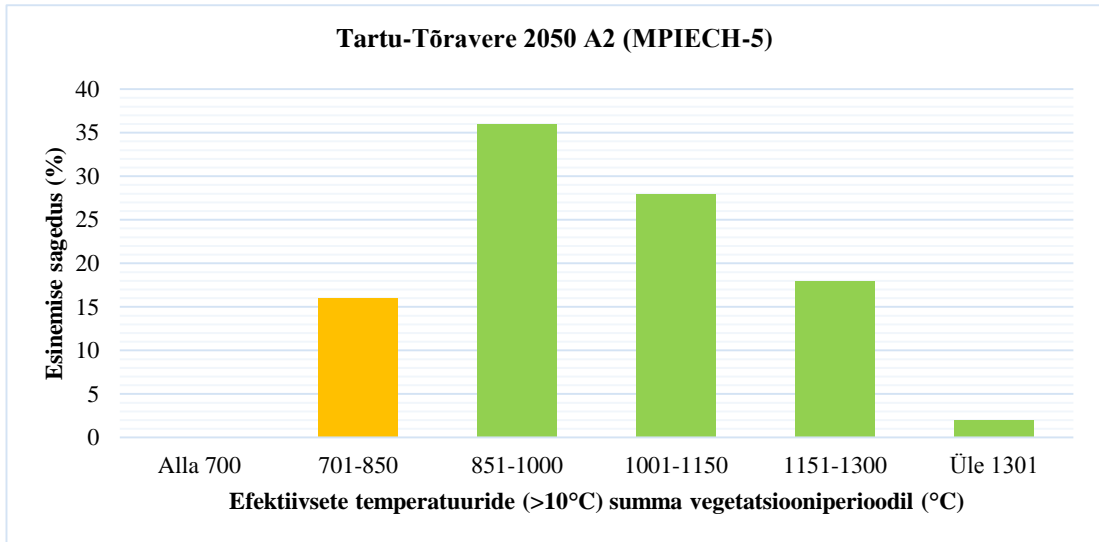
### Lisa 3 järg



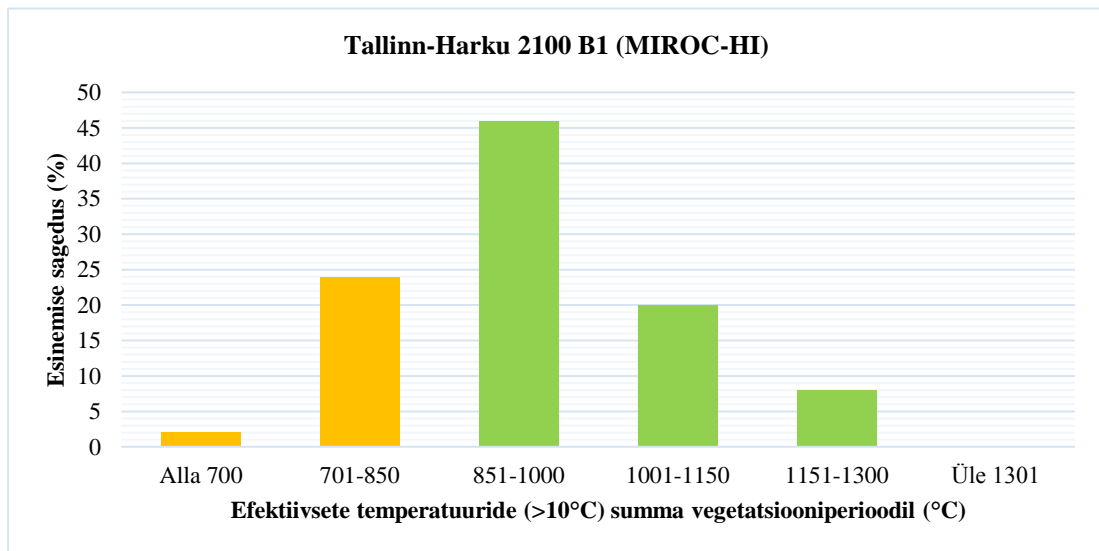
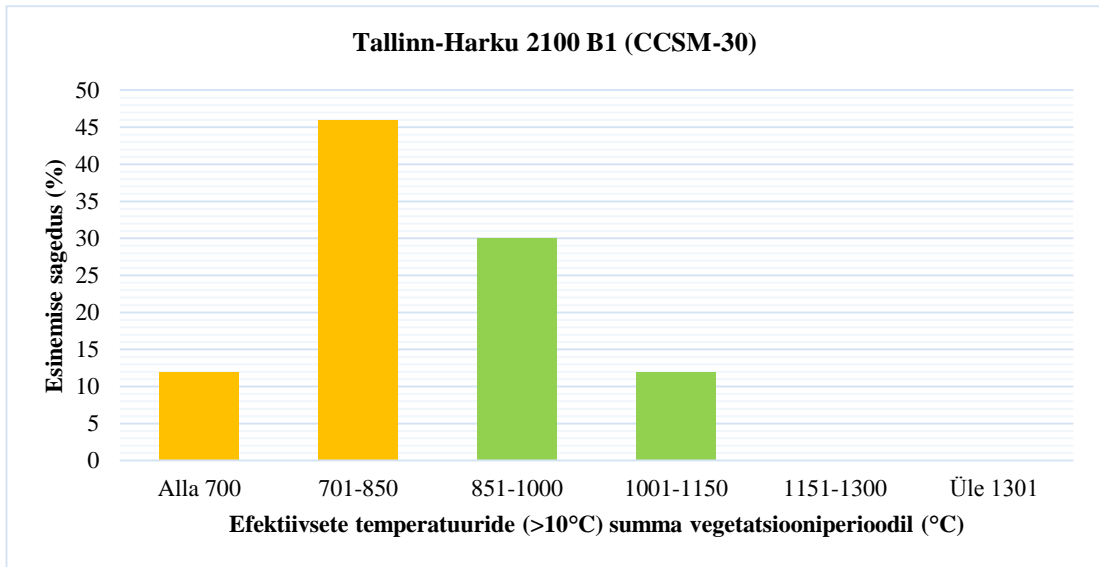
**Lisa 4.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2050



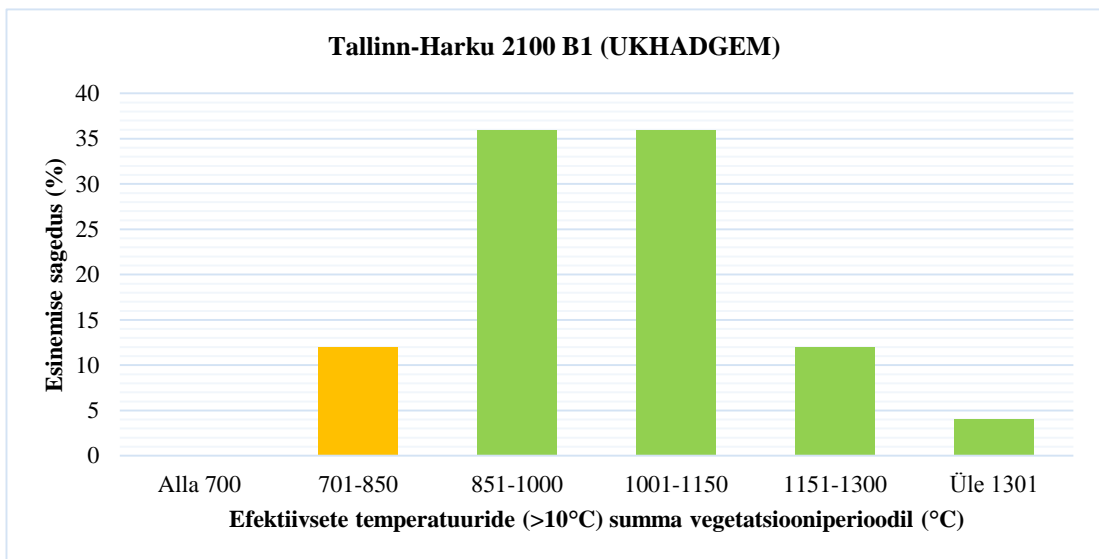
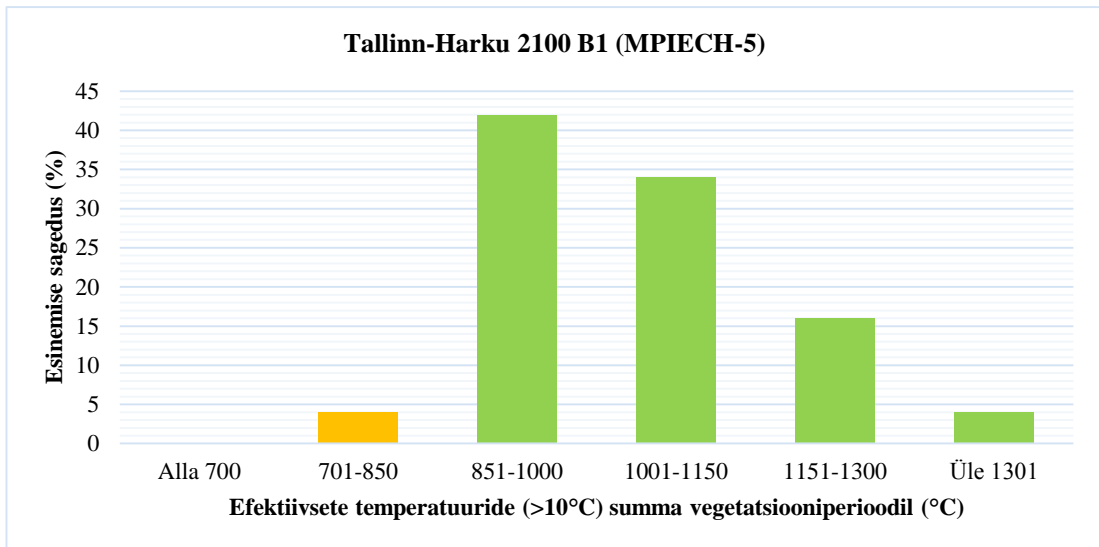
## Lisa 4 järg



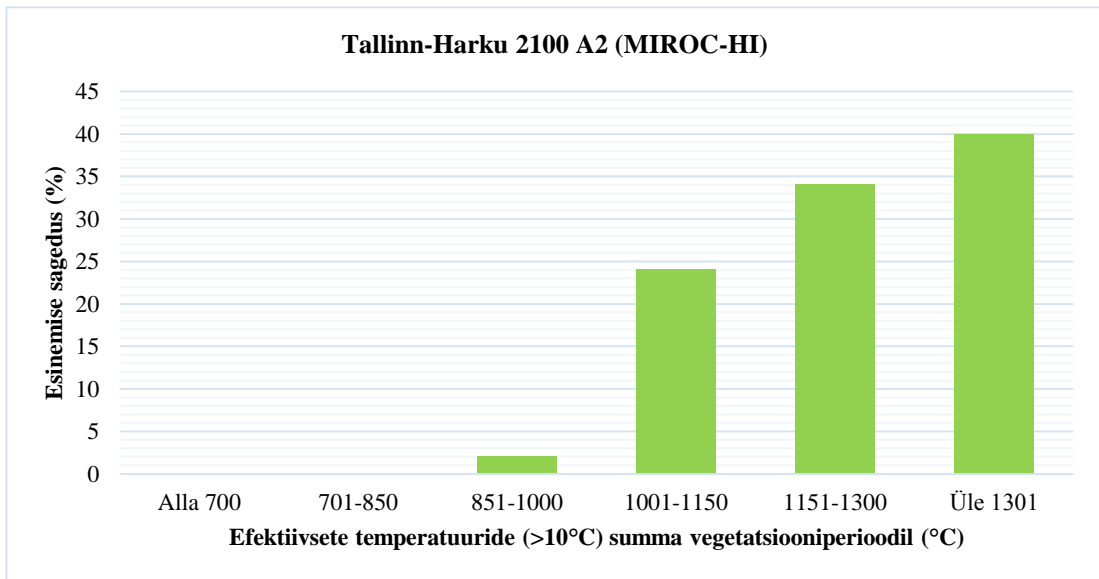
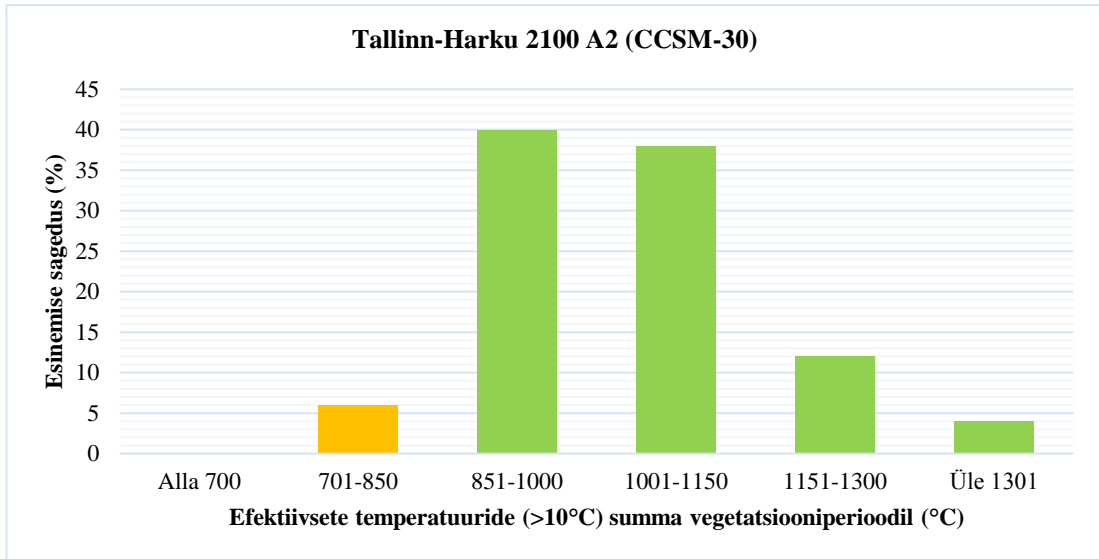
**Lisa 5.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2100



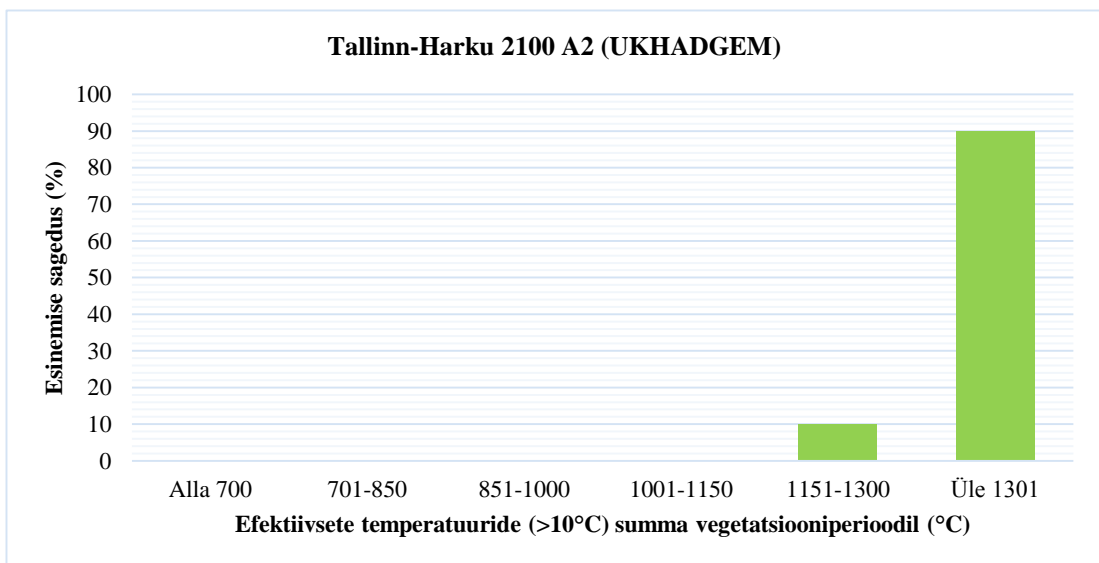
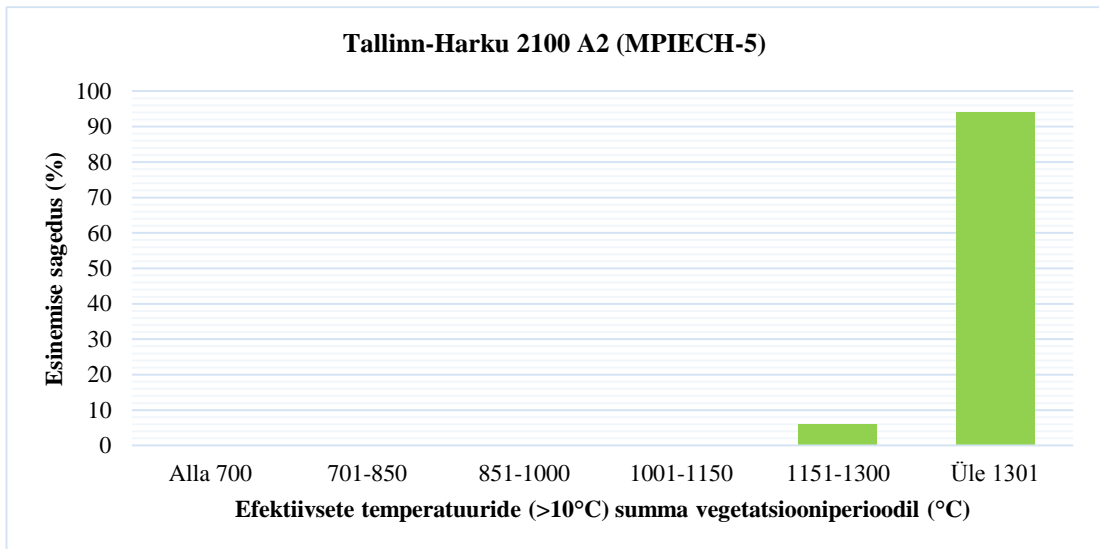
## Lisa 5 järg



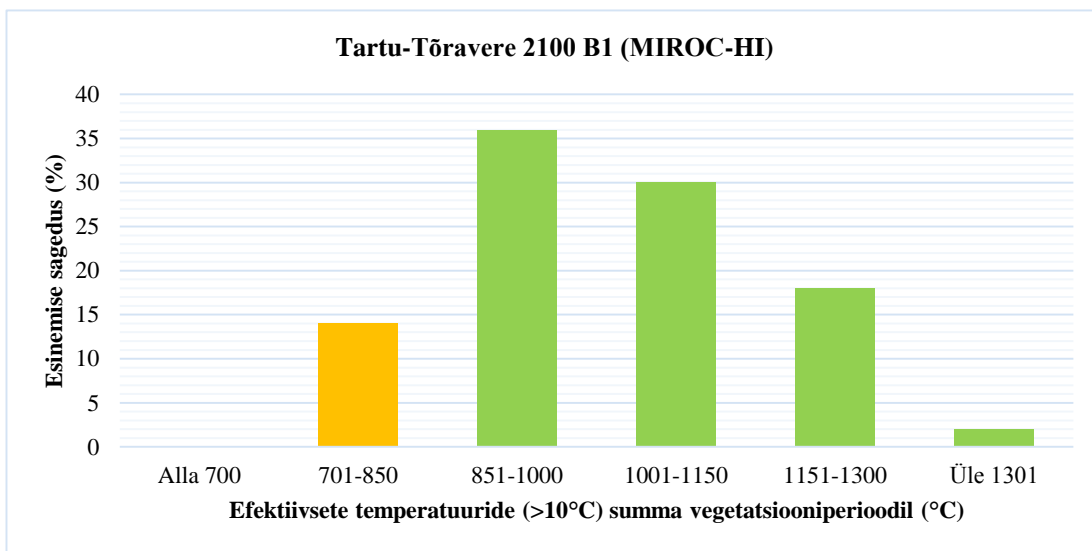
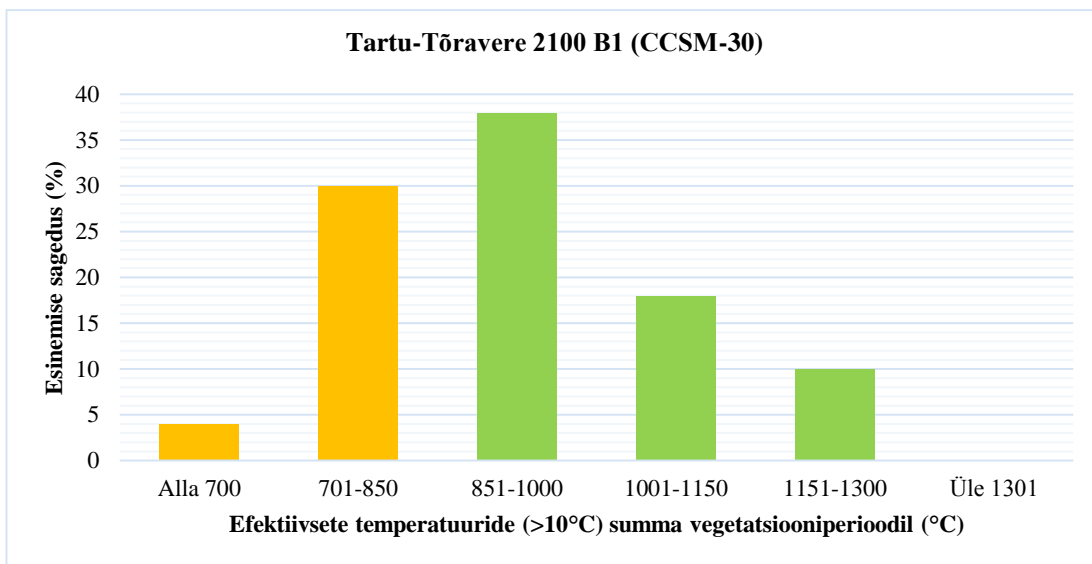
**Lisa 6.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tallinn-Harku aeroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2100



## Lisa 6 järg

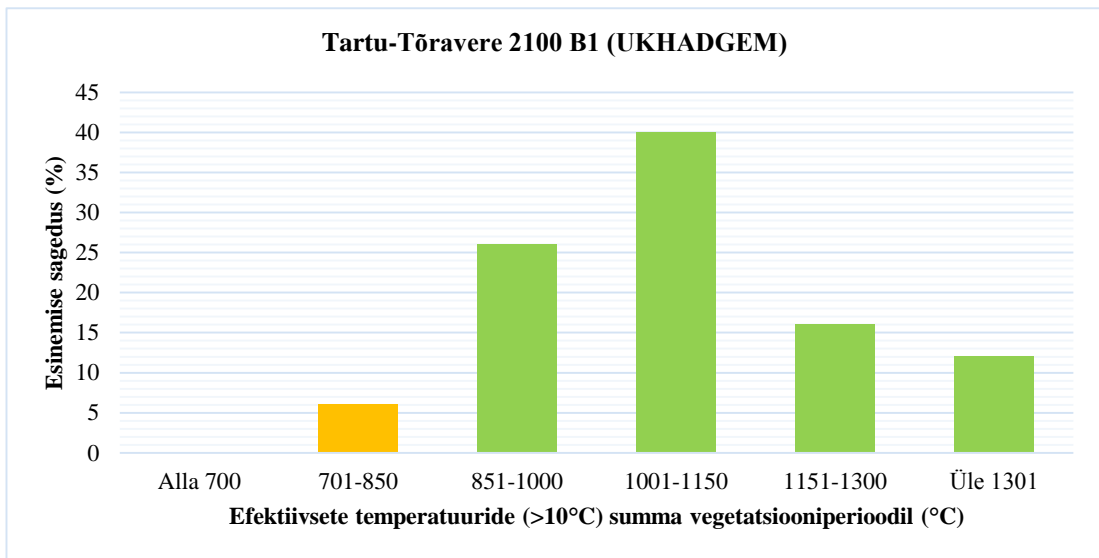
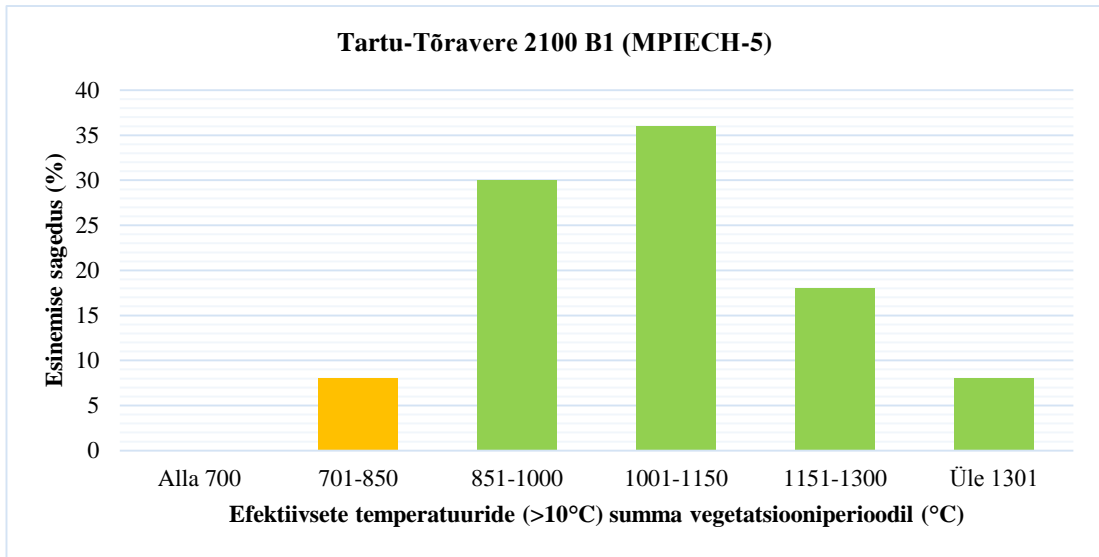


**Lisa 7.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi B1 järgi aastaks 2100

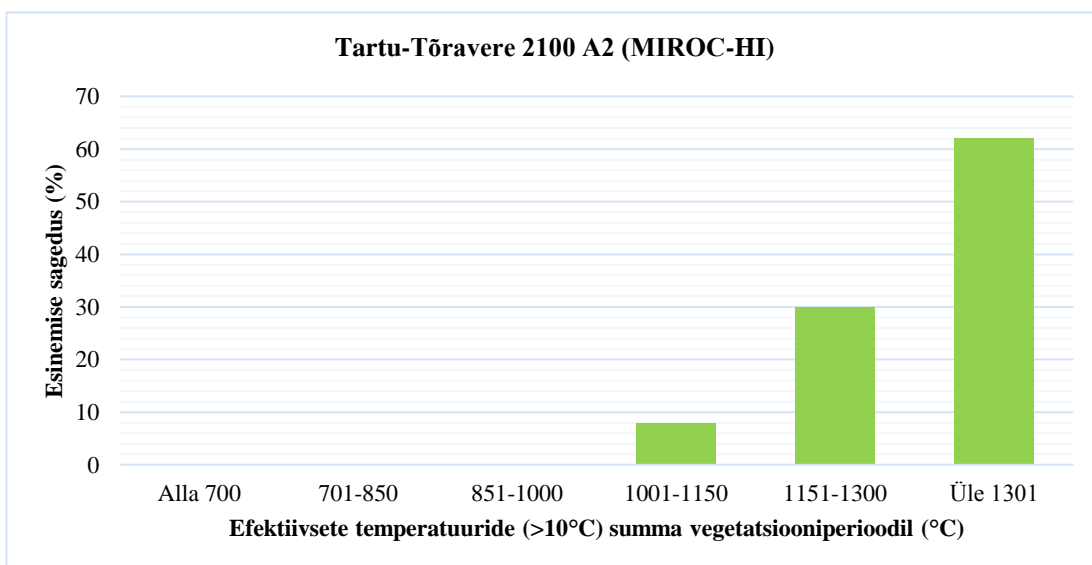
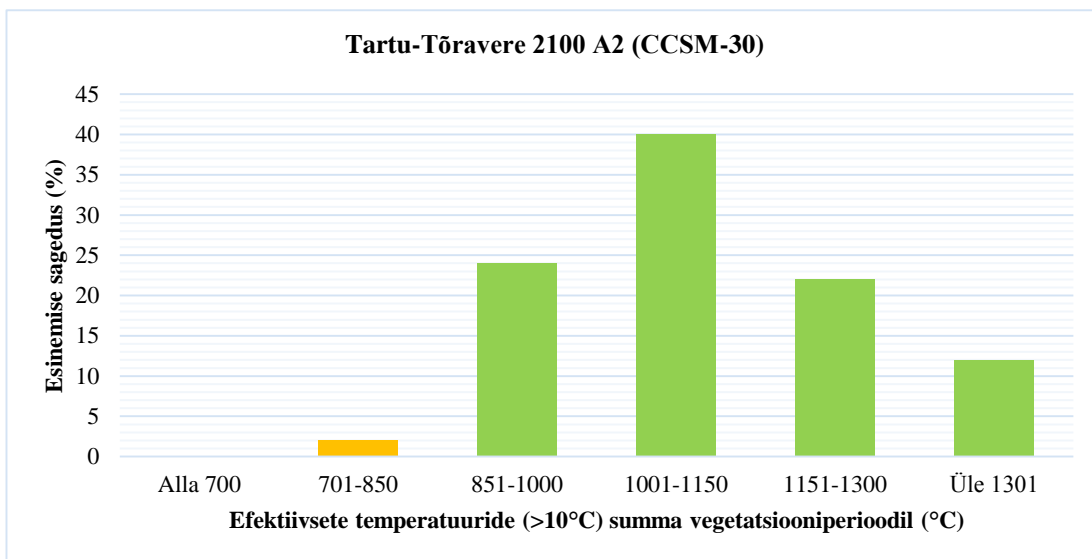




## Lisa 7 järg



**Lisa 8.** Efektiivsete temperatuuride summade esinemise sagedus Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamas stsenaariumi A2 järgi aastaks 2100



## Lisa 8 järg

