



**PUUVILLAN VILJELYN LUONTOJALANJÄLKI ILMASTONMUUTOKSEN JA
MAANKÄYTÖN AJURIEN NÄKÖKULMASTA**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2024

Venla Jokela

Tarkastaja: Professori Ville Uusitalo

Ohjaaja: Nuorempi tutkija Jasmine Savallampi

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Ympäristötekniikka

Venla Jokela

Puuvillan viljelyn luontojalanjälki ilmastonmuutoksen ja maankäytön ajurien näkökulmasta

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2024

41 sivua, 6 kuvaa, 4 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastaja: Professori Ville Uusitalo

Ohjaaja: Nuorempi tutkija Jasmine Savallampi

Avainsanat: luonnon monimuotoisuus, luontokato, luontojalanjälki, puuvillan viljely, ympäristövaikutukset

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan luonnon monimuotoisuutta ja sen säilyttämisen merkittävyyttä sekä luontokatoa. Lisäksi työssä tarkastellaan puuvillaa kasvina, puuvillan viljelyä ja sen ympäristövaikutuksia. Tässä työssä keskitytään kolmeen suurimpaan puuvillan tuottajamaahan, jotka ovat Kiina, Intia ja Yhdysvallat. Lisäksi työssä lasketaan puuvillan viljelyn luontojalanjälki edellä mainituissa puuvillan tuottajamaissa. Työ sivuaa myös luontokadon vähentämisen keinoja ja sosiaalisia ongelmia liittyen puuvillan viljelyyn. Luontokadolle määritetyt viisi ajuria ovat maankäytön ja merien käytön muutos, luonnonvarojen suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saastuminen, sekä vieraslajit. Tässä kandidaatintyössä luontojalanjälki on laskettu ilmastonmuutoksen ja maankäytön ajurien osalta. Tutkimusmenetelmänä toimii kirjallisuuskatsaus ja laskenta luontokadon karakterisointikertoimien avulla. Lisäksi työssä on käytetty ekoaluekarttaa ja tilastoa puuvillan satotasoista laskennan toteuttamiseksi.

Viljelypinta-alan tarpeeseen ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyvät ympäristövaikutukset ovat tärkeimmät ympäristövaikutukset tässä kandidaatintyössä laskennan rajautuessa niihin. Puuvillan luontojalanjäljen laskennan tuloksena voidaan todeta, että tässä työssä tarkastelluista puuvillan tuottajamaista Kiinalla on pienin luontojalanjälki ja Intialla suurin. Laskentaan liittyy kuitenkin paljon epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Environmental Technology

Venla Jokela

Biodiversity footprint of cotton cultivation from the perspective of climate change and land use drivers

Bachelor's thesis

2024

41 pages, 6 figures, 4 tables and 1 appendix

Examiner: Professor Ville Uusitalo

Instructor: Junior Researcher Jasmine Savallampi

Keywords: biodiversity, biodiversity loss, biodiversity footprint, cotton cultivation, environmental impact

This bachelor's thesis examines biodiversity and the significance of its preservation, as well as biodiversity loss. In addition, this work examines cotton as a plant, cotton cultivation and its environmental impact. The focus is on the three largest cotton-producing countries: China, India, and the United States. Additionally, there will be calculated biodiversity footprint of cotton cultivation in this work in these aforementioned countries. The thesis also touches on methods for reducing biodiversity loss and also social issues related to cotton cultivation. Five drivers of biodiversity loss have been identified: changes in land and sea use, direct exploitation of organisms, climate change, pollution and invasive alien species. In this bachelor's thesis, the biodiversity footprint is calculated concerning climate change and land use drivers. The research methodology involves literature review and calculation using characterization factors of biodiversity loss. Additionally, an ecoregion map and statistics on cotton yields are used to conduct the calculations.

The environmental impacts related to land use and greenhouse gas emissions are the primary focus in this bachelor's thesis as calculation limited to them. The results of calculating the cotton's biodiversity footprint show that China has the smallest biodiversity footprint and India has the largest among the countries studied in this thesis. However, the calculations involves numerous factors that cause uncertainty.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Luonnon monimuotoisuus ja luontokato	8
3	Puuvillan viljely.....	12
3.1	Suurimmat tuottajamaat	13
3.2	Puuvillan viljelyn ympäristövaikutukset	17
3.2.1	Maankäyttö	17
3.2.2	Ilmastonmuutos.....	18
3.2.3	Muut ympäristövaikutukset	20
4	Puuvillan luontojalanjäljen laskenta.....	22
5	Tulokset ja keskustelu	28
6	Yhteenveto.....	34
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1. Satotasot

1 Johdanto

Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen on ajankohtainen aihe, sillä monimuotoisuuden katoaminen on kiihtynyt hälyttävälle tasolle (WWF 2019). Tutkijat uskovat, että olemme keskellä kuudetta joukkosukupuuttoa (WWF 2024d). Luonnon monimuotoisuus vaikuttaa suoraan ekosysteemeihin, joiden häiriötön toimiminen on edellytys myös ihmisen toiminnalle (WWF 2019).

Puuvilla (*Gossypium sp.*) on malvakasvien heimoon kuuluva monivuotinen kasvi, jota viljellään yksivuotisena (Cope 2018; Kogan et.al. 1999). Puuvillalla on yli 50 erilaista lajia, joista *Gossypium hirsutum* -laji kattaa yli 90 % maailman puuvillan tuotannosta (Cope 2018). Puuvilla on yksi tärkeimmistä tekstiiliteollisuuden kuiduista ja viljelyllä on kauaskantoiset juuret (Fairtrade Foundation 2015, 4; Abdurakhmonov 2016). Puuvillan viljely tarvitsee maapinta-alaa, jonka käyttöönotto on pois luonnontilaiselta ympäristöltä. Puuvillalla on muitakin ympäristövaikutuksia, sillä sen kasvattaminen vaatii erittäin paljon vettä, ja viljelyssä käytetään vaarallisia hyönteismyrkkyjä, joiden haitat ulottuvat myös viljelijöihin (Fairtrade Foundation 2015, 7; Environmental Justice Foundation 2007). Lisäksi puuvillan viljelyssä syntyy kasvihuonekaasupäästöjä, joista yli puolet syntyvät lannoitteista (Cotton Incorporated 2021).

Samaan aikaan kun yritykset ovat riippuvaisia luonnosta, ne aiheuttavat erilaisia vaikutuksia siihen. Kaikki yritykset ovat joko suoraan tai välillisesti riippuvaisia luonnon tarjoamista palveluista, vaikka jotkin toimialat korostuvat toisia enemmän. Globaalisti kaikista aloista tekstiiliteollisuus on yksi suurimmista vahvasti luonnosta riippuvaisista teollisuuden aloista. (Pantsar 2023, 10–11.)

Kaikki tekstiilit valmistetaan kuiduista. Tekstiilejä hyödynnetään hyvin moneen tarkoitukseen jokapäiväisessä elämässämme. Erilaiset kankaat ovat esimerkki tekstiileistä. (Felgueiras et.al. 2021.) Globaali tekstiiliteollisuuden arvo oli vuonna 2023 noin 1837 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Arvon on ennustettu kasvavan 7,4 %:n vuosittaisella kasvulla vuodesta

2024 vuoteen 2030. Globaalin tekstiiliteollisuuden kasvun taustalla on ennustettu olevan ihmisten ympäristötietoisuuden lisääntyminen, jonka myötä kuluttajat suosivat luonnonkuituja synteettisten kuitujen sijaan. Tämän seurauksena koko globaalin tekstiiliteollisuuden arvon on ennustettu kasvavan, sillä luonnonkuidut ovat kalliimpia, kuin synteettiset kuidut. (Grand View Research 2023.) Tämä ei kuitenkaan kerro tekstiilituotteiden tuotannon kasvuennusteesta, vaan on ainoastaan tekstiiliteollisuuden arvon kasvuennuste. Synteettiset kuidut, eli teollisesti öljypohjaisista raaka-aineista valmistetut kuidut ovat hallinneet tekstiiliteollisuuden markkinoita 1990-luvun puolivälistä asti ja ohittaneet puuvillan markkinat. Puuvilla on kuitenkin synteettisen polyesterin jälkeen toiseksi käytetyin kuitu tekstiiliteollisuudessa. (Felgueiras et.al. 2021.) Puuvillan kulutus tulee olemaan riippuvaista siitä, miten tekstiili- ja vaatetusala tulee kehittymään (OECD-FAO 2023). Puuvillan kolme suurinta tuottajamaata ovat Kiina, Intia ja Yhdysvallat (Statista 2023a). Tämä kandidaatintyö keskittyy näihin puuvillan tuottajamaihin.

Tässä kandidaatintyössä käsitellään luonnon monimuotoisuutta ja puuvillan viljelyn vaikutuksia siihen kolmen suurimman tuottajamaan osalta. Kansainvälinen luontopaneeli eli Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services IPBES on määrittänyt viisi luontokadon ajuria, jotka ovat pääasiallisia luontokadon aiheuttajia. Nämä ajurit ovat: maankäytön ja merien käytön muutos, luonnonvarojen suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saastuminen, sekä vieraslajit. Edellä esitetyt ajurit ovat tärkeysjärjestyksessä niin, että ensimmäinen aiheuttaa potentiaalisesti eniten haittaa luonnon monimuotoisuudelle. (IPBES 2019.) Tässä kandidaatintyössä käsitellään maankäytön ja ilmastonmuutoksen ajureita puuvillan viljelyn luontojalanjälkeä tarkasteltaessa.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on laskea luontojalanjälki puuvillalle maankäytön ja ilmastonmuutoksen ajurien osalta. Tutkimusmenetelmänä toimii LC-IMPACT (2024) raportin laskentamenetelmien avulla tuotettujen karakterisointikertoimien hyödyntäminen tässä kandidaatintyössä laskettavan luontojalanjäljen laskennan työkaluna. Lisäksi laskennan taustalle tarvitaan dataa puuvillan satotasoista, kasvihuonekaasupäästöistä ja tuottajamaiden viljelyalueiden ekoalueista. Ekoalue on alue, jonka sisällä ekosysteemit ja niiden ympäristötekijät ovat samankaltaisia sen eri osissa (EPA 2023). Maankäytön aiheuttamalle luontokadolle on LC-IMPACTIN raportissa erilaiset kertoimet eri ekoalueille. Laskennan lisäksi

siis datan analysoiminen eri lähteiden pohjalta toimii tutkimusmenetelmänä tässä kandidaatintyössä.

Tämä kandidaatintyö vastaa seuraavaan tutkimuskysymykseen:

-Kuinka suuri luontojalanjälki tässä kandidaatintyössä tutkituissa kolmessa suurimmassa puuvillan tuottajamaassa tuotetulla puuvillalla on?

2 Luonnon monimuotoisuus ja luontokato

Käsitteenä luonnon monimuotoisuus viittaa maapallolla tai sen tietyssä luontotyypissä esiintyvään erilaisten ekosysteemien, eliölajien ja geenien kirjoon (European Environment Agency 2020). Luonnon monimuotoisuus ilmenee näin ollen monella eri tasolla. Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen on elinehto ihmiskunnan toiminnalle, sillä se tarjoaa välttämättömiä ekosysteemipalveluita (European Environment Agency 2020). Luonnon tarjoamat ilmaiset ekosysteemipalvelut jaotellaan tuotanto-, sääntely-, ylläpito-, ja kulttuuripalveluihin, jotka sisältävät niin aineellista kuin aineetontakin tukea ihmisen toiminnalle (Hufnagel 2018). Taulukossa 1 on esitelty ekosysteemipalvelut ja esimerkkejä jokaisen palvelukategorian alle.

Taulukko 1. Ekosysteemipalvelut (Hufnagel 2018).

Tuotantopalvelut	Sääntelypalvelut	Ylläpitopalvelut	Kulttuuripalvelut
-ravinto	-ilmaston sääntely	-fotosynteesi	-esteettisyys
-lääkekasvit	-veden puhdistus	-veden ja ravinteiden kierto	-henkinen rikastuminen
-biopolttoaineet	-eroosion ehkäiseminen	-maaperän muodostus	-virkistys
-geneettinen monimuotoisuus	-pölytys		-turismi

Luonnon tarjoamat ekosysteemipalvelut ovat todellisuudessa kuitenkin vain näennäisesti ilmaisia, sillä luonnon tarjoamien ekosysteemipalveluiden jatkuvasti kasvava kysyntä on johtanut luonnon tarjoamien resurssien ylikuluttamiseen, joka taas on johtanut monimuotoisuuden kiihtyvään katoamiseen eli luontokatoon. (Pantsar 2023, 10–11.) Suurin osa luonnon monimuotoisuuden katoamisesta onkin ihmisen aiheuttamaa. Elinympäristöjen katoaminen, metsäkato, maatalous, teollistuminen ja kaupungistuminen ovat syitä luontokatoon. (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019, 1–8.) Ihmiskunta on siis vaurastunut monimuotoisuuden katoamisen kustannuksella. Tämän juurisyynä on se, ettei ekosysteemipalveluita ole

arvotettu vielä muilla tavoin kuin rahallisesti. Ylikulutus on johtanut siihen, että luonnon monimuotoisuus on häviämässä nopeammin kuin koskaan ennen. (Pantsar 2023, 10–11.)

Kansainvälisen luontopaneelin IPBES:n raportin mukaan tällä hetkellä noin miljoonaa kasvi- ja eläinlajia uhkaa sukupuutto (IPBES 2019). Ihmiskunnan historiassa tämä on ennennäkemätön määrä lajeja. Kun ekosysteemien tasapaino häiriintyy, vaarana on tämän kaltaisen luonnon monimuotoisuuden väheneminen. Vuonna 2022 tehdyn WWF:n Living Planet raportin mukaan nisäkkäiden, lintujen, kalojen, matelijoiden ja sammakkoeläinten populaatiot ovat pienentyneet keskimäärin 69 % vuodesta 1970. (WWF 2024a.)

Maankäytön muutos on vaikutuksiltaan suurin luontokadon ajuri. Siihen lukeutuvat maankäytön muutos, muutokset ekosysteemien hoidossa ja maiseman muutokset. Maankäytön muutos voi olla esimerkiksi metsäkatoa tai kaivostoimintaa. Muutos ekosysteemien hoidossa viittaa esimerkiksi tehomaa- ja intensiiviseen metsien hakkuuseen siirtymiseen ja maiseman muutos esimerkiksi elinympäristöjen pirstoutumiseen. Luonnonvarojen käytön ja hyödyntämisen ajuri viittaa luontokatoon, joka aiheutuu ihmisen hyödyntäessä luonnosta saatavia resursseja. Esimerkki tämän ajurin alle kuuluvasta luontokadon aiheuttajasta on ylikalastus. Ilmastonmuutoksen ajuri liittyy ilmasto- ja sääolosuhteiden muutoksiin, joilla on suora vaikutus ekosysteemeihin ja niiden siirtymiseen. Nousevat lämpötilat saattavat uhata arvioiden mukaan jopa kuudetta lajia. Hiilidioksidipitoisuuden nousu lämmittää myös meriä ja aiheuttaa happamoitumista, mikä aiheuttaa tuhoisia seurauksia etenkin koralliriutoille. Haittaa aiheutuu myös laajasti muihin meriekosysteemeihin. Saastumiseen liittyvä luontokadon ajuri vaikuttaa erityisesti vesiekosysteemeissä, mutta myös muissa ekosysteemeissä. Ilmakehään vapautuvan typen on havaittu olevan hyvin suuri uhka ekosysteemeille. Fossilisista polttoaineista ja lannoitteista peräisin oleva typen laskeuma hidastaa maaekosysteemeissä aineen hajoamista ja mikrobien kasvua, mikä vaikuttaa suoraan ekosysteemin toimintaan. Typpi- ja fosforilannoitteet aiheuttavat myös rehevöitymistä ja pilaavat näin vesistöjä. Vieraslajien ajuri kertoo nimensä mukaisesti vieraiden lajien levittäytymisestä uusille alueille ja tämän vaikutuksista alkuperäiseen ekosysteemiin. (IPBES 2024.)

75 % maapallon maaympäristöistä ja 66 % valtameriympäristöistä on muuttunut merkittävästi niiden alkuperäisestä tilasta. Viljelykasvien ja karjantuotantoon käytetty maapinta-ala on jo yli kolmasosa maapallon maapinta-alasta ja 75 % maapallon makean veden vesivoimista on otettu käyttöön näitä toimintoja varten. Havaitaan siis, että alkuperäistä, luonnontilaista ympäristöä on jäljellä suhteellisen vähän. Borneon saari Kaakkois-Aasiassa on selkeä esimerkki siitä, kuinka ihminen on riistänyt luontoa. Saari on otettu käyttöön sieltä löytyvien raaka-aineiden, kuten kullan, jalokivien, kivihiilen ja puiden vuoksi. Saarelle perustetut palmuöljyplantaasit ovat myös tuhonneet saaren ainutkertaista luontoa ja lajistoa. Näiden seikkojen rahallinen arvo on nähty olevan arvokkaampi, kuin luonnonsuojelu ja ekosysteemipalveluiden turvaaminen. Borneon metsistä 30 % on hävitetty neljänkymmenen vuoden aikana ja saaren uhanalaiset lajit ovat häviämässä. (WWF 2024a.)

Ihmisen toiminta on tieteen todistamana aiheuttanut ilmaston lämpenemistä pääasiassa lisääntyvien kasvihuonekaasupäästöjen seurauksena. Maapallon pintalämpötila on noussut 1,1 °C vuosilta 1850–1900 vuosiin 2011–2020. (IPCC 2023.) Ilmastonmuutoksen luontokatoa aiheuttavien vaikutusten ennustetaan lisääntyvän ja kyseinen ajuri saattaa tulevaisuudessa ohittaa edellä olevat maan- ja merien käytön, sekä luonnonvarojen suoran hyödyntämisen ajurit (IPBES 2019). Ilmastonmuutos pahentaa muita luonnon monimuotoisuuden negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä ja on siten merkittävä huomioitava asia (WWF 2024a).

Ilmastonmuutos, elinympäristöjen katoaminen, hyönteismyrkyt ja vieraslajit ovat aiheuttaneet myös sen, että yli 40 % selkärangattomista pölyttäjähönteislajeista ovat sukupuuttouhan alla (Asikainen 2020; World Economic Forum 2016). Pölytys on erittäin kriittinen ekosysteemipalvelu, sillä 75 % viljelykasveista vaatii hyönteispölytyksen. Mehiläiset ja kimalaiset ovat pölyttäjäistä tärkeimpiä, mutta myös muut hyönteiset, kuten perhoset pölyttävät. (Asikainen 2020.)

Ilmastonmuutoksen seurauksena vieraslajit saattavat levitä alueille, jotka tällä hetkellä ovat niille liian viileitä (USGS 2024). Vieraslajit kilpailevat samoista resursseista alueen alkuperäisen lajiston kanssa ja saattavat aiheuttaa tämän sukupuuton. Tämä johtaa luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen. (NOAA 2024.) Luonnon monimuotoisuuden ansiosta myös

tautien leviämistä ehkäisevä ekosysteemipalvelu on ihmisen toiminnan tukena. Ilmastonmuutoksen on kuitenkin nähty heikentävän tämän ekosysteemipalvelun toimintaa, kun lämpötilat nousevat ja biologiset sekä geologiset olosuhteet muuttuvat suotuisimmiksi taudinaiheuttajille. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana zoonoosien, eli eläimen ja ihmisen välillä tarttuvien tautien on kiistatta nähty lisääntyvän. (Meena & Jha 2023.)

Tämän luvun perusteella luonnon monimuotoisuuden säilyttämisessä on siis kyse haastavasta ja erittäin tärkeästä aiheesta. Pyrkimys luontojalanjäljen pienentämiseen on ihmiskunnalle merkittävää. Tämä kandidaatintyö tuo lisää tietoa, jonka avulla voimme pyrkiä parantamaan tilannetta luontokadon suhteen.

3 Puuvillan viljely

Puuvilla on maailman yleisin kuitukasvi, josta voidaan valmistaa muun muassa kankaita, kasvipohjaista öljyä tai jauhoja (Abdurakhmonov 2016). Puuvilla on yksi tärkeimmistä tekstiiliteollisuuden kuiduista ja maailman eniten käytetty luonnonkuitu (Fairtrade Foundation 2015, 4; FAO 2009). Sitä voidaan lisäksi hyödyntää esimerkiksi lääketieteessä, eläinten rehussa tai maaperän rikastamisessa (Abdurakhmonov 2016). Puuvillaa on tiettävästi alettu hyödyntää kuituna jo neljästä seitsemääntuhanteen vuotta sitten, mutta kuitukasvina sitä on alettu kasvattaa noin kolmetuhatta vuotta sitten. Bioteknologian ja geenimuuntelun avulla on pystytty tuottamaan uusia puuvillalajikkeita, jotka parantavat puuvillan ominaisuuksia. (Abdurakhmonov 2016.)

Puuvillaa viljellään noin 32–36 miljoonan hehtaarin alueella yli kahdeksassakymmenessä maassa (Abdurakhmonov 2016). Fairtrade Foundationin (2015, 3) tekemän raportin mukaan puuvillaa viljellään jopa yli sadassa maassa ja se peittää 2,5 % maapallon peltopinta-alasta. Viljely keskittyy puolikuiville subtrooppisille ja trooppisille alueille (Cope 2018). Kasvin biokemiallisen toiminnan kannalta optimaalisin kasvulämpötila on 23,5–32 °C. Jos 32 °C:n raja ylittyy, alkaa se haitata puuvillan kasvua. (Rahman & Zafar 2018.) Puuvillan viljely on hyvin riippuvaista vedestä ja puuvillalle suotuisa maaperä on hyvin vettä pitävä (Fairtrade Foundation 2015, 7; Kooistra & Termorshuizen 2006, 5).

Vuonna 2013 puuvillanukkaa tuotettiin maailmanlaajuisesti 25,8 miljoonaa tonnia ja viljely työllistää lähteen mukaan miljoonia viljelijöitä Aasiassa ja Afrikassa. Puuvillan hinta on vaihtelevaa ja hintojen lasku voi aiheuttaa monen viljelijän toimeentulon vaarantumisen juuri niillä alueilla, joiden tuotannosta globaali puuvillan tuotanto on riippuvainen. (Fairtrade Foundation 2015, 5.) Vuonna 2021–2022 puuvillan tuotanto maailmassa oli 26,44 miljoonaa tonnia (Ministry of Textiles 2022). Maailman puuvillan tuotannon on ennustettu kasvavan 1,81 % vuodessa, ja vuoteen 2032 mennessä tuotanto olisi jo 28,1 miljoonaa tonnia. Kasvun on ennustettu johtuvan väkiluvun ja tulojen kasvusta keski- ja matalatuloisissa maissa. Tästä 1,81 %:n kasvusta viljelypinta-alan kasvun on ennustettu olevan vuodessa 0,4 % ja satotasojen kasvun vuodessa 1,4 %. Satotasojen on ennustettu kasvavan genetiikan,

uusien teknologioiden, parempien viljelymenetelmien ja digitalisaation tuoman tarkkuuden kehittyessä. Viljelypinta-alan kasvun taas on ennustettu johtuvan Yhdysvaltojen ja Brasilian marginaalisesta viljelyalan lisäyksestä. (OECD-FAO 2023.)

Puuvillatehtaiden kapasiteetin kasvutrendi on ollut nouseva Aasiassa viimeisen vuosikymmenen aikana ja kasvun on ennustettu jatkuvan myös seuraavan vuosikymmenen ajan. Puuvillateollisuutta on jo siirtynyt Kiinasta muihin Aasian maihin, kuten Vietnamiin ja Bangladeshiin, vastuullisuusvaatimusten kiristyessä. Näiden maiden ja Intian tekstiiliteollisuuden onkin ennustettu kasvavan seuraavan vuosikymmenen aikana. Puuvillan hintojen ennustetaan laskevan hieman keskipitkällä aikavälillä, sillä synteettisten kuitujen edullisuus ja puuvillan satotasojen kasvu tuovat laskupainetta. (OECD-FAO 2023.) Tekstiiliteollisuuden ja puuvillatuotannon kehittymistä on todellisuudessa kuitenkin hyvin vaikea ennustaa. Lisäksi johdannossa esitellylle tekstiiliteollisuuden arvolle ja edellä läpikäydyille kasvuennusteille löytyy erilaista tietoa eri lähteiden pohjalta.

Lähteiden perusteella puuvillan rooli viljelykasvina on siis kuitenkin hyvin merkittävä. Merkittävyyden takia myös puuvillan luontojalanjäljen laskenta on relevanttia ja myöhemmin tulosten perusteella voimme saada tietoa siitä, millainen luontojalanjälki puuvillalla on maankäytön ja ilmastonmuutoksen ajurien näkökulmasta. Tieto voi toimia pohjana parhaan tuottajamaan valinnalle ja sille, mihin tekijöihin tulisi kiinnittää huomiota minkäkin tuottajamaan kohdalla luontojalanjäljen pienentämiseksi. Puuvillan viljelyn sosiaalinen ja taloudellinen ulottuvuus ovat myös merkittäviä, mutta tässä kandidaatintyössä keskitytään laskennan osalta puuvillan viljelystä aiheutuviin ympäristöä koskeviin näkökulmiin.

3.1 Suurimmat tuottajamaat

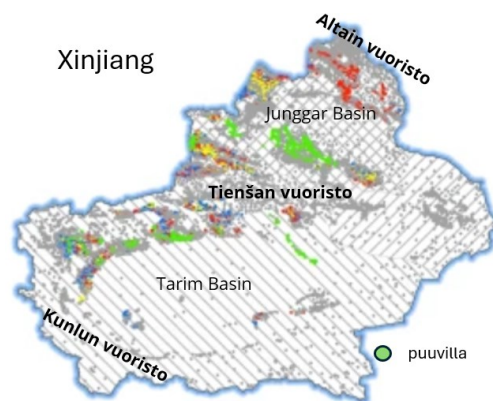
Puuvillan kolme suurinta tuottajamaata ovat Kiina, Intia ja Yhdysvallat. Kiina tuotti puuvillaa satokaudella 2022/2023 6,68 miljoonaa tonnia, Intia 5,66 miljoonaa tonnia ja Yhdysvallat 3,15 miljoonaa tonnia. (Statista 2023a.)

Kiinalla on ollut keskeinen rooli puuvillan tuotannossa 2000-luvun alusta alkaen. Tekstiiliteollisuus on perinteisesti keskittynyt enemmän Kiinan itä- ja keskiosiin, sillä puuvillaa on

viljelty lähialueilla, kaupankäynnin saavutettavuus on ollut hyvä ja satamat ovat sijainneet lähellä. Kiinan viranomaiset ovat kuitenkin siirtäneet puuvillan tuotannon lähes kokonaan Kiinan luoteisosaan Xinjiangin uiguurien autonomiselle alueelle ja Kiinan puuvillasta 90 % tuotetaan tällä hetkellä tällä alueella. Alueelle siirtymisen syynä oli muun muassa se, että itä- ja keskiosissa tuholaiset haittasivat viljelyä ennen kestävämpien lajikkeiden käyttöönottoa 2000-luvun alussa. Vaikka paremmat lajikkeet auttoivat puuvillan viljelyn kehittämisessä kaikkialla Kiinassa, itä- ja keskiosan alueiden puuvillan tuotanto on pienentynyt viidestäkymmenestä kymmeneen prosenttiin vuosina 2011–2021 (Davis & Gale 2022b). Xinjiangin alueen paremmat mahdollisuudet koneellistamiseen armeijan omistamilla suurilla tiloilla, on myös puoltanut puuvillan viljelyn siirtämistä alueelle. Lisäksi Kiinan viranomaiset tukevat nykyään muiden kasvien kasvatusta perinteisillä puuvillan viljelyalueilla. Tilanne johtaa siihen, että puuvilla kasvaa entistä kauempana tekstiiliteollisuuden keskittymästä. (Davis & Gale 2022a.)

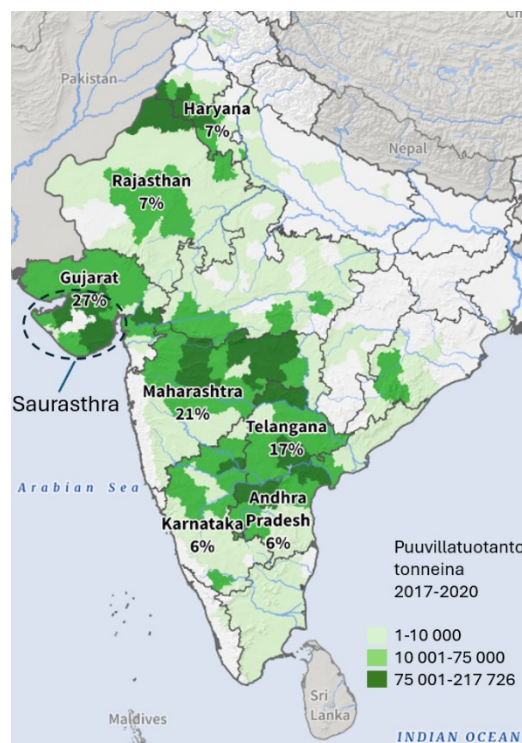
Kiinassa tuotettuun puuvillaan liittyy sosiaalisia ongelmia. Xinjiangin alueella ilmenneen pakkotyövoiman käytön tullessa esille, Yhdysvallat asetti kieltoja kaikelle Kiinasta tuotavalle puuvillalle vuonna 2021. Pakkotyö liittyy Xinjiangin alueen perustaman uiguureille, sekä muille etnisille vähemmistöille perustetun pakkotyöleirin toimintaan, jossa etniset vähemmistöt ovat vankeina. (Zenz 2023, 1.)

Xinjiangin alueella puuvillaa viljellään Tienšan, Altain ja Kunlunin vuoristojen välissä. Näiden kolmen vuoriston välissä olevat Junggar ja Tarim -nimiset valuma-alueet ovat puuvillan viljelyalueita. (Kang et.al. 2023, 2). Kuvasta 1 saa selville puuvillan viljelyalueet Xinjiangissa.



Kuva 1. Puuvillan viljely Xinjiangissa. Muokattu lähteestä (Kang et.al. 2023, 3).

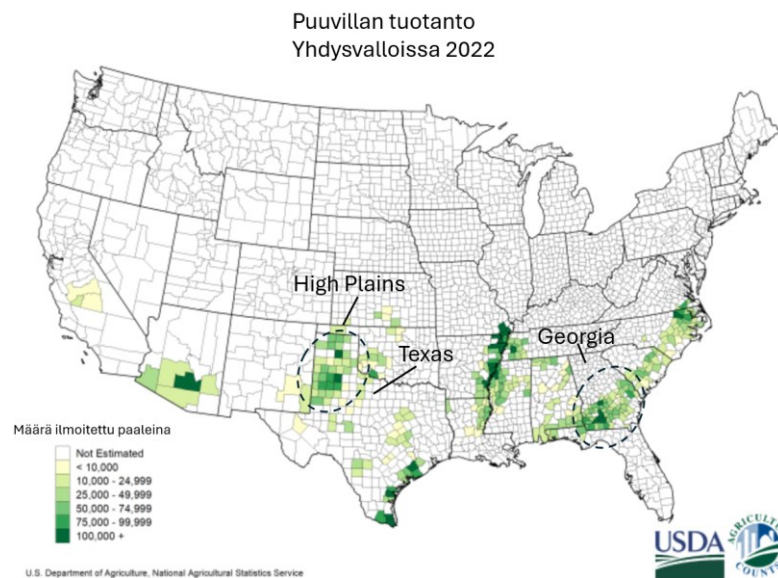
Intiassa puuvillateollisuus toimii työpaikkana 60 miljoonalle asukkaalle maassa. Maataloussektorin jälkeen puuvillaan perustuva tekstiiliteollisuus on suurin teollisuuden ala Intiassa. Keski-Intian Gujaratin osavaltio tuotti eniten puuvillaa Intiassa vuonna 2022–2023. Tarkemmin Saurasthran alue tuotti 70 % Gujaratin puuvillasta. Myös muualla Intiassa tuotetaan puuvillaa. (IBEF 2023.) Kuvasta 2 saa käsityksen Intian puuvillaviljelmistä ja niiden merkittävyydestä Intian oman tuotannon osalta. Kartta on vuosilta 2017–2020.



Kuva 2. Intian puuvillaviljelmät. Muokattu lähteestä (USDA Foreign Agricultural Service 2024).

Intian tekstiiliteollisuuden liitto CITI eli Confederation of Indian Textile Industry on työskennellyt puuvillan viljelijöiden kanssa maan eri maatioilla pyrkimyksenä auttaa heitä tuottamaan parempi sato kestävämmiin (IBEF 2023). Balangirin piirikunnassa Itä-Intiassa väestö työskentelee pääosin maataloussektorilla. Vuonna 2011 tehdyn arvion mukaan alueen väestöstä arviolta 62 % asui köyhyysrajan alapuolella. Alueen puuvillan viljelijöillä ei ollut mahdollisuutta kastelujärjestelmiin eikä viljelijöille maksettu kunnollista palkkaa puuvillasadostaan, mutta reilun kaupan sertifikaatti on paikallisten toimijoiden kautta parantanut tilannetta Balangirin piirikunnassa vuodesta 2007 alkaen. Intiassakin on siis paikoin ilmennyt ongelmia sosiaaliseen kestävyteen liittyen 2000-luvulla. (Fairtrade Foundation 2015, 12.)

Yhdysvalloilla on myös keskeinen rooli puuvillan tuottajana, sekä etenkin viejänä (USDA ERS 2022). Vuonna 2013–2014 Yhdysvallat oli johtava puuvillan viejä noin 2,3 miljoonalla tonnilla puuvillaa ja kolmanneksi suurin puuvillan tuottaja Kiinan ja Intian jälkeen noin 2,8 miljoonalla tonnilla (Fairtrade Foundation 2015, 18–19). Satokaudella 2022/2023 Yhdysvallat on edelleen kärjessä vientiä tarkasteltaessa noin 2,8 miljoonalla tonnilla puuvillaa (Statista 2023b). Texasissa tuotettiin osavaltioista eniten puuvillaa vuonna 2020. Muita johtavia puuvillan tuottajaosavaltiota olivat Georgia, Mississippi ja Arkansas. Texasissa High Plains -niminen alue tuottaa eniten puuvillaa osavaltion sisällä. (USDA ERS 2022.) Georgia oli toiseksi suurin puuvillan tuottajaosavaltio Yhdysvalloissa vuonna 2023 (Statista 2024). Erityisesti sen keski- ja eteläosissa viljellään puuvillaa. Yhdysvaltojen puuvillasta käytetään myös nimitystä Upland Cotton, joka on toinen nimitys yleisimmälle *Gossypium hirsutum* -puuvillalajille. Se kattaa 97 % Yhdysvaltojen puuvillasta. (USDA ERS 2022.) Kuvasta 3 näkee puuvillatuotannon Yhdysvalloissa.



Kuva 3. Yhdysvaltojen puuvillan tuotanto.

Muokattu lähteestä (USDA National Agricultural Statistics Service 2022).

Yhdysvalloissa puuvillan keräys on koneellista. Puuvilla käy läpi laatuluokittelun USDA:n eli United States Department of Agriculture:n johdosta, jonka jälkeen se markkinoidaan sille ominaisen luokituksen mukaisesti. Yhdysvalloissa puuvillateollisuuden organisaatiot tukevat viljelijöitä ja lainsäädäntö ohjaa teollisuutta. Satovakuutukset ja riskienhallintaohjelmat

ovat viljelijöiden apuna. (USDA ERS 2022.) Puuvillan viljelyn päästöt ovat täällä hetkellä vähentyneet Yhdysvalloissa 25 % vuoteen 1980 verrattuna. Yhdysvalloissa tehdäänkin aktiivisesti töitä puuvillan viljelyn aikaisten päästöjen vähentämiseksi. Viljelijät, tutkijat, lannoitevalmistajat ja tuotantoketjun kumppanit koittavat tehdä muutosta, jotta viljelyn päästöjä saataisiin vähennettyä 39 % vuodesta 2015 vuoteen 2025 mennessä. (Cotton LEADS 2024.)

3.2 Puuvillan viljelyn ympäristövaikutukset

Puuvillan ympäristövaikutukset ovat moninaisia, mutta tässä luvussa keskitytään pääosin maankäytöstä ja ilmastonmuutoksesta aiheutuviin ympäristövaikutuksiin, sillä ne ovat tärkeimmät näkökulmat tämän kandidaatintyön kannalta luontojalanjäljen laskennan rajautuessa niihin. Lisäksi tässä luvussa kerrotaan myös muista puuvillan viljelyyn liittyvistä ympäristövaikutuksista.

3.2.1 Maankäyttö

Vaikka puuvillan viljelyalueet eivät maailmanlaajuisesti ole merkittävästi laajentuneet viimeisen seitsemänkymmenen vuoden aikana, uusia alueita joudutaan ottamaan käyttöön. Tämä johtuu siitä, että maaperä köyhtyy puuvillan viljelyalueilla ja tekee niistä hyödyttömiä. Uusien viljelyalueiden käyttöönotto tuhoaa laajenevalta alueelta sen alkuperäisen luonnon (WWF 2024b).

Puuvillalla on melko hyvä sietokyky maaperän suolaantumiselle, mutta se on silti erittäin suuri uhka puuvillan viljelylle (Sharif et.al. 2019). Maapallon viljelyalueista 8 % on hylätty pääosin suolaantumisen takia alueiden intensiivisen viljelyn aiheuttamana. Pääosin juuri puuvillan viljelyalueita on hylätty. (Kooistra & Termorshuizen 2006, 8.) Suolaantumista tapahtuu maaperässä luonnollisesti sekä ihmisen toiminnan, kuten suolapitoisen kasteluveden ja riittämättömän kuivatuksen seurauksena. Suolaantumisessa maaperään kertyy liukenevia suoloja, kun suolat liukenevat ensin veteen, kulkeutuvat sitten maaperässä veden mukana, ja lopuksi veden haihtuessa jäävät maaperään. (ESDAC 2009.) Suolaantuminen on ongelma etenkin kastelluilla viljelyalueilla (Kooistra & Termorshuizen 2006, 8.) Globaalisti 20 % maapallon viljelymaista ja 33 % kastelluista viljelymaista on suolaantuneita. On myös

ennustettu, että vuoteen 2050 mennessä 50 % viljelymaista on suolaantuneita. (Sharif et.al. 2019.)

Intiassa muun muassa huonot viljelyalueen hoitokäytännöt, huonolaatuinen kasteluvesi ja kunnollisten jätevesijärjestelmien puuttuminen, ovat maaperän suolaantumisen syitä (Sharif et.al. 2019). Intian puuvillaviljelmistä 33 % on kasteltuja (Ministry of Textiles 2022). Yhdysvalloissa taas 65 % puuvillasadosta tuotetaan ilman kastelua (Cotton Incorporated 2024). Voidaan päätellä, että arviolta 35 % Yhdysvaltojen puuvillaviljelmistä ovat myös kasteltuja.

3.2.2 Ilmastonmuutos

Maapallon ilmakehä toimii elämälle suotuisten olosuhteiden säilyttäjänä. Ilmakehä päästää auringon lyhytaaltoista säteilyä maanpinnalle ja estää samalla maanpinnan ja ilmakehän itsensä lähettämää pidempiaaltoista lämpösäteilyä karkaamasta. Tätä ilmiötä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi ja sen takana ovat kasvihuonekaasut. (Ilmatieteenlaitos 2024.) Ihminen on toiminnallaan kasvattanut kasvihuonekaasujen pitoisuuksia ilmakehässä ja aiheuttanut ilmaston lämpenemistä (IPCC 2023). Kasvihuonekaasuista erityisesti vesihöyry (H_2O) ja hiilidioksidi (CO_2) imevät tehokkaasti itseensä lämpösäteilyä. Vesihöyryn pitoisuuksiin ihmisen toiminta ei juurikaan vaikuta, mutta hiilidioksidi taas on tärkein kasvihuonekaasu, jonka pitoisuuksiin ihminen voi vaikuttaa. Myös otsoni (O_3) ja metaani (CH_4) imevät hyvin lämpösäteilyä. Arviolta 70 % metaanipäästöistä on ihmisen toiminnan aiheuttamia. Dityppioksidin (N_2O) määrä ilmakehässä on myös kasvanut ja syynä ovat muun muassa typpilannoitteet. (Ilmatieteenlaitos 2024.) Maatalous aiheuttaa noin 24 % globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä. Maatalouden kasvihuonekaasupäästöt ovat pääosin metaania (CH_4), sekä dityppioksidia (N_2O). (Huang et.al. 2022, 2.)

Puuvillatuotteen elinkaarta tarkasteltaessa viljelystä aiheutuu 5–10 % kasvihuonekaasupäästöistä, kun taas puuvillan jatkokäsittelyn osuus on 20–30 % ja puuvillatuotteen käyttäjän käytönaikaisten päästöjen osuus on 30–60 % kasvihuonekaasupäästöistä. Kasvihuonekaasupäästöt syntyvät pääosin kastelusta, lannoitteista, hyönteismyrkyistä, tuotannon energiankulutuksesta ja kuluttajan aiheuttamista päästöistä. Kuluttajan aiheuttamista päästöistä

suurimman osan aiheuttavat kuivausrummulla kuivauksen ja konepesun energiankulutus. Nämä ovat suurimmat päästölähteet myös tarkasteltaessa puuvillaisen t-paidan koko elinkaarta. (Hughes 2021.)

Maailmanlaajuisesti puuvillan viljelyn kasvihuonekaasupäästöistä noin 64 % aiheutuu lannoitteista. Tähän kuuluvat lannoitteiden valmistuksen päästöt, jotka kattavat 26 % lannoitteiden päästöistä, sekä pelloilta vapautuvat päästöt, jotka kattavat 38 % päästöistä. Pelloilta vapautuvat päästöt ovat pääosin dityppioksidipäästöjä. Pääosin valmistetut lannoitteet ovat typpilannoitteita ja kokonaispäästöihin, eli 100 %:iin, on laskettu puuvillan tuotanto kokonaisuudessaan pellolta puuvillapaaleiksi. Kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavat lannoitteiden lisäksi tässä tarkastelussa peltojen kastelu, pelloilla tapahtuvat työ muun muassa traktoreilla, puuvillan siementen poisto, hyönteismyrkyt, pakkaaminen ja kuljetukset. (Cotton Incorporated 2021.) Intiassa tehdyn tutkimuksen mukaan liiallinen lannoitteiden käyttö ei lisää puuvillasatoa, vaan viljelyn kasvihuonekaasupäästöt vain kasvavat. Lannoitteiden oikeanlaisella käytöllä pystytään siis vähentämään viljelyn kasvihuonekaasupäästöjä. (WWF 2013, 34.)

Yleisesti lannoitteiden kasvihuonekaasupäästöt aiheuttavat noin 5 % maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Yleisestikin yksi kolmasosa päästöistä syntyy lannoitteiden valmistusprosessissa ja kaksi kolmasosaa lannoitteiden levitettyä pelloille. (University of Cambridge 2023.) Synteettisen typpilannoitteen valmistus kattaa 2 % maailman energiankulutuksesta. On arvioitu, että tavanomaisin menetelmin viljellyn viljan tuotannon energiankulutuksesta 45 % syntyy synteettisen typpilannoitteen valmistuksesta. (Walling & Vaneckhaute 2020.) Lannoitteen valmistus on siis erittäin energiaintensiivistä, joten pyrkiminen energiankulutuksen päästöjen vähentämiseen, vähentäisi se myös lannoitteiden kokonaispäästöjä. Näin myös puuvillan viljelyn päästöjä saataisiin vähennettyä. Lannan ja synteettisten lannoitteiden aiheuttamat hiilidioksidiekvivalenttipäästöt maailmassa yhden vuoden aikana ovat suuremmat, kuin maailman lento- ja rahtilaivaliikenne yhteensä (University of Cambridge 2023).

Kasvit sitovat hiilidioksidia ilmakehästä fotosynteesissä ja juuri puuvillalla on kasvina suuri potentiaali hiilen sitojana. Se pystyy sitomaan hiiltä tehokkaasti kuituunsa ja maaperään. Puuvillan hiilensidonta edistyy samalla, kun parempia maanviljelyn innovaatioita otetaan käyttöön. Teknologian kehitys auttaa muun muassa lannoitteiden oikeanlaisessa käytössä, sillä tietotekniikan, laskentatehon ja muiden teknisten kehitysaskelien avulla saadaan tarkempaa tietoa muun muassa viljelysten tarvitsemasta lannoitemäärästä. (Cotton LEADS 2024.)

Ilmastonmuutos voi kiihdyttää hydrologista kiertokulkua eli myös veden haihtumisnopeutta maapallolla. Ilmastonmuutoksen seurauksena alueellisissa ilmasto-olosuhteissa saattaa tapahtua muutoksia. (Geng et.al. 2023.) Veden nopeampi haihtuminen saattaa johtaa siihen, että viljelymaiden kastelun tarve kiihtyy. Tämä taas vaikuttaa esimerkiksi siihen, että maaperän suolaantuminen nopeutuu ja uusien viljelymaiden käyttöönoton tarve lisääntyy (Khamidov et.al. 2022). Ilmastonmuutos voi siis kiihdyttää kastelun tarvetta, joka taas puolestaan lisää energiankulutusta ja kiihdyttää edelleen ilmastonmuutosta sekä makean veden vesivarojen hupenemista. Tätä kutsutaan positiiviseksi takaisinkytkennäksi. Ilmastonmuutos aiheuttaa myös muunlaisia positiivisia takaisinkytkentöjä (UCAR Center for Science education 2024). Esimerkiksi uuden peltopinta-alan raivaaminen ilmastonmuutoksen aiheuttaman nopeamman haihdunnan ja maaperän suolaantumisen takia saattaa kiihdyttää ilmastonmuutosta entisestään, sillä uuden viljelyalueen alkuperäisen kasvuston hävitessä sen hiilinielu katoaa, jolloin hiilen sidonta saattaa vähetä riippuen viljelykasvin hiilensidontapotentiaalista. Tällöin kasvihuonekaasut pääsevät lämmittämään ilmakehää entisestään. Xinjiang on erittäin herkkä alue globaalien ilmastonmuutoksen aiheuttamille muutoksille (Geng et.al. 2023).

3.2.3 Muut ympäristövaikutukset

Puuvillan viljelyyn käytettävien hyönteismyrkköjen määrä on 16 % kaikesta maailmassa käytettävästä hyönteismyrkystä. Puuvillaan käytetään hyönteismyrkkyjä enemmän, kuin mihinkään muuhun yksittäiseen viljelykasviin. Jokaiselle puuvillahehtaarille käytetään lähes yksi kilogramma vaarallisia hyönteismyrkkyjä, joista myös viljelijät kärsivät. Maailmanlaajuisesti 1–3 % eli noin 25–77 miljoonaa maatalouden työntekijää kärsii hyönteismyrkyistä

aiheutuneista myrkytyksistä ja arviolta vähintään miljoona näistä työntekijöistä tarvitsee sairaalahoitoa vuosittain myrkytysten vuoksi. Hyönteismyrkyt pilaavat myös makean veden varoja maailmanlaajuisesti. (Environmental Justice Foundation 2007, 2–3.)

Yhden puuvillakangaskilon tuottamiseen tarvitaan arviolta 10 000 litraa vettä (Chapagain et.al. 2017). Yhden puuvillaisen t-paidan valmistukseen kuluu arviolta 2700 litraa vettä (Fairtrade Foundation 2015, 2). Muun muassa puuvillan vesi-intensiivisyyden takia Kazakstanin ja Uzbekistanin välissä sijaitseva Araljärvi on kuivunut. Järvi oli ennen maailman neljänneksi suurin järvi, mutta toisen maailmasodan jälkeen Neuvostoliiton aikana vettä alettiin käyttää peltojen kasteluun. Vedellä kasteltiin etenkin puuvillaviljelmiä. Järven kuivuminen on yksi maailman pahimmista ympäristökatastrofeista. Järven kuivuminen johti paikalliseen ilmastonmuutokseen, minkä vuoksi sademäärä alueella alkoi vähetä. Araljärven laaja kalateollisuus loppui kuivumisen takia. Lisäksi kuivuneen järven alueella tapahtuvien hiekka-myrskyjen takia järven pohjan hiekan sisältämät haitalliset aineet ovat päässeet leviämään ympäristöön. (Kokkonen 2014.)

4 Puuvillan luontojalanjäljen laskenta

Tässä kandidaatintyössä luontokato on laskettu käyttämällä LC-IMPACT (2024) raportin määrittämiä karakterisointikertoimia luontokadolle. Kertoimien avulla voidaan laskea, kuinka monta eliölajia potentiaalisesti kuolee sukupuuttoon tietyn tekijän aiheuttamana tietyn luontokadon ajurin näkökulmasta (LC-IMPACT 2024). Lisäksi luontokadon laskennassa on hyödynnetty muiden lähteiden pohjalta saatuja lähtötietoja, kuten satotasoja ja ekoalueita eri puuvillan viljelymaissa. Tässä luvussa esitellään laskentamenetelmät.

Ilmastonmuutoksen osalta luontojalanjäljen laskennassa on käytetty LC-IMPACT (2024) raportin tuottamaa kerrointa, joka kertoo kuinka suuri prosenttiosuus lajeista kuolisi, kun viljelyssä syntyy 1 kg fossiilisia hiilidioksidipäästöjä. Yksikkönä käytetään PDF*y/kgCO₂, jossa PDF tulee englannin kielen sanoista potentially disappeared fraction of species ja y kuvaa sitä ajanjaksoa, jolla kerroin vaikuttaa. Ilmastonmuutoksen ajurin osalta käytetään ”core” eli sadan vuoden aikajänteen kerrointa. Luontokato koskee tässä työssä vain maa-ekosysteemejä. Makean veden ekosysteemeille luontokato tulisi laskea eri kertoimella ja meriekosysteemeille ei tällä hetkellä ole määritetty kerrointa LC-IMPACT:n raportissa. Lisäksi laskentaa varten on etsitty lähteistä arvioita kunkin tässä työssä tutkitun kolmen puuvillan tuottajamaan hiilidioksidiekvivalenttipäästöistä puuvillan viljelyn osalta. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöt on sitten kerrottu LC-IMPACT (2024) raportin tuottamalla kertoimella tässä työssä tutkittujen kolmen eri puuvillan tuottajamaan kohdalla erikseen. Tuloksista saadaan selville, kuinka suuri prosenttiosuus lajeja potentiaalisesti kuolisi ilmastonmuutoksen ajurin näkökulmasta sadan vuoden ajanjaksolla kunkin tuottajamaan tuotannosta, kun tuotetaan yksi kilogramma puuvillaa. Yksiköksi saadaan PDF*y/kg puuvillaa. Ilmastonmuutoksen ajuri ei ota kantaa eri lajien haavoittuvuuteen eli vaikutusalttiuteen ilmastonmuutoksen vaikutuksille, vaan on globaali keskiarvo. (LC-IMPACT 2024.)

Kiinan kohdalla päästöarvo on lähteestä, jossa päästöt on laskettu Xinjiangissa, eli se ei kerro muualla Kiinassa vapautuvista puuvillan päästöistä (Günther et.al. 2017). Kiinan puuvillasta 90 % kuitenkin tuotetaan Xinjiangissa, joten voidaan päätellä, että arvo kuvaa melko

hyvin Kiinan puuvillan hiilijalanjälkeä (Davis & Gale 2022b). Intian kohdalla on huomioitava, että hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä on käsitelty WWF (2013) raportissa esitettyjen kahden eri viljelykäytännön päästöjen keskiarvona. Nämä kaksi erillisinä käsiteltyä tapaa ovat perinteinen puuvillan viljely engl. TC=Traditional cotton cultivation, ja parempien viljelykäytänteiden tapa engl. BMPs=Better management practices. Parempien viljelykäytänteiden tapa kiinnittää erityistä huomiota ravinteiden, tuholaistorjunnan ja kastelun hallittuun käyttöön. Tutkimuksessa oli mukana 48 tutkimuspeltoaluetta Intiassa, Warangalin piirikunnassa, joista 27 oli paremmilla viljelykäytännöillä hoidettuja peltoalueita ja 21 tavallisia peltoalueita. Muualla Intiassa päästöt saattavat olla eri suuruiset. Tässä työssä Intian hiilidioksidiekvivalenttipäästöt on laskettu kahden edellä kerrotun viljelytavan päästöjen keskiarvona. (WWF 2013, 20.) Yhdysvaltojen osalta päästöt on arvioitu tilastosta, jossa jokaisen Yhdysvaltojen osavaltion kohdalla sen piirikuntien päästöt on laskettu erikseen. Piirikuntien päästöt eroavat toisistaan joissakin tapauksissa hyvinkin paljon, mutta pääosin päästöt vaihtelevat välillä 0,3–2 kgCO₂e/kg puuvillaa, joten päästöinä on käytetty tämän keskiarvoa. Yhdysvaltojen päästöinä on siis käytetty maakohtaista keskiarvoa. (Matlock et.al. 2009, 12.)

Lisäksi on huomioitava, että eri tuottajamaille päästöt on arvioitu erilaisin rajauksin. Kiinan päästöissä on viljelyn päästöjen lisäksi huomioitu epäsuorat viljelyssä tarvittavien tuotteiden valmistukseen tarvittavien raaka-aineiden hankinnassa syntyvät päästöt. Tämä tarkoittaa maakaasun, öljyn ja hiilen hankinnan päästöjä. Lisäksi viljelyssä tarvittavien tuotteiden valmistuksessa syntyvät epäsuorat päästöt, kuten lannoitteiden ja hyönteismyrkkyjen valmistuksen päästöt on huomioitu. Kiinan viljelyn päästöistä kertovassa lähteessä viljelyyn tarvittavien tuotteiden päästöt on laskettu todennäköisesti kattavammin kuin muiden tuottajamaiden lähteissä, sillä lähteessä on mainittu myös muun muassa kastelujärjestelmän ja Xinjiangissa käytettävän muovisen viljelykatteen materiaalien valmistuksessa syntyvät päästöt. Yhdysvaltojen kohdalla päästöjen laskennan rajauksena on puuvillan viljelyn aiheuttamat suorat päästöt, ja viljelyssä tarvittavien tuotteiden valmistuksessa, kuten lannoitteiden ja hyönteismyrkkyjen valmistuksessa syntyvät epäsuorat päästöt. Raaka-aineiden hankinnan päästöistä ei ollut lähteessä erillistä mainintaa. Myös Intian päästöjen kohdalla viljelyn aikaisten päästöjen lisäksi lannoitteiden ja hyönteismyrkkyjen valmistuksen päästöt on huomioitu, mutta raaka-aineiden hankinnan päästöistä ei ole mainintaa. Eri tuottajamaiden kohdalla on vaihtelua siinä, minkä kaikkien viljelyyn tarvittavien tuotteiden päästöt on laskettu. Kiinan

ja Yhdysvaltojen päästöissä ei ole huomioitu viljelyn hiilivarastoa, eli hiilen sitoutumista puuvillan viljelyssä maaperään tai biomassaan, kun taas Intian päästöissä hiilivarasto on huomioitu. Intian ja Yhdysvaltojen kohdalla tarkastelu rajautuu sadonkorjuuseen. Kiinan osalta on epäselvää, huomioidaanko myös kuljetus pellolta puuvillan jatkokäsittelypaikalle. Kaikkien maiden kohdalla päästöjen tarkastelu rajautuu kuitenkin viimeistään puuvillan jatkokäsittelyyn. Tärkeimpänä havaintona tämän kappaleen perusteella on kuitenkin se, että päästöt eivät ole täysin vertailukelpoisia erilaisten rajausten vuoksi, eivätkä rajauksetkaan ole lähteissä aina yksiselitteisiä. Taulukossa 2 on tiivistettynä eri puuvillan tuottajamaiden hiilidioksidiekvivalenttipäästöissä huomioidut vaiheet suurpiirteisesti. (Günther et.al. 2017; WWF 2013, 18–19; Matlock et.al. 2009, 1–8.) Taulukossa 3 on laskennassa käytetyt hiilidioksidiekvivalenttipäästöt puuvillan tuottajamaille sekä luontokadon kerroin fossiilisen hiilidioksidin osalta.

Taulukko 2. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöissä huomioidut vaiheet tuottajamaissa.

Tuottajamaa	Raaka-aineiden hankinta	Viljelyssä tarvittavien tuotteiden valmistus	Viljely	Hiilivarasto	Kuljetus pellolta jatkojalostukseen
Kiina (Günther et.al. 2017)	X	X	X		?
Intia (WWF 2013)	?	X	X	X	
Yhdysvallat (Matlock et.al. 2009)	?	X	X		

Taulukko 3. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöt ja luontokadon kerroin ilmastonmuutokselle.

Hiilidioksidipäästöt ovat yksikössä **kgCO₂e/kg puuvillaa**

Kiina (Günther et.al. 2017)	Intia (WWF 2013)	Yhdysvallat (Matlock et.al. 2009)
4,43	Keskiarvo: 0,97	Keskiarvo: 1,15
	TC: 1,5	
	BMPs: 0,43	

Luontokadon kerroin on yksikössä **PDF*y/kgCO₂**

Luontokadon kerroin (LC-IMPACT 2024)
1,76E-15

LC-IMPACT (2024) raportin maankäytön ajurin kerroin kuvaa, kuinka suuri prosenttiosuus eliölajeja potentiaalisesti kuolisi maankäytön seurauksena neliömetrin kokoisella alueella tietyllä ekoalueella, ja valituilla kriteereillä, jotka tämän työn osalta on kerrottu seuraavaksi. Puuvilla on todellisuudessa monivuotinen kasvi, mutta sitä viljellään yksivuotisena. Tämän vuoksi laskentaan on valittu kerroin, joka kuvaa yksivuotisen kasvin luontokatoa maankäytön osalta. Kerroin on myös valittu niin, että se kuvaa maankäytöstä aiheutuvaa luontojalanjälkeä nykyisen kaltaisella alueen maankäytöllä ja alueen nykyisessä koossa. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia ei ole kertoimessa huomioitu. Kerroin on lisäksi valittu niin, että se kuvaa pienen puuvillamäärän, kuten tässä työssä käytetyn yhden puuvillakilogramman luontokatoa. On siis käytetty ”occupation” ja ”marginal” kerrointa. Yksikkönä käytetään $PDF \cdot y/m^2$, jossa y kuvaa maankäytön ajurin kohdalla sitä, kuinka paljon lajeja potentiaalisesti kuolisi yhden vuoden aikana neliömetrin kokoisella alueella. Kerroin ei kuitenkaan ota kantaa siihen, milloin laji potentiaalisesti kuolisi. Kerroin ottaa kantaa siihen, kuinka rikas luonnon monimuotoisuus alueella on, eli kuinka paljon erilaisia lajeja alueella on. Lisäksi kertoimessa on painotettu eri lajit eri painotuksilla niin, että se huomioi alueen lajien erilaisen haavoittuvuuden. (LC-IMPACT 2024.)

Maankäytön luontojalanjäljen laskentaa varten on etsitty kaikille tässä työssä käsitellyille puuvillan tuottajamaille niiden eniten puuvillaa tuottavien alueiden ekoalueet. Niin kuin johdannossa jo todettiin, ekoalue on alue, jonka sisällä ekosysteemit ja niiden ympäristökijät ovat samankaltaisia sen eri osissa (EPA 2023). Kiinassa 90 % sen puuvillasta tuotetaan Xinjiangin alueella, jonka sisällä pääasialliset viljelyalueet ovat Junggar ja Tarim -nimiset valuma-alueet (Davis & Gale 2022b; Kang et al. 2023, 2). Siksi Kiinan kohdalla vain näiden kahden alueen ekoalueen luontojalanjälki on huomioitu, toisin kuin Intiassa, jossa puuvillan viljely jakaantuu laajemmin eri puolille Intiaa (USDA Foreign Agricultural Service 2024). Luontojalanjälki Intiassa on siksi laskettu maankäytön osalta suurimmalle puuvillan tuottaja-alueelle, eli Gujaratin alueelle, ja vertailun vuoksi toiseksi eniten puuvillaa tuottavalle Maharasthran alueelle. Gujaratin alueella on monta ekoaluetta, mutta mukaan tuloksiin on otettu suurin ekoalue, sekä laskennassa havaitun korkean luontojalanjäljen omaava seuraavaksi suurin ekoalue Gujaratin itäosassa. Itäosan ekoaluetta on myös hyvin pieni alue keskellä Gujaratin Saurathran aluetta. Maharasthran alue jakaantuu pääosin kahdelle eri ekoalueelle, itä-länsi-suunnassa. Luontojalanjälkeä on tarkasteltu molempien edellä mainittujen

osalta. Myös Yhdysvalloissa puuvillaa viljellään useassa eri osavaltiossa, joten luontokato maankäytölle on vertailun vuoksi laskettu sekä suurimman tuottajaosavaltion Texasin osalta, sekä seuraavaksi eniten puuvillaa tuottavan Georgian osalta. Texasissa puuvillaa viljellään eniten sen pohjoisosassa High Plainsin alueella, mutta myös etelärannikolla. (USDA ERS 2022; Statista 2024.) Siksi näiden molempien alueiden ekoalueen luontokato on huomioitu. Georgiassa viljely keskittyy osavaltion keski- ja eteläosaan, jolle on yksi ekoalue (USDA National Agricultural Statistics Service 2022). Ekoalueiden selvittämiseen on käytetty apuna Googlen tuottamaa Ecoregions (2017) -ekoaluekarttaa. Myös Wikipedian listaus ekoalueiden koodeista oli apuna, sillä Ecoregions (2017) kartan ekoalueiden koodit eivät vastaa suoraan LC-IMPACT (2024) raportin pohjalta laadittuja ekoaluekoodeja, jota oikean luontokadon kertoimen löytämiseksi tarvitsee. (Wikipedia 2023; Ecoregions 2017.)

Lisäksi maankäytön aiheuttamaa luontokatoa laskettaessa on laskettu jokaiselle tässä työssä käsitellyille puuvillan tuottajamaille puuvillan vuotuinen satotaso kymmenen vuoden keskiarvona vuosilta 2012–2021 (Our World in Data 2023). Satotasojen keskiarvo on muokattu yksikköön m^2/kg puuvillaa. Tämä kertoo siis, kuinka paljon maapinta-alaa yhden puuvillakilon tuottamiseen tarvitaan. Kun kertoimet ja satotasot on saatu selville, on kerrottu kyseisen puuvillan tuottajamaan tietyn ekoalueen kerroin kyseisen maan satotasolla.

Tuloksista saadaan selville, kuinka paljon lajeja potentiaalisesti kuolisi maankäytön ajurin näkökulmasta yhden vuoden aikana kussakin tuottajamaassa sen eri ekoalueilla, kun tuotetaan yksi kilogramma puuvillaa. Yksiköksi saadaan PDF^*/kg puuvillaa. Huomioitavaa on se, että satotasot on laskettu tuottajamaille, mikä ei kerro maiden sisällä eri ekoalueilla tuotetun puuvillan satotasoista. Tämä aiheuttaa tuloksiin epätarkkuutta. Taulukossa 4 näkyvät satotasojen keskiarvot, ekoalueet ja niiden koodit, sekä kertoimet luontokadolle. Liitteessä 1 on esitelty satotasoihin liittyvää laskentaa tarkemmin.

Taulukko 4. Satotasojen keskiarvot, ekoalueet ja niiden koodit, sekä kertoimet luontokadolle.

Satotasot ovat yksikössä **m²/kg puuvillaa**

(Our World in Data 2023)

Kiina	Intia	Yhdysvallat
Keskiarvo: 2,02	Keskiarvo: 7,08	Keskiarvo: 3,75

Luontokato on yksikössä **PDF*y/m²**

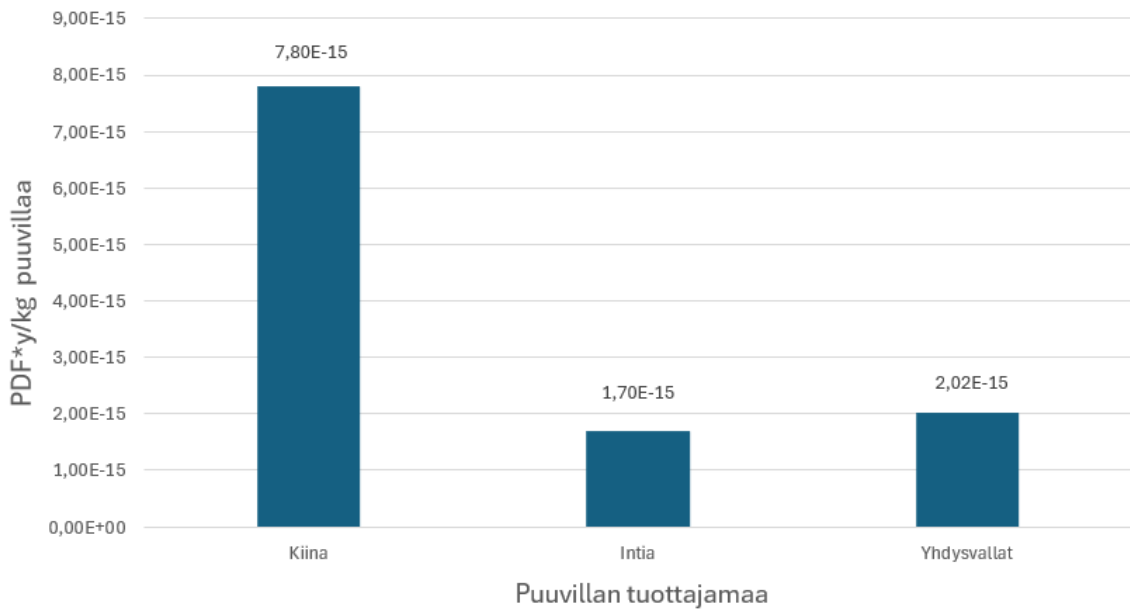
(LC-IMPACT 2024)

Kiina	Intia	Yhdysvallat
Tarim valuma-alue PA0442: 2,37E-16	Gujaratin isoin ekoalue IM1303: 1,18E-15	High Plains, Texas NA0815: 1,66E-15
Junggar valuma-alue PA1317: 4,44E-16	Gujaratin itäosa IM0206: 4,25E-15	Texasin etelärannikko NA0701: 1,99E-15
	Maharastran itäosa IM0201: 4,27E-15	Georgian keski- ja eteläosa NA0529: 3,53E-15
	Maharastran länsiosa IM1301: 4,50E-15	

Lopuksi on laskettu jokaisen tuottajamaan kohdalla erikseen sen eri ekoalueiden luontokadon keskiarvo maankäytön ajurin näkökulmasta ja lisätty siihen ilmastomuutoksen ajurin aiheuttama luontokato.

5 Tulokset ja keskustelu

Tässä luvussa esitellään luontojalanjäljen laskennan tulokset, sekä keskustellaan tuloksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Luontokadon tulokset on esitelty eri ajurien näkökulmista erikseen, sekä tämän jälkeen yhdessä kuvaajassa. Näin eri ajurien luontokadon vaikutusta voidaan vertailla. Kuvassa 4 näkyy tuottajamaiden luontojalanjälki ilmastonmuutoksen ajurin näkökulmasta.

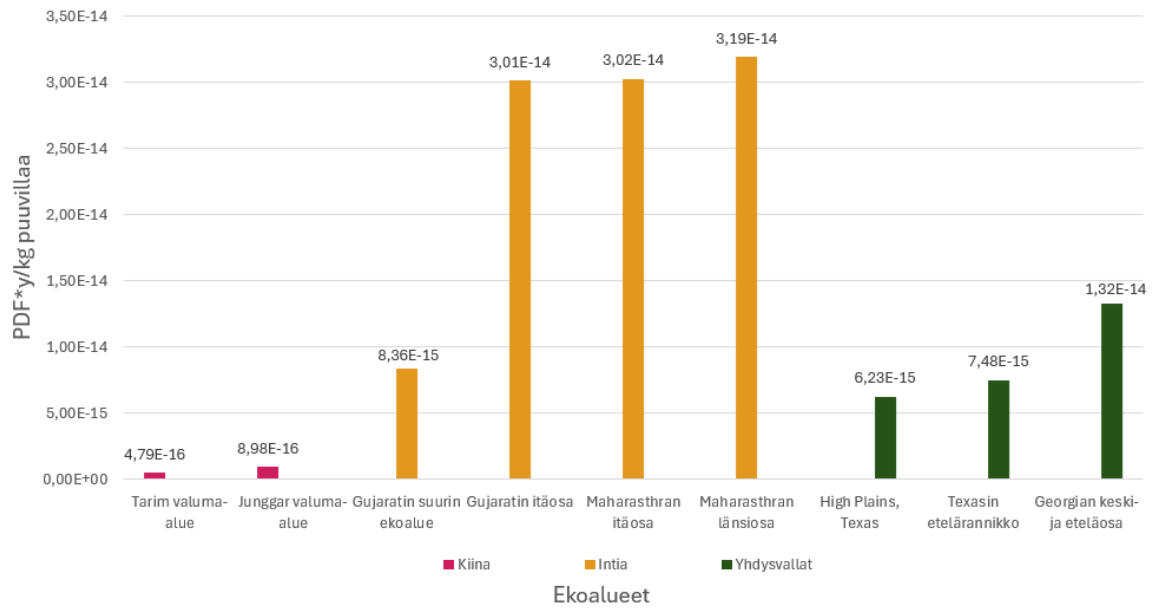


Kuva 4. Luontojalanjälki ilmastonmuutoksen ajurin näkökulmasta.

Kuvasta nähdään, että Kiinalla on suurin luontojalanjälki ilmastonmuutoksen ajurin osalta, ja Intialla taas pienin. Kiinan luontojalanjälki on huomattavasti suurempi, kuin Intialla ja Yhdysvalloilla. Syy tähän saattaa liittyä erilaiseen rajaukseen viljelyn päästöjä laskettaessa. Kiinalla on laajempi rajaus sen ottaessa huomioon viljelyyn tarvittavien tuotteiden valmistuksessa syntyvät päästöt todennäköisesti laajemmin kuin Yhdysvaltojen ja Intian kohdalla. Lisäksi raaka-aineiden hankinnan päästöt on huomioitu Kiinan viljelyn päästöissä, mikä osaltaan saattaa selittää suurempaa luontojalanjälkeä. Kiinan päästöjä tarkastelevassa lähteessä mainitaan myös, että Kiinassa puuvillan sadonkorjuu tehdään käsin. (Günther et.al.

2017). Tämä on ristiriidassa siihen, että aiemmin tässä työssä on todettu Kiinan siirtäneen puuvillan viljelyä Xinjiaangiin osittain juuri siksi, että alueella on paremmat mahdollisuuden koneellistamiseen (Davis & Gale 2022a). Huomiota herättävää on siis se, että Kiinalla päästöt, ja sen vuoksi myös luontojalanjälki on käsin tehtävästä sadonkorjuusta huolimatta paljon suurempi, kuin Intiassa ja Yhdysvalloissa, joissa sadonkorjuutapa vaihtelee. On siis arvioitava kriittisesti sitä, voiko Kiinalla olla todellisuudessa näin suuri luontojalanjälki ja mistä seikoista se tarkalleen ottaen johtuu. Toisaalta voidaan pohtia, onko muiden tuottajamaiden päästöjen määrä ehkä aliarvioitu.

Intian luontojalanjälkeen vaikuttaa kahden eri viljelykäytännön huomiointi päästöjen osalta keskiarvoisesti rajatulla alueella. Intiassa luontojalanjälki saattaa todellisuudessa olla laskennan tulosta suurempi, sillä tarkkaa tietoa siitä, minkä verran koko Intian kattavalla alueella on perinteisillä viljelykäytännöillä hoidettuja ja toisaalta paremmilla viljelykäytännöillä hoidettuja peltoja. Intiassa satotasot ovat kuitenkin laskeneet keskimäärin jatkuvasti vuodesta 2013–2014 lähtien (USDA Foreign Agricultural Service 2024). Tämä saattaa kertoa siitä, että yrityksistä huolimatta Intiassa parempien viljelykäytännöiden käyttöönotto ei välttämättä ole onnistunut kovinkaan hyvin. Koko Intian kattavalla alueella saattaa siis olla enemmän korkeapäästöisempiä perinteisillä käytännöillä hoidettuja peltoja, kuin paremmilla käytännöillä hoidettuja vähäpäästöisempiä peltoalueita. Tämän vuoksi Intian luontojalanjälki saattaa olla todellisuudessa suurempi. Myös Yhdysvaltojen kohdalla tulosta on tarkasteltava kriittisesti, sillä se on arvioitu maakohtaisella päästöjen keskiarvolla. Seuraavaksi tarkastellaan luontokadon laskennan tulosta maankäytön ajurin näkökulmasta. Kuvassa 5 näkyy luontojalanjälki puuvillan tuottajamaiden ekoalueilla maankäytön ajurin näkökulmasta.



Kuva 5. Luontojalanjälki puuvillan tuottajamaiden ekoalueilla maankäytön ajurin näkökulmasta.

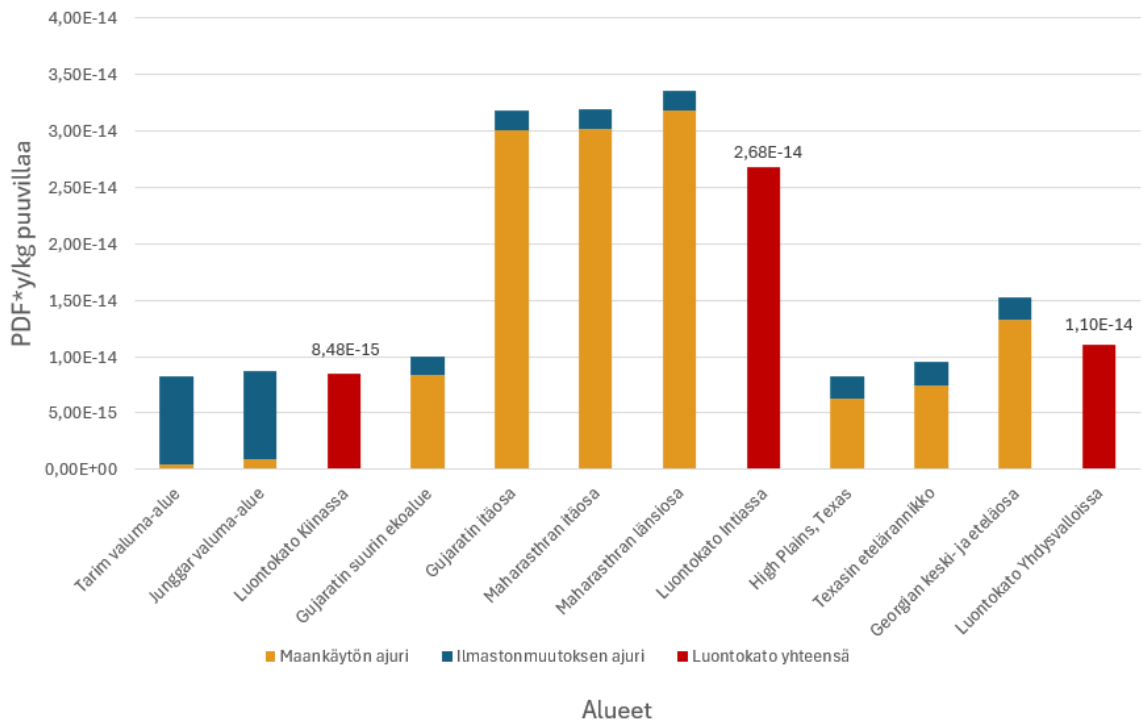
Tuloksista havaitaan, että luontojalanjälki maankäytön osalta on pääosin Intian ekoalueilla kaikista suurin. Kiinassa luontojalanjälki on pienin. Intiassa eniten puuvillaa tuottavalla alueella, Gujaratin suurimmalla ekoalueella luontojalanjälki on kuitenkin pienempi, kuin esimerkiksi Yhdysvalloissa toiseksi eniten puuvillaa tuottavan osavaltion Georgian kohdalla.

Intiassa alhaiset satotasot selittävät osaltaan suurta luontokatoa viljelyyn tarvittavan pinta-alan laajuuden vuoksi (Our World in Data 2023). Intiassa rikas luonnon monimuotoisuus ja uhanalaiset lajit selittävät myös tuloksen suuruutta. Gujaratin itäosan ekoalueelta on löydetty noin 80 eri nisäkäslajia, sekä yli 300 erilaista lintulajia, joista kaksi on uhanalaisia. Sama ekoalue kattaa myös Girin kansallispuiston alueen Gujaratissa, jossa elävät maailman ainoat luonnossa elävät Aasianleijonat. (One Earth 2024a.) Maharashtran itäosan ekoalueella elää useita Intian uhanalaisia suuria nisäkkäitä, kuten bengalintiikeri. Tämä alue tarjoaa elinympäristön melko laajalle määrälle eri lajeja, joiden kannat ovat laskeneet muun muassa elinympäristöjen hävitessä. (One Earth 2024b.) Myös Maharashtran länsiosan ekoalueen melko rikas luonnon monimuotoisuus on uhattuna, sillä luonnontilaista aluetta on otettu laajasti käyttöön (One Earth 2024c). Maharashtran ekoalueilla elää uhanalainen ja maailman ainoa Intianviippa populaatio (One Earth 2024b; One Earth 2024c). Gujaratin suurimmalla ekoalueella on myös melko rikas luonnon monimuotoisuus, sillä alueelta on löydetty noin

90 nisäkäslajia ja yli 400 lintulajia, joista osa on uhanalaisia (One Earth 2024d). Yksinkertaista selitystä sille, miksi luontojalanjäljen kerroin tällä alueella ei ole yhtä suuri kuin muualla Intiassa, ei ole. Vertailun vuoksi kerrottaneen, että erittäin lajirikkaalla Borneon saarella elää 222 nisäkäslajia ja 420 lintulajia (WWF 2024c).

Kiinan alhaista luontokatoa selittää korkea satotaso (Our World in Data 2023). Kiinassa puuvillan viljelyalueiden ekoalueilla ei myöskään ole lähteiden perusteella yhtä monimuotoinen luonto, kuin Intian ekoalueilla (One Earth 2024e; One Earth 2024f).

Yhdysvaltojen osalta luontokadon eri ekoalueiden kertoimet maankäytön ajuria tarkasteltaessa eivät eroa yhtä radikaalisti Intian luontokadon kertoimien arvoista, kuin Kiinan luontokadon kertoimien arvoista (LC-IMPACT 2024). Yhdysvalloissa satotasot ovat kuitenkin keskiarvallisesti huomattavasti paremmat kuin Intiassa, mikä selittää paremman tuloksen luontokatoa tarkasteltaessa (Our World in Data 2023). Georgiassa ja Texasin etelärannikolla puuvillan viljelyalueiden ekoalueilla luonnon monimuotoisuus ja harvinaisuus ovat kuitenkin merkittäviä ja ekoalueet kuuluvatkin yhteen maailman monimuotoisuuskeskuksista eli hotspoteista (One Earth 2024g; One Earth 2024h). Monimuotoisuuskeskukset ovat alueita, joissa luonnon monimuotoisuus on rikasta, sekä erittäin uhattuna (Conservation International 2024). Kuvassa 6 näkyy ajurien yhteisvaikutus luontokatoon.



Kuva 6. Ajurien yhteisvaikutus luontokatoon.

Tässä työssä on aiemmin todettu, että muun muassa genetiikka, paremmat viljelykäytännöt ja uudet innovaatiot liittyen teknologiseen kehitykseen auttavat parempien satotasojen tavoittelemisessa. Jos satotasoja saadaan paremmiksi, viljelypinta-alan tarve vähenee, minkä vuoksi luontokatoa saadaan vähennettyä maankäytön osalta ainakin uusilla viljelyalueilla. Lisäksi tämä saattaa auttaa muiden ympäristöä ja luontoa kuormittavien tekijöiden vähentämisessä, sillä esimerkiksi hyönteismyrkkujen ja veden kulutus vähenisi määrällisesti viljelypinta-alan tarpeen vähentyessä. Myös kasvihuonekaasupäästöjä voitaisiin saada vähennettyä samalla tavalla, kun päästöjä aiheuttavia tuotteita ja toimintoja saataisiin määrällisesti vähennettyä viljelypinta-alan tarpeen vähentyessä. Toisaalta matalamman intensiteetin viljely voisi ylläpitää suurempaa luonnon monimuotoisuutta, kun myös luonnontilaiselle ympäristölle annettaisiin mahdollisuus viljelyalueella. LC-IMPACT:n karakterisointikerroin ei kuitenkaan pysty tätä kovin hyvin huomioon maankäytön luontojalanjälkeä laskettaessa.

Tulosten perusteella paras puuvillan tuottajamaa luontokadon näkökulmasta on tämän kandidaatintyön pohjalta Kiina ja huonoin Intia. Tuloksista havaitaan, että maankäytön ajurin luontokadon vaikutus on yleensä suurempi, mutta Kiinan kohdalla, jossa maankäytön ajurin

vaikutus on pienempi, ilmastonmuutoksen ajurin merkitys on tärkeämpi. Punaiset palkit on laskettu keskiarvoina kunkin maan eri ekoalueille lasketuista maankäytön aiheuttamista luontojalanjäljistä ja siihen on lisätty ilmastonmuutoksen aiheuttama luontokato maassa. Tulokset ovat kuitenkin vain suuntaa antavia, sillä luotettavamman ja todellisen datan saamiseksi esimerkiksi päästömittauksia tulisi tehdä tätä työtä varten erikseen itse. Näin voitaisiin varmistua siitä, että lähtötiedot ovat vertailukelpoisia ja toteutettu yhtenevästi. Jotta päästäisiin lähemmäs todellisuutta tulisi laskennassa lisäksi ottaa huomioon kaikki maan ekoalueet, joissa puuvillaa viljellään. Toisaalta parhaan tuottajamaan määrittely on vaikeaa myös siksi, että maiden sisällä eri ekoalueilla luontokadon vaikutus voi vaihdella suuresti. Myös päästöjen määrä voi vaihdella viljelyalueittain maiden sisällä. Luontokadon vaikutukset riippuvat siis hyvin paljon siitä, missä päin maata puuvillan viljely tapahtuu.

Tämä kandidaatintyö sivusi myös hieman puuvillan viljelyn sosiaalisia ongelmia, joiden tarkempi tarkastelu jäi rajauksen ulkopuolelle. Mikäli tarkoituksena olisi löytää omalle puuvillatuotteelle kokonaisuudessaan paras puuvillan tuottajamaa, olisi syytä tarkastella kaikkia kestävyysnäkökulmia.

6 Yhteenveto

Tässä kandidaatintyössä tutustuttiin luonnon monimuotoisuuteen, sen olemassaolon merkittävyyteen ja luontokatoon. Työssä havaittiin, että luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen on erittäin tärkeää ihmiskunnan tulevaisuuden kannalta. Lisäksi työssä kerrottiin puuvillan viljelystä ja viljelyn ympäristövaikutuksista. Esille tuli, että puuvillan viljelystä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä, joista suurin osa syntyy lannoitteiden valmistuksesta ja käytöstä. Lisäksi suuri hyönteismyrkkyjen käyttö aiheuttaa haittoja sekä ympäristöön että ihmisiin, ja puuvillan viljelyyn liittyvä runsas vedenkulutus on ollut aiheuttamassa kokonaisen järven kuivumista. Jos puuvillapeltoja kastellaan huonoilla kastelukäytänteillä, maaperä pilaantuu ja uutta maapinta-alaa joudutaan ottamaan käyttöön. Työn tuloksena todettiin, että puuvillan viljelyyn liittyy lisäksi sosiaalisia ongelmia, joiden huomiointi on relevanttia parhaan puuvillan tuottajamaan pohdinnassa, vaikka niiden tarkempi arviointi rajautuikin pois tästä työstä.

Lisäksi työssä laskettiin puuvillan viljelyn aiheuttama luontojalanjälki ilmastonmuutoksen ja maankäytön ajurien näkökulmasta kolmessa suurimmassa puuvillan tuottajamaassa. Tuloksista saatiin selville, että Kiinalla on pienin luontojalanjälki ja Intialla suurin. Käytännössä siis paras maa puuvillan viljelyyn luontokadon osalta tämän työn kolmesta eri maa- vaihtoehdosta olisi Kiina ja huonoin Intia. Kiinassa ilmastonmuutoksen ajurin vaikutus on merkittävin, kun taas Intian ja Yhdysvaltojen kohdalla maankäytöstä aiheutuu suurin luontohaitta. Tuloksissa kuitenkin päädyttiin pohdintojen kautta siihen, että parhaan maan valinta ei olekaan niin yksinkertaista. Työn perusteella luonnon monimuotoisuutta uhkaavat tekijät on kuitenkin otettava vakavasti ja kaikki yritykset luontokadon vähentämiseksi ovat tärkeitä. Luontokadon vähentämisen keinoja, joita tässä työssä tuli esille, ovat muun muassa lannoitteiden oikeanlainen käyttö ja paremmat viljelykäytänteet, genetiikka sekä erilaiset innovaatiot liittyen teknologiseen kehitykseen.

Lähteet

Abdurakhmonov, I.Y. 2016. Cotton Research. LUT Primo.

Asikainen, H. 2020. Pölyttäjien määrä on romahtanut – ja siitä voi tulla ihmiskunnan kohtalokysymys. [verkkosivut]. [viitattu 20.1.2024]. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2020/04/01/polyttajien-maara-on-romahtanut-ja-siita-voi-tulla-ihmiskunnan-kohtalon-kysymys>

Conservation International. 2024. Biodiversity hotspots. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.conservation.org/priorities/biodiversity-hotspots>

Cope, R.B. 2018. Veterinary toxicology (Third Edition). [verkkosivut]. [viitattu 16.2.2024]. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/cotton>

Cotton Incorporated. 2021. Climate Change & Cotton Production. Cotton Incorporated.

Cotton Incorporated. 2024. Why Irrigate Cotton? [verkkosivut]. [viitattu 21.1.2024]. Saatavissa: <https://www.cottoninc.com/cotton-production/ag-resources/irrigation-management/why-irrigate-cotton/>

Cotton LEADS. 2024. Carbon footprint and air quality – United States. [verkkosivut]. [viitattu 7.2.2024]. Saatavissa: <https://cottonleads.org/sustainable-production/carbon-footprint-united-states/>

Davis E. & Gale F. 2022a. Shift in Geography of China's Cotton Production Reshapes Global Market. [verkkosivut]. [viitattu 18.1.2024]. Saatavissa: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2022/december/shift-in-geography-of-china-s-cotton-production-reshapes-global-market/>

Davis E. & Gale F. 2022b. Chinese Cotton: Textiles, Imports and Xinjiang. Economic Research Service, United States Department of Agriculture.

Ecoregions. 2017. [verkkosivut]. [viitattu 23.2.2024]. Saatavissa: <https://ecoregions.appspot.com/>

Environmental Justice Foundation. 2007. The Deadly Chemicals in Cotton. Environmental Justice Foundation.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2023. Ecoregions. [verkkosivut]. [viitattu 16.2.2024]. Saatavissa: <https://www.epa.gov/eco-research/ecoregions>

ESDAC (European Soil Data Centre). 2009. Kestävä maatalous ja maaperän säilyttäminen. Euroopan komissio.

European Environment Agency. 2020. Luonnon Monimuotoisuus - Ekosysteemit. [verkkosivut]. [eea.europa.eu](https://www.eea.europa.eu): European Environment Agency. [viitattu: 11.1.2024]. Saatavissa: <https://www.eea.europa.eu/fi/themes/biodiversity/intro>

Fairtrade Foundation. 2015. Fairtrade and cotton. Fairtrade Foundation.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Profiles of 15 of the world's major plant and animal fibres. [verkkosivut]. [viitattu 14.3.2024]. Saatavissa: <https://www.fao.org/natural-fibres-2009/about/15-natural-fibres/en/>

Felgueiras, C., Azoia, N.G., Gonçalves, G., Gama, M. & Dourado, F. 2021. Trends on the Cellulose-Based Textiles: Raw Materials and Technologies. *Frontiers*.

Geng, Q., Zhao, Y., Sun, S., He, X., Wang, D., Wu, D. & Tian, Z. 2023. Spatio-temporal changes and its driving forces of irrigation water requirements for cotton in Xinjiang, China. Elsevier.

Grand View Research. 2023. Textile Market Size, Share & Trends Analysis Report By Raw Material (Wool, Chemical, Silk), By Product (Natural Fibers, Polyester), By Application, By Region, And Segment Forecast, 2024–2030. [verkkosivut]. [viitattu 17.2.2024]. Saatavissa: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/textile-market>

Günther, J., Thevs, N., Gusovius, H.J., Sigmund, I., Brückner, T., Beckmann, V & Abdusalik, N. 2017. Carbon and phosphorus footprint of the cotton production in Xinjiang, China, in comparison to alternative fibre (*Apocynum*) from Central Asia. Elsevier.

Huang, W., Wu, F., Han, W., Li, Q., Han, Y., Wang, G., Feng, L., Li, X., Yang, B., Lei, Y., Fan, Z., Xiong, S., Xin, M., Li, Y. & Wang, Z. 2022. Carbon footprint of cotton production in China: Composition, spatiotemporal changes and driving factors. Elsevier.

Hufnagel, L. 2018. Ecosystem Services and Global Ecology. LUT Primo.

Hughes, K. 2021. Cotton and Climate Change The Untold Story. International Cotton Advisory Committee.

Ilmatieteenlaitos. 2024. Kasvihuoneilmiö. [verkkosivut]. [viitattu 22.1.2024]. Saatavissa: <https://space.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/otsoni/kasvihuone.html>

IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). 2019. Media Release: Nature's Dangerous Decline 'Unprecedented'; Species Extinction Rates 'Accelerating'. [verkkajulkaisu]. ipbes.net: IPBES Secretariat. [viitattu: 13.1.2024]. Saatavissa: <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>

IPBES. 2024. Models of drivers of biodiversity and ecosystem change. [verkkosivut]. [viitattu 7.3.2024]. Saatavissa: <https://www.ipbes.net/models-drivers-biodiversity-ecosystem-change>

IBEF (India Brand Equity Foundation). 2023. Cotton Industry and Exports. [verkkosivut]. [viitattu 18.1.2024]. Saatavissa: <https://www.ibef.org/exports/cotton-industry-india>

IPCC (Intergovernmental panel on Climate Change). 2023. Climate Change 2023. Synthesis Report. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change

Kang X., Huang C., Chen J.M., Lv X., Wang J., Zhong T., Wang H., Fan X., Ma Y., Yi X., Zhang Z., Zhang L., & Tong Q. 2023. The 10-m cotton maps in Xinjiang, China during 2018–2021. Scientific Data, Nature Journal.

Kogan, M., Gerling D. & Maddox, J.V. 1999. Handbook of Biological Control. [verkkosivut]. [viitattu 16.2.2024]. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/cotton>

Khamidov, M., Ishchanov, J., Hamidov, A., Donmez, C. & Djumaboev, K. 2022. Assessment of Soil Salinity Changes under the Climate Change in the Khorezm Region, Uzbekistan. National Institutes of Health.

Kokkonen, Y. 2014. Ympäristökatastrofi saavutti huippunsa: Araljärven pääallas kuivui kokonaan. [verkkosivut]. [viitattu 7.3.2024]. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-7498333>

Kooistra k. & Termorshuizen A. 2006. The sustainability of cotton: consequences for man and environment. ResearchGate.

LC-IMPACT. 2024. [verkkosivut]. [viitattu 20.2.2024]. Saatavissa: <https://lc-impact.eu/>

Matlock, M., Nalley, L. & Clayton-Niederman, Z. 2009. Carbon Life Cycle Assessment of United States Cotton: A View of Cotton Production Practices and their Associated Carbon Emissions for Counties in 16 Cotton Producing States. University of Arkansas Division of Agriculture

Meena, P. & Jha, V. 2023. Environmental Change, Changing Biodiversity, and Infections- Lessons for Kindey Health Community. Elsevier.

Ministry of textiles. 2022. Cotton sector. Government of India.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2024. What is an invasive species? [verkkosivut]. [viitattu 21.1.2024]. Saatavissa: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/invasive.html>

OECD-FAO (Organisation for Economic Co-operation and Development-Food and Agriculture Organization). 2023. OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2023-2032. 10. Cotton. Food and Agriculture Organization of the United nations.

One Earth. 2024a. Khathiar-Gir Dry Deciduous Forests. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/khathiar-gir-dry-deciduous-forests/>

One Earth. 2024b. Central Deccan Plateau Dry Deciduous Forests. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/central-deccan-plateau-dry-deciduous-forests/>

One Earth. 2024c. Deccan Thorn Scrub Forests. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/deccan-thorn-scrub-forests/>

One Earth. 2024d. Arvalli West Thorn Scrub Forests. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/aravalli-west-thorn-scrub-forests/>

One Earth. 2024e. Tarim Basin Deciduous Forests and Steppe. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/tarim-basin-deciduous-forests-and-steppe/>

One Earth. 2024f. Junggar Basin Semi-Desert. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/junggar-basin-semi-desert/>

One Earth. 2024g. Western Gulf Coastal Grasslands. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/western-gulf-coastal-grasslands/>

One Earth. 2024h. Southeast US Conifer Savannas. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: <https://www.oneearth.org/ecoregions/southeast-us-conifer-savannas/>

Our World in Data. 2023. Cotton yields. [verkkosivut]. [viitattu 23.2.2024]. Saatavissa: <https://ourworldindata.org/grapher/cotton-yield?tab=chart®ion=NorthAmerica&country=IND~CHN~USA>

Pantsar, M. 2023. Elinkeinoelämä Ja Luonnon Monimuotoisuus. Missä mennään ja mitä tarvitaan? Ympäristöministeriö.

Rahman, M. & Zafar, Y. 2018. Past, Present and Future Trends in Cotton Breeding. LUT Primo.

Sánchez-Bayo, F. & K.A.G. Wyckhuys, K. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. Elsevier.

Sharif, I., Aleem, S., Farooq, J., Rizwan, M., Younas, A., Sarwar, G. & Chohan, S.M. 2019. Salinity stress in cotton: effects, mechanism of tolerance and its management strategies. National Institutes of Health.

Statista. 2023a. Leading cotton producing countries worldwide in 2022/2023. [verkkosivut]. [viitattu 18.1.2024]. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/263055/cotton-production-worldwide-by-top-countries/>

Statista. 2023b. Leading cotton exporting countries in 2022/2023. [verkkosivut]. [viitattu 18.1.2024]. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/191895/leading-cotton-exporting-countries/>

Statista. 2024. Leading 10 U.S. states for cotton production in 2023. [verkkosivut]. [viitattu 19.2.2024]. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/248776/top-10-us-states-for-cotton-production/>

UCAR Center for Science education (University Corporation for Atmospheric Research). 2024. Climate Feedback Loops and Tipping Points. [verkkosivut]. [viitattu 7.2.2024]. Saatavissa: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/earth-system/climate-system/feedback-loops-tipping-points>

University of Cambridge. 2023. Research. Carbon emissions from fertilisers could be reduced by as much as 80 % by 2050. [verkkosivut]. [viitattu 7.3.2024]. Saatavissa:

<https://www.cam.ac.uk/research/news/carbon-emissions-from-fertilisers-could-be-reduced-by-as-much-as-80-by-2050>

USDA ERS (United States Department of Agriculture, Economic Research Service). 2022. Cotton Sector at a Glance. [verkkosivut]. [viitattu 18.1.2024]. Saatavissa: <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/cotton-and-wool/cotton-sector-at-a-glance/>

USDA ERS. 2021. County Estimate Map – Upland Cotton. [verkkosivut]. [viitattu 19.1.2024]. Saatavissa: https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Texas/Publications/County_Estimates/ce_maps/ce_cott.php

USDA Foreign Agricultural Service. 2024. India Cotton Area, Yield and Production. [verkkosivut]. [viitattu 19.1.2024]. Saatavissa: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=IN&crop=Cotton>

USDA National Agricultural Statistics Service. 2022. Upland Cotton: production per Harvested Acre by County. [verkkosivut]. [viitattu 19.2.2024]. Saatavissa: https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Crops_County/ctu-pr.php

USGS, United States Geological Survey. 2024. How does climate change affect the challenge of invasive species? [verkkosivut]. [viitattu 21.1.2024]. Saatavissa: <https://www.usgs.gov/faqs/how-does-climate-change-affect-challenge-invasive-species>

Walling, E. & Vaneckhaute, C. 2020. Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability. Elsevier.

Chapagain, A., Mathews, R. & Zhang, G. 2017. A guide to reducing the water footprint of cotton cultivation in India. Water Footprint Network.

Wikipedia. 2023. Wikipedia: WikiProject Ecoregions/Terrestrial Ecoregion Checklist. [verkkosivut]. [viitattu 23.2.2024]. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiProject_Ecoregions/Terrestrial_Ecoregion_Checklist

World Economic Forum. 2016. 40 % of pollinator species face extinction, report finds. [verkkosivut]. [viitattu 17.2.2024]. Saatavissa: <https://www.weforum.org/agenda/2016/03/40-of-pollinator-species-face-extinction-report-finds/>

WWF (World Wildlife Fund). 2013. Cutting cotton carbon emissions. Findings from Warangal, India. WWF.

WWF. 2019. Nämä viisi asiaa uhkaavat luonnon monimuotoisuutta ja samalla elinmahdollisuuksiamme. [verkkosivut]. [viitattu 16.2.2024]. Saatavissa: <https://wwf.fi/uutiset/2019/12/nama-viisi-asiaa-uhkaavat-luonnon-monimuotoisuutta-ja-samalla-elinmahdollisuuksiamme/>

WWF. 2024a. What is biodiversity? [verkkosivut]. [viitattu 19.1.2024]. Saatavissa: <https://www.worldwildlife.org/pages/what-is-biodiversity>

WWF. 2024b. Sustainable agriculture, cotton. [verkkosivut]. [viitattu 21.1.2024]. Saatavissa: <https://www.worldwildlife.org/industries/cotton>

WWF. 2024c. Found only in Borneo. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2024]. Saatavissa: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/where_we_work/borneo_forests/about_borneo_forests/borneo_animals/

WWF. 2024d. What is the sixth mass extinction and what can we do about it? [verkkosivut]. [viitattu 15.3.2024]. Saatavissa: <https://www.worldwildlife.org/stories/what-is-the-sixth-mass-extinction-and-what-can-we-do-about-it>

Zenz A. 2023. Measuring Non-Internment State-Imposed Forced Labor in Xinjiang and Central Asia: An Assessment of ILO Measurement Guidelines. LUT Primo.

LIITTEET

Liite 1. Satotasot (Our World in Data 2023)

satotaso (t/ha)	Kiina	Intia	Yhdysvallat
2012	4,38	1,52	2,73
2013	4,36	1,62	2,5
2014	4,39	1,41	2,59
2015	4,47	1,34	2,59
2016	4,75	1,6	2,62
2017	3,54	1,4	2,67
2018	5,51	1,16	2,69
2019	6,81	1,47	2,72
2020	5,51	1,32	2,76
2021	5,73	1,28	2,79
KA	4,945	1,412	2,666
KA (ha/t)	0,20222	0,70822	0,375094
KA (m ² /kg)	2,02224	7,08215	3,750938

KA = keskiarvo