



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Yksilö- ja ympäristötekijöiden yhteydet malariakuolleisuuteen Suomessa 1750–1850-luvulla

Kiia Korsu

Biologia (Biologian opettajan linja)

Pro gradu -tutkielma

Laajuus: 20 op

15.12.2025

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Pääaine: Biologia

Tekijä(t): Kii Korsu

Otsikko: Yksilö- ja ympäristötekijöiden yhteydet malariakuolleisuuteen Suomessa 1750–1850-luvulla

Ohjaaja(t): Mirkka Lahdenperä, Elisabeth Mikkonen, Mark Spa

Sivumäärä: 44

Päivämäärä: 16.12.2025

Malaria on maailmanlaajuisesti tunnettu tartuntatauti, ja se on esiintynyt endeemisenä tautina historiallisesti niin muualla Euroopassa kuin Suomessakin. Malarian esiintyvyyteen ja kuolleisuuteen vaikuttavat moninaiset tekijät, sillä taudin aiheuttaa loisalkueläin, mutta se leviää ihmiseen sitä levittävän hyttysen välityksellä. Tämä tutkielma tarkasteli, miten eri yksilö- ja ympäristötekijät olivat yhteydessä malariakuolleisuuteen Suomessa vuosina 1750–1850. Lisäksi tutkielman tavoitteena oli selvittää, miten malaria ja ympäristötekijät olivat alueellisesti jakautuneet Suomessa. Tutkielman aineistona käytettiin Suomen Sukututkimusseuran Historiakirjat-tietokannasta kerättyjä kuolintietoja sekä BEDLAN-tutkimusryhmän tuottamaa digitalisoitua ympäristötietoaineistoa. Alueellisia jakaumia tutkittiin R-studiossa tuotettujen karttojen avulla, kun taas malariakuolleisuuteen yhteydessä olevia tekijöitä tutkittiin logistisilla regressioanalyysillä. Selitettävä muuttuja oli malariakuolleisuus, ja selittävinä muuttujina olivat yksilölliset tekijät, ikä ja sukupuoli sekä ympäristötekijät, sademäärä, erilaiset vesistöalueet, sijainti rannikolla, lämpötila sekä puuston ja karjan määrä. Hypoteesien mukaan malariakuolleisuuden riski oli suurin lapsilla ja naisilla ja suurempaa kuolleisuutta ennustivat korkeampi sademäärä, vesialueiden osuus, sijainti rannikolla, lämpötila ja puuston määrä, kun taas korkean karjan määrän oletettiin liittyvän matalampaan kuolleisuuteen. Tutkimuksessa havaittiin, että malariakuolleisuus keskittyi Etelä- ja Lounais-Suomeen sekä rannikon alueelle. Yksilötekijöistä ikä oli selvemmin yhteydessä kuolleisuuden riskiin kuin sukupuoli. Iän kasvaessa riski kuolla malariaan kasvoi, kun taas sukupuolen osalta naisten kuolleisuuden riski oli hieman suurempi kuin miesten. Ympäristötekijöistä malariakuolleisuuden riskiä nostattivat korkeampi lämpötila, sademäärä ja puuston määrä sekä sijainti rannikkoalueella, sillä ne loivat hyttysille suotuisat olosuhteet. Toisaalta suurempi järvisuus ja karjan määrä liittyivät pienempään malariakuolleisuusriskiin. Jokiosuoksien yhteys kuolleisuusriskiin jäi tutkielmassa epäselväksi. Tutkielma loi uutta tietoa ja syvensi ymmärrystä malariakuolleisuudesta historiallisessa Suomessa sekä kansainvälisesti. Tulokset korostivat yksilö- ja ympäristötekijöiden merkitystä malariakuolleisuuden selittäjinä ja tarjosivat vertailukohtia myös nykyisen malariariskin arviointiin.

Avainsanat: Malaria, Vektorivälitteiset taudit, Yksilötekijät, Ympäristötekijät, Alueellinen jakautuminen, Historia

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
1.1 Malerialoisen elinkierto	1
1.2 Malariakuolleisuuden vaikuttavat tekijät	3
1.2.1 Yksilölliset tekijät	3
1.2.2 Ympäristötekijät.....	3
1.3 Malaria historiallisessa Suomessa.....	5
1.4 Tutkimuksen tavoitteet ja hypoteesit	6
2 Tutkimusaineisto ja menetelmät	8
2.1 Tutkimuspopulaatio.....	8
2.2 Tutkimusaineisto	8
2.3 Tilastolliset analyysit	12
3 Tulokset	16
3.1 Malarian ja ympäristötekijöiden alueellinen jakautuminen Suomessa	16
3.1.1 Malariakuolemien alueellinen jakautuminen	16
3.1.2 Ympäristötekijöiden alueellinen jakauma.....	17
3.2 Iän ja sukupuolen yhteys malariakuolleisuuteen.....	23
3.3 Ympäristötekijöiden yhteys malariakuolleisuuteen	26
3.3.1 Sademäärä, vesistöt ja rannikkoalue	26
3.3.2 Lämpötila sekä puuston ja karjan määrä	29
4 Pohdinta	32
4.1 Malarian ja ympäristötekijöiden alueellinen jakautuminen	33
4.2 Iän ja sukupuolen yhteys malariakuolleisuuteen.....	34
4.3 Ympäristötekijöiden yhteys malariakuolleisuuteen	35
5 Kiitokset.....	40
Lähteet.....	41
Liitteet	

1. Johdanto

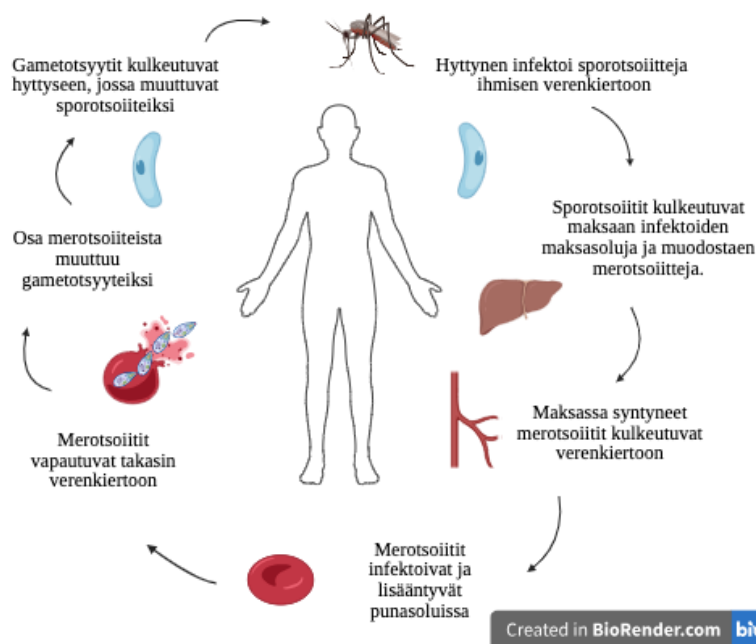
Malaria on loisalkueläimen aiheuttama tartuntatauti, joka leviää ihmiseen *Anopheles*-sukuun kuuluvan hyttysen välityksellä (Hulden ym. 2014). Malariaa aiheuttaa viisi *Plasmodium*-loislajia, jotka ovat *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* ja *Plasmodium knowlesi*. Loiset tartuttavat ihmisen punasolut ja aiheuttavat isännälleen kuumetta, anemiaa sekä pahoinvointia, ja tartunta voi johtaa joskus kuolemaan. Maailman terveysjärjestön vuosittaisen raportin mukaan (2024) vuonna 2023 malariatartuntojen määrä maailmalla oli 263 miljoonaa ja malariakuolemien määrä oli 597 000. Yli 90 prosenttia malariatapauksista ja kuolemista raportoitiin Afrikassa. Lisäksi 73 prosenttia malariakuolemista koski alle viisivuotiaita lapsia. Globaalisti malariakuolemat ovat vähentyneet tasaisesti 2000-luvun alusta, mutta tartuntatapausten määrä on vuodesta 2020 lähtien ollut jälleen nousussa.

Nykyään malarian ajatellaan olevan trooppisia alueita koskeva tauti, mutta 1800-luvulla malariaa esiintyi laajasti myös Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa (Reiter 2008; Hulden ym. 2014). Euroopassa malaria oli vuosisatojen ajan merkittävä kansanterveysongelma ja malariaan viittaavista kuume-epidemioista on merkkejä jo keskiajalta (Boualam ym. 2021). Vuosina 1600–1800 malariaa esiintyi erityisesti Englannissa ja Ranskassa, kosteilla ja soisilla alueilla (Boualam ym. 2021). Malariaepidemioiden vähenemiseen Euroopassa ovat vaikuttaneet elinolosuhteiden yleinen paraneminen, millä on todettu olevan yhteys ihmisten terveyteen (Mackenbach 2020). Lisäksi malarian torjuntaan pyrittiin soiden kuivattamisella ja hyönteismyrkkujen sekä kiniinin käyttönotolla (Boualam ym. 2021).

1.1 Malarialoisen elinkierto

Malarialoisen elinkierto on monivaiheinen, ja se sisältää suvullista ja suvutonta lisääntymistä (Westenberger ym. 2010). Loinen siirtyy isäntänä toimivaan ihmiseen infektoituneen *Anopheles*-sukuun kuuluvan naarashyttysen kautta. Kun naarashyttynen infektoi ihmisen, sporotsoiitit kulkeutuvat verenkiertoon, josta ne päätyvät maksaan (kuva 1). Sporotsoiitti on malarialoisen suvuttomasti lisääntyvä muoto. Maksassa sporotsoiitit infektoivat maksasoluja ja lisääntyvät suvuttomasti. Maksasoluissa lisääntyneitä sporotsoiitteja kutsutaan merotsoiiteiksi. Lopulta maksasolut vapauttavat syntyneet merotsoiitit takaisin verenkiertoon. Verenkierron merotsoiitit infektoivat punasoluja ja lisääntyvät suvuttomasti punasolujen sisällä, kunnes punasolut vapauttavat merotsoiitit takaisin

verenkiertoon. Tämä sykli toistaa itseään ja aiheuttaa lopulta malarian oireet eli anemian, kuumetta ja pahoinvointia.



Kuva 1. Malarialoisen elinkierto, joka kuvaa loisen kehitysvaiheet ihmisen ja hyttysen välillä.

Osa merotsoiiteista pystyy muuttumaan punasoluissa gametotsyyteiksi (kuva 1), jotka ovat malarialoisen suvullisesti lisääntyvä muoto (Westenberger ym. 2010). Gametotsyyteilla on tärkeä rooli malarialoisen siirtymisessä takaisin vektorina toimivaan naarashyttyseseen. Kun ei-infektoitunut naarashyttynen pistää infektoitunutta ihmistä, gametotsyytit kulkeutuvat hyttyseen. Naarashyttysessä gametotsyytit muuttuvat gameeteiksi, jotka yhdistyvät ja muodostavat tsygootin ja lopulta sporotsoiitteja. Sporotsoiitit puolestaan siirtyvät hyttysen sylkirauhasiin, josta ne ovat valmiina infektoimaan uuden ihmisen.

Malarialoisen elinkiertoon sisältyy vaihteita, jotka lisäävät sen selviytymismahdollisuuksia. Esimerkiksi gametotsyytit pystyvät säilymään verenkierrossa jopa useita viikkoja tai kuukausia, mikä lisää malarialoisen mahdollisuutta siirtyä uuteen vektorina toimivaan hyttyseen (Westenberger ym. 2010). Lisäksi ihmisen maksassa jotkut sporotsoiitit pystyvät muuttumaan hypnotsoiiteiksi, jotka toimivat malarialoisen lepomuotona (Hulden ym. 2011). Lepotila auttaa malarialoista selviytymään pidempään ihmisen kehossa ilman, että se aiheuttaa minkäänlaisia oireita kantajalle. Hypnotsoiittien muuttuminen takaisin aktiiviseen muotoon vaatii todennäköisesti ei-infektoituneen naarashyttysen pureman. Hypoteesin mukaan tähän saattaa liittyä myös kantajan immuunipuolustusjärjestelmän aktivoituminen (Hulden ym. 2011).

1.2 Malariakuolleisuuden vaikuttavat tekijät

1.2.1 Yksilölliset tekijät

Yksilöllisillä tekijöillä, kuten iällä ja sukupuolella on havaittu olevan yhteys malariakuolleisuuden maailmanlaajuisesti (Briggs ym. 2023). Suurin kuolleisuusriski näyttää kohdistuvan lapsiin sekä yli 45-vuotiaisiin (Gelband ym. 2020). Toisaalta toisessa tutkimuksessa malariakuolleisuuden ja iän välillä löytyi yhteys vain 1–14-vuotiailla lapsilla (Kha-gayi ym. 2019). Sukupuolen yhteys malarian aiheuttamaan kuolleisuuteen vaikuttaa eriävän tutkimusten välillä. Osassa tutkimuksista havaittiin kuolleisuuden olevan suurempi naisilla, erityisesti yli 40-vuotiailla ja raskaana olevilla (Kochar ym. 1999; Khadanga ym. 2014). Päinvastoin osassa tutkimuksista havaittiin kuolleisuusriskin olevan suurempi miehillä kuin naisilla (Ayodele 2014). Tutkimusten keskenään ristiriitaiset tulokset voivat osittain selittyä sillä, että ne on toteutettu eri maantieteellisissä konteksteissa, kuten Intiassa, Nigeriassa ja Keniassa, joissa esimerkiksi ympäristöolosuhteet ja väestörakenne voivat poiketa toisistaan. Kaikki mainitut tutkimukset sijoittuvat nykyaikaan, mikä vahvistaa tulkintaa, että ristiriitaisuus voi johtua ensisijaisesti alueellisista eroista. Tutkimuksia iän ja sukupuolen yhteydestä malariakuolleisuuden tarviin lisää, jotta voitaisiin tarkemmin ymmärtää näiden tekijöiden merkitys malariakuolleisuusriskin selittäjinä.

1.2.2 Ympäristötekijät

Ympäristötekijöillä on havaittu olevan yhteys malariatapausten esiintyvyyteen (Okunola ym. 2019). Ympäristötekijät vaikuttavat vektorina toimivan malariahyttysen elinolosuhteisiin ja sitä kautta myös malarialoisioon. Mahdollisia malarian esiintyvyyteen yhteydessä olevia ympäristötekijöitä ovat muun muassa sademäärä, vesialueet, rannikkoalueiden läheisyys, lämpötila sekä puuston ja karjan määrä. Ympäristötekijöiden yhteyttä malariakuolemiin ei ole juurikaan tutkittu.

Naarashyttynen suosii tiettyjä vesialueita munimista varten, kuten sadevesilammikoita, puroja, jokia, lampia ja järviä. Näiden alueiden esiintyvyys on elintärkeää hyttysen lisääntymiselle ja malarian leviämiseksi (Maailman terveysjärjestö 2011). Erityisen kriittisenä pidetään vesialueiden määrää, sillä näin hyttysset voivat levitä suuremmalle alueelle, mikä johtaa lisääntyneeseen kontaktiin ihmisten kanssa (Khelifa & El Saadi 2024). Monet pienet vesialueet voivat toimia tehokkaampina malarian levittäjinä kuin muutama iso vesialue. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu sademäärän ja vesistöjen lisäävän malariatapausten esiintyvyyttä (Kibret ym. 2021; Ileperuma ym. 2023). Lisääntynyt sademäärä,

kuten rankkasateet ja tulvat, aiheuttaa muutoksia ympäristössä luoden uusia lisääntymis- ja leviämisolosuhteita hyttysille, kuten lammikoita ja puroja (Kibret ym. 2021; Jampani ym. 2024). Rannikkoalueet tarjoavat myös otolliset olosuhteet malarian leviämiseksi, sillä hyttysset viihtyvät kosteikoissa ja rannikon maankäytön muutokset, kuten rakentaminen, johtavat usein seisovan veden kertymiseen (Maailman terveysjärjestö 2011). Lisäksi rannikoilla väestön liikkuminen mm. turismin takia on yleensä vilkkaampaa, mikä lisää malariatartunnan riskiä.

Lämpötila on kriittinen tekijä hyttysten sekä malarialoisen kehitykselle ja selviytymiselle (Megersa & Luo 2025). Korkeampi lämpötila tehostaa hyttysten lisääntymistä nopeuttamalla toukkien kehitystä, mikä puolestaan voi lisätä malarian tartuntariskiä alueella (Alum ym. 2024). Eräiden historiallisesta Suomesta ja Ruotsista tehtyjen tutkimusten mukaan malariakuolemien määrä nousi korkeampien kesälämpötilojen myötä, mikä viittaa siihen, että lämpötilalla on vaikutusta malariariskiin (Hulden ym. 2008; Chen ym. 2021). Toisaalta alueilla, joissa malariaa esiintyy paljon, esimerkiksi Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa, lämpötilojen nousulla ei ole huomattavaa vaikutusta alueen malariatilanteeseen (Reiter 2008). Ympäristötekijät, kuten lämpötila, kosteus ja sademäärä vaikuttavat kaikki toisiinsa (Reiter 2008), joten lisätutkimuksia tarvitaan näiden tekijöiden yksittäisistä sekä yhteisvaikutuksista.

Puuston määrän vaikutus malariatartunnan riskiin vaihtelee tutkimusten välillä (Maailman terveysjärjestö 2011; Aquirre ym. 2024). Osassa tutkimuksista on havaittu, että metsäkatot tietyllä alueella on lisännyt alueen malariatapauksia (Chaves ym. 2020; Aquirre ym. 2024). Näiden tutkimusten mukaan metsäkadot voivat muuttaa ympäristöä, kuten lämpötilaa, valon määrää ja veden saatavuutta. Esimerkiksi avohakkuut voivat synnyttää seisovan veden lammikoita, ja lisääntynyt auringonvalo voi nostattaa alueen lämpötilaa, mikä puolestaan voi johtaa hyttysten tehokkaampaan lisääntymiseen. Toisaalta maailman terveysjärjestön raportin mukaan (2011) metsäalueet ovat korkean riskin malaria-alueita, sillä metsäalueilla elää tehokkaita malariavektoreita, joita on vaikeampi kontrolloida. Lisäksi Karin ym. tutkimus (2014) osoittaa, että metsäkadon vaikutukset ovat vaihtelevia, sillä vaikutus riippuu alueen hyttyslajistosta. Jotkin vektoreina toimivat lajit suosivat metsän tuomaa varjoa, kun taas jotkin lajit viihtyvät avoimilla aurinkoisilla alueilla.

Karjankasvatuksella näyttää tutkimusten mukaan olevan malariaa hillitsevä vaikutus (Loha 2023; Mwalugelo ym. 2024). Karjaa omistavilla ihmisillä oli pienempi riski sairastua malariaan kuin niillä, jotka eivät omistaneet karjaa (Loha 2023). Tämän arveltiin

johtuvan siitä, että hyttysset käyttävät karjaa ensisijaisena verenlähteenään ihmisten sijaan (Reiter 2008; Loha 2023). Toisessa tutkimuksessa havaittiin sama ilmiö, kun ihmisen veren osuus hyttysissä oli pienempi talouksissa, joissa oli karjaa kuin karjattomissa talouksissa (Mwalugelo ym. 2024). Toisaalta karjallisissa talouksissa malariaa levittävien hyttysten määrä oli suurempi eli karjan hoito saattoi houkutella enemmän hyttysiä asutusten lähelle.

1.3 Malaria historiallisessa Suomessa

Suomessa malaria on ollut endeeminen tauti 1700–1900-luvulla, ja sitä esiintyi koko Suomen alueella, erityisesti Lounais-Suomessa (Kallioinen 2005: 72–76; Hulden ym. 2009). Suomessa on havaittu seitsemän malariasta aiheutuvaa epidemiaa vuosina 1700–1800, ja osa näistä epidemioista osuu yhteen myös Euroopassa silloin havaittujen malariaepidemioiden kanssa (Kallioinen 2005: 72–76). 1800–1900-luvun taitteessa malariatapaukset alkoivat vähitellen harvinaistua, ja viimeinen malariaepidemia puhkesi Suomessa jatkosodan 1944–1945 aikana. Malarian häviämistä Suomesta on selitetty esimerkiksi kotitalouksien koon ja maanomistuksen muutoksilla sekä elinolosuhteiden parantumisella (Hulden ym. 2009). Lisäksi taudin vähenemiseen ovat vaikuttaneet soiden kuivatus, talojen siirtäminen korkeille paikoille ja kiniinin käyttö malarian hoidossa (Kallioinen 2005: 72–76).

Suomessa malariaa aiheutti *Plasmodium vivax* -laji (*P. vivax*), joka levisi sisätiloissa *Anopheles*-hyttysten välityksellä (Hulden 2011). Suomessa elettiin 1800-luvulla pienissä ja ahtaissa taloissa, jotka oli usein rakennettu lähelle toisiaan (Hulden 2011). Kotitaloudet koostuivat noin yhdeksästä ihmisestä, ja ahtaissa sisätiloissa moni nukkui samassa huoneessa (Hulden & Hulden 2009). *Anopheles*-suvun hyttysset talvehtivat sisätiloissa, ja täten *P. vivax* -loisen saaneet naarashyttysset ovat voineet tartuttaa ihmisiä koko talven ajan. Lämmitetyt nukkumistilat, talvehtivien hyttysten läsnäolo sekä perheenjäsenten ahtaat nukkumisjärjestelyt olivat keskeisiä *P. vivax* -loisen leviämiselle (Hulden ym. 2005).

Anopheles-suvun hyttysten elinkierto vaikutti malariakuolemien esiintyvyyteen, sillä vain naarashyttynen pystyi siirtämään *Plasmodium*-loisen infektoituneesta ihmisestä terveeseen ihmiseen (Hulden ym. 2005, 2008). Suomessa *Anopheles*-suvun hyttysset lisääntyvät keväällä ja kesällä munimalla vesistöihin. Historiallisessa Suomessa malariakuolemien havaittiin olevan runsaimmillaan keväisin (Hulden ym. 2005; Hulden ym. 2008). Tämän on ajateltu johtuvan *P. vivax* -loisen hypnotsoiitti-tilassa olevien muotojen

aktivoitumisesta, mikä puolestaan johtui olosuhteiden muuttumisesta suotuisammaksi *P. vivax* -loiselle ja sen vektorille. Kesäisin malariatartuntoja raportoitiin vähemmän, vaikka hyttysten aktiivisuus ja korkeat lämpötilat olisivat teoreettisesti luoneet suotuisat olosuhteet *P. vivax* -loiselle. Tämän selitettiin johtuvan kesän epäsäännöllisistä ja lyhytikäisistä hyttyspopulaatiosta. Suuri variaatio kesällä hyttysten määrässä ei pystynyt ylläpitämään malarian siirtymistä vektoreilta ihmisiin ja takaisin vektoriin. Lisäksi aikuisten hyttysten lukumäärä oli suurimmillaan vasta loppukesästä, jolloin kylmemmät syyslämpötilat olivat saattaneet estää *P. vivax* -loisen kehittymisen hyttysessä. Täten *P. vivax* -loisen oletettiin olleen myös kesällä ja syksyllä hypnotsoiitti-muodossa (Hulden ym. 2005).

1.4 Tutkimuksen tavoitteet ja hypoteesit

Tämän tutkielman tavoitteena on selvittää, miten yksilö- ja ympäristötekijät ovat olleet yhteydessä malariakuolleisuuden historiallisessa Suomessa. Malarian tutkiminen Suomen kontekstissa on tärkeää, sillä Suomessa on poikkeuksellisen kattavat väestö- ja kuolinsyyrekisterit, joiden avulla on mahdollista tarkastella malariakuolleisuuden yhteydessä olevia tekijöitä pitkällä aikavälillä. Monia ympäristötekijöitä on tähän asti tutkittu pääosin Euroopan ulkopuolisissa maissa, joten tutkimus erilaisissa ilmasto- ja yhteiskuntaolosuhteissa, kuten Suomessa, syventää ymmärrystä malarian tautidynamiikasta ja sen taustatekijöistä. Lisäksi aikaisempi tutkimus keskittyy tutkimaan ympäristötekijöiden yhteyttä malarian esiintyvyyteen, kun taas tämä tutkielma tuo uutta tietoa ympäristötekijöiden yhteydestä malariakuolleisuuteen. Tutkimuksessa tarkasteltavia yksilön piirteitä ovat ikä kuolinhetkellä ja sukupuoli. Ympäristötekijöitä ovat puolestaan sademäärä, vesialueet (joet ja järvet), sijainti rannikkoalueella, lämpötila sekä puuston ja karjan määrä kuolinkunnassa. Tutkielmassa tarkastellaan myös, miten malariakuolleisuus ja ympäristötekijät jakautuvat alueellisesti Suomessa. Tutkimuskysymyksiä tarkastellaan historiallisen Suomen kontekstissa vuosina 1750–1850.

Tutkimuskysymykseni ovat:

- 1) Miten malariakuolleisuus ja ympäristötekijät jakautuvat alueellisesti Suomessa?
- 2) Ovatko yksilön ikä ja sukupuoli yhteydessä malariakuolleisuuteen?
- 3) Ovatko ympäristötekijät yhteydessä malariakuolleisuuteen?

Ensimmäisenä hypoteesina on, että malaria keskittyy alueellisesti Suomen lounaisosiin, etenkin rannikolle. Tämä hypoteesi perustuu kirjallisuuteen, jonka mukaan

malariatapaukset historiallisessa Suomessa painottuivat kyseisille alueille (Kallioinen 2005: 72–76; Hulden, 2011). Ennustan myös, että ympäristötekijöissä on havaittavissa alueellisia eroja eri puolilla Suomea. Esimerkiksi lämpötilat, sademäärät ja puuston määrä ovat korkeampia Etelä- kuin Pohjois-Suomessa. Toisen hypoteesin mukaan yksilön piirteillä on yhteys siihen, menehtyykö yksilö malariaan vai ei. Malariaan menehtyvät todennäköisemmin lapset ja naiset, sillä aikaisempi tutkimus aiheesta osoittaa, että lasten malariakuolleisuus on suurempaa kuin aikuisten (Khagayi ym. 2019) ja, että naisilla, erityisesti raskaana olevilla, on havaittu korkeampaa malariakuolleisuutta kuin miehillä (Khadanga ym. 2014). Kolmantena hypoteesina on, että suurempaan kuolleisuuteen liittyisivät korkeampi sademäärä, vesialueiden osuus, sijainti rannikolla, lämpötila ja puuston määrä. Hypoteesi perustuu siihen, että tutkimukset ovat havainneet näiden ympäristötekijöiden olevan yhteydessä malarian leviämiseen ja esiintyvyyteen (Maailman terveysjärjestö 2011; Alum ym. 2024; Aquirre ym. 2024; Megresa & Luo 2025). Tutkimukset ovat myös osoittaneet, että karjan pitäminen voi vähentää malariatartuntoja (Loha 2023). Näin ollen ennustan, että korkeampi karjan määrä on yhteydessä alhaisempaan malariakuolleisuuteen.

Tutkielmassa huomioidaan yksilö- ja ympäristötekijöiden lisäksi myös muita mahdollisesti malariakuolleisuuteen yhteydessä olevia tekijöitä, jotka on tärkeä ottaa mukaan analyysiin sekoittavina tekijöinä. Näitä tekijöitä ovat vuodenaika kuolinhetkellä, populaatiokoko kuolinkunnassa ja kuolinvuosi. Vuodenajalla on merkitystä malariakuolleisuuteen, koska hyttysen ja *P. vivax* -loisen elinkierto on yhteydessä lämpötilan vaihteluun (Hulden ym. 2008). Malariatartuntoja havaittiin eniten keväällä, kun taas kesällä ja syksyllä tartuntojen määrä laskee. Populaatiokoko puolestaan vaikuttaa tartuntariskiä, sillä mitä suurempi väestö on, sitä todennäköisempiä ovat hyttysen ja ihmisen väliset kontaktit, mikä puolestaan lisää malarian leviämiskäytännön (Hulden ym. 2008). Myös kuolinvuosi on huomioon otettava muuttuja, sillä se kytkeytyy historiallisiin tapahtumiin ja elinolosuhteiden muutoksiin, esimerkiksi nälkävuosiin ja sotiin (Hulden ym. 2009; Mackenbach 2020), jolloin malariakuolemariskin on havaittu olevan suurempi.

Tämä tutkielma syventää käsitystä malariakuolleisuuteen yhteydessä olevista tekijöistä, sillä se tarkastelee aihetta sekä yksilö- että ympäristötekijöiden näkökulmasta. Malaria on edelleen yksi merkittävimmistä kuolinsyistä trooppisilla alueilla, joten on tärkeää ymmärtää, miten erilaiset olosuhteet ja väestörakenteelliset tekijät ovat yhteydessä taudin esiintyvyyteen ja kuolleisuuteen. Tutkielma tarjoaa uutta tietoa malariasta, sillä Suomen kontekstissa tutkielmassa käsiteltyjen tekijöiden yhteyttä malariakuolleisuuteen ei ole vielä

tutkittu. Myös kansainvälisessä tutkimuksessa on puutteita erityisesti malariakuolleisuuden ja ympäristötekijöiden välisen yhteyden osalta. Kyseistä aihetta tutkimalla pystytään vaikuttamaan nykyisiin strategioihin, joita käytetään kamppailussa malariaa vastaan.

2 Tutkimusaineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimuspopulaatio

Esiteollinen Suomi oli harvaan asuttu yhteiskunta, jossa suurin osa väestöstä asui maaseudulla (Kallioinen 2005: 238). Syntyvyys ja kuolleisuus oli Suomessa suurta, esimerkiksi vuonna 1750 yleinen syntyvyysluku (elävänä syntyneiden määrä tuhatta keskiväkiluvun henkeä kohden) oli 42,5 ja yleinen kuolevuusluku 29,5 (kuolleiden määrä tuhatta keskiväkiluvun henkeä kohden) (SVT 1999). Erityisesti imeväiskuolevuus oli suurta, sillä 1700-luvulla noin joka viides lapsista kuoli ensimmäisen elinvuoden aikana. Lisäksi elinajanodote naisilla ja miehillä oli noin 40 vuotta (Kannisto ym. 1999). Väestönkasvu oli hidasta, ja se perustui luonnolliseen väestönkasvuun. Suomen väkiluku oli vuonna 1749 410 400 ihmistä, mutta 1800-luvun jälkeen väestönkasvu alkoi nopeutua (SVT 1999). Miljoonan asukkaan raja ylitettiin vuonna 1811. Perheiden koot olivat suuria, ja yleensä perheeseen syntyi 5–6 lasta. Yhteiskunnan väestönkasvua hidastivat mm. tartuntataudit, kuten kolera ja isorokko sekä sodat ja nälkävuodet (Kallioinen 2005: 105, 160–161). Suomessa suuret nälkävuodet olivat vuosina 1866–1868, ja Suomen sota oli vuosina 1808–1809. Elinolot 1700–1800-luvun Suomessa olivat vaatimattomat ja perustuiivat maatalouteen (Nitch ym. 2016), joka oli pääosin riippuvainen sadon ja luonnonolosuhteiden vaihteluista. Terveystieteidenhuolto, hygienia ja ravitsemus olivat heikkoa, ja elintaso pysyi pitkään muuta Eurooppaa matalampana, sillä Suomessa teollinen vallankumous alkoi vasta 1860-luvulla (Hjerpe 1989).

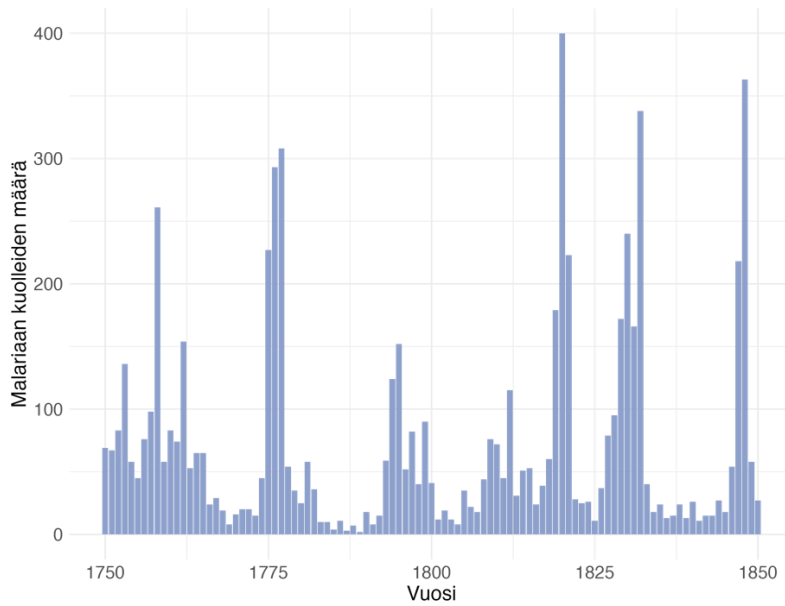
2.2 Tutkimusaineisto

Tutkielmani aineisto on saatu Suomen Sukututkimusseuran ylläpitämästä Historiakirjatietokannasta, joka kokoaa seurakuntien kirkonkirjoista tiedot syntymistä, kuolemista ja avioliitoista (Suomen sukututkimusseura 2025). Tietojen keräys aloitettiin monissa seurakunnissa 1600-luvulla, mutta parhaimman kattavuuden kirkonkirjat saavuttivat 1800-luvulla. Tässä tutkielmassa hyödynnettiin tietoja kuolleista ja haudatuista. Aineisto sisälsi henkilöihin liittyviä tietoja, kuten iän, kuolinvuoden, kuolinpaikkakunnan, sukupuolen, kuolinsyyn ja ammatin, joista tässä tutkielmassa käytettiin tietoja erityisesti iästä, sukupuolesta ja kuolinsyystä. Lisäksi aineistoon yhdistettiin kuolinpaikkakuntien

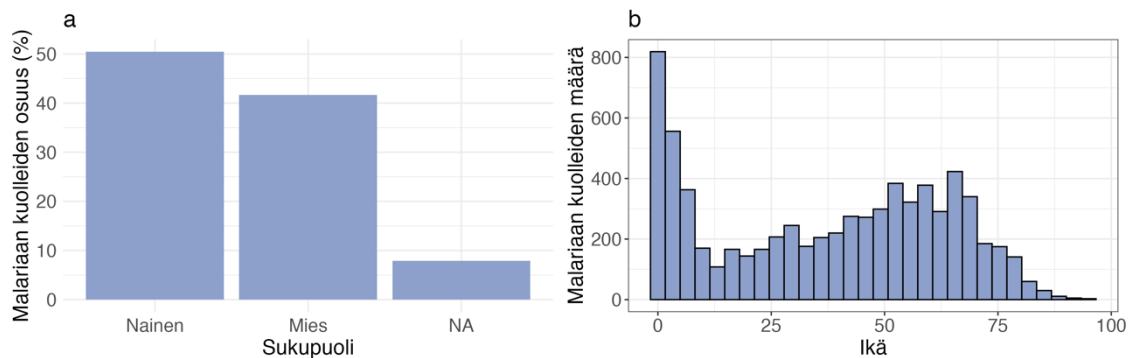
ympäristötietoja, jotka oli saatu BEDLAN-tutkimusryhmän digitalisoidusta aineistosta ”Suomen historiallinen kulttuuri-, ekonomia-, demografia- ja ekologistietokanta, (CEDEDA)” (Jordman ym. 2024). Kyseinen aineisto piti sisällään kunnista kerättyjä tietoja ympäristötekijöistä, esimerkiksi vuotuisista lämpötiloista ja sademääristä, demografisista tekijöistä, kuten väestömääristä ja muuttotiedoista sekä ekologisista tekijöistä, kuten maa-perästä. Tiedot oli kerätty vuosilta 1600–1900 ja aineisto pitää sisällään 642 kuntaa. Lisäksi tutkielmassa esitetyt kartat tehtiin hyödyntäen CEDEDA-aineistosta saatua historiallisen Suomen karttapohjaa (Santaharju ym. 2025).

Historiakirjat-tietokannasta saatu aineisto rajattiin tutkielmassa vuosiin 1750–1850, sillä tällöin malariaa esiintyi laajasti Suomen alueella ja aineisto oli kattavampi kaikista Suomen kunnista. Aineistosta rajattiin pois henkilöt, joille ei ollut ilmoitettu kuolinsyytä (NA). Aineistossa siis säilytettiin kaikki henkilöt, joille pystyttiin määrittämään, kuoliko henkilö malariaan vai johonkin muuhun syyhyn. Muita kuolinsyitä olivat esimerkiksi ”tuntematon tauti”, muut tarttuvat taudit ja onnettomuudet. Kuolintiedoista etsittiin malariakuolemia käyttäen kaikkia malariaan viittaavia hakusanoja. Nämä hakusanat perustuivat aikaisemmassa tutkimuksessa esitettyyn tietoon siitä, millä eri sanoilla malariaa kuvailtiin historiallisessa Suomessa (Hulden ym. 2005). Useimmat kuolinsyyt historiallisessa Suomessa, kuten muutkin tiedot kirkonkirjoissa, oli kirjattu ruotsiksi. Kyseisiä malariaan viittaavia sanoja olivat: "frossa", "fråssa", "frossfeber", "kallfeber", "kallsot", "kylfeber", "skälvan", "skälvasot", "tertian", "tredjedagsfrossa", "vardagsfrossa", "skärgårdsfeber", "växelfeber", "omväxlingsfeber", "intermittent feber", "quartana", "quotidiana", "malaria", "fråsa", "fråssan" ja "fråsan".

Aineiston koko oli 2 063 145 henkilöä, joista malariaan oli kuollut 7139 henkilöä. Malariakuolemia raportoitiin yhteensä 306 kunnassa. Aineistossa havaittiin malariakuolleisuuden piikkejä vuosina 1775–1777, 1820–1821, 1830–1832 ja 1847–1848 (kuva 2). Koko aineistosta naisten osuus oli 51 % (n=958354) ja miesten osuus 49 % (n=958354). Malariaan kuolleista puolestaan 50 % (n=3603) oli naisia ja 42 % (n=2974) oli miehiä sekä 8 %:lla (n=562) ei ollut sukupuolta määriteltynä (kuva 3 a). Ikäjakauman mukaan malariaan kuolleista 28 % (n=2016) oli alle 15-vuotiaita lapsia, 46 % (n=3288) 15–60-vuotiaita aikuisia ja 26 % (n=1835) yli 60-vuotiaita (kuva 3 b).



Kuva 2. Malariakuolemien ajallinen jakauma Suomessa vuosina 1750–1850.

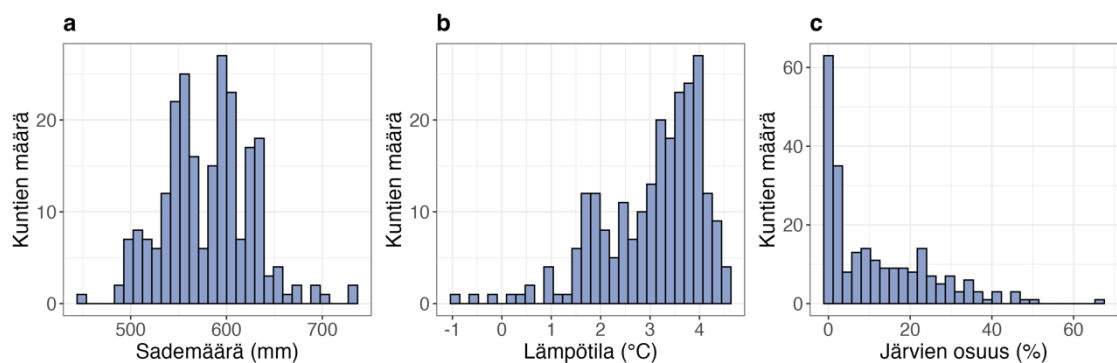


Kuva 3. Malariaan kuolleiden ihmisten sukupuoli- ja ikäjakauma Suomessa vuosina 1750–1850.

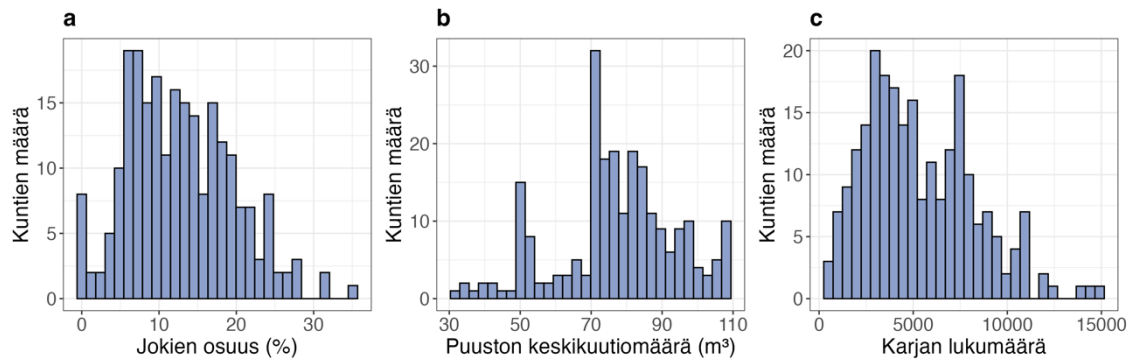
Ympäristömuuttujia oli CEDEDA-aineistossa saatavilla useista Suomen kunnista, mutta tässä tutkielmassa tarkasteltiin vain niitä kuntia, joissa esiintyi malariakuolemia ($n = 306$). Näistä 306 kunnasta ympäristömuuttujia oli saatavilla 255 kunnasta. Tarkasteltavat muuttujat olivat lämpötila, sademäärä, puuston määrä, järvien- ja jokien osuus ja karjan määrä. Lämpötila ($^{\circ}\text{C}$) kuvaa vuotuista keskilämpötilaa vuosilta 1891–1920, ja sademäärä (mm) vuotuista keskimääräistä sademäärää vuosilta 1886–1915 (Jordman ym. 2024). Järvien osuus (%) esittää järvien pinta-alan suhteessa kunnan maa-alaan, ja jokien osuus (%) jokien yhteenlasketun pituuden suhdetta kunnan maapinta-alaan; molemmat perustuvat 2000-luvun tietoihin. Puuston määrä (m^3) ilmoittaa kunnan puuston keskikuutiomäärän vuosilta 1922–1923. Karjan määrä puolestaan kuvaa hevosten, nautaeläinten, lampaiden, vuohien, sikojen ja porojen yhteenlaskettua määrää kunnissa vuodelta 1910. Vaikka ympäristötietojen ajallinen kattavuus ei täysin vastaa tutkielman kuolintietojen aineiston

ajanjaksoa (1750–1850), voidaan olettaa, että tarkasteltujen ympäristömuuttujien keskimääräiset arvot eivät ole muuttuneet niin paljon, että kuntien väliset suhteelliset erot olisivat merkittävästi muuttuneet. Näin ollen ympäristötiedot heijastivat todennäköisesti myös tutkittavan aikajakson olosuhteita riittävän hyvin.

Kyseiset ympäristötekijät oli valittu tutkielmaan, sillä ne olivat mahdollisesti yhteydessä malariakuolleisuuden eri kunnissa. Näistä tekijöistä tehtiin jakaumadiagrammeja (kuvat 4 & 5), jotta havaittiin niiden vaihtelu ja mahdolliset poikkeavat arvot. Aineistosta havaittiin, että vuotuisen keskimääräisen sademäärän jakauma oli melko tasainen eri kunnissa (kuva 4 a), joskin muutamia poikkeusarvoja oli alle 500 mm:n ja yli 700 mm:n. Vuotuisen keskimääräisen lämpötilan jakaumaa tarkastellessa huomattiin, että se oli vasemmalle vinoutunut ja suurin osa havainnosta oli 2–4 asteen kohdalla (kuva 4 b). Järvien osuuden jakauma oli puolestaan oikealle vinoutunut, sillä suurin osa havainnoista jäi alle 20 %:n, vaikka yksittäisiä havaintoja esiintyi yli 60 %:n järviosuuksilla (kuva 4 c). Jokien osuudessa suurin osa arvoista jäi alle 20 %:n, kun taas karjan määrä keskittyi pääosin 2000–8000 yksilön välille. Molemmista jakaumista havaittiin poikkeavuuksia: yksittäisiä havaintoja oli yli 30 %:n jokiosuuksilla ja yli 12 000 karjan määrällä. Puuston keskikuutiomääriä tarkastellessa huomattiin selkeä vinouma vasemmalle, ja suurin osa havainnoista sijoittui 50–90 m³:n välille (kuva 5 b).



Kuva 4. Sademäärän, lämpötilan ja järvien osuuden kuntakohtaisten keskiarvojen jakauma niissä Suomen kunnissa, joissa on esiintynyt malariakuolemia vuosina 1750–1850.



Kuva 5. Jokien osuuden, puuston keskikuutiomäärän ja karjan lukumäärän kuntakohtaisten keskiarvojen jakauma niissä Suomen kunnissa, joissa on esiintynyt malariakuolemia vuosina 1750–1850.

2.3 Tilastolliset analyysit

Aineiston muokkaamiseen ja tilastollisten testien tekemiseen käytettiin R-studiota (versio 4.3.3), ja paketteina käytettiin *dplyr*, *glmmTMB*, *ggplot2*, *emmeans* ja *patchwork* -paketteja. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastattiin tuottamalla R:ssä kartta-aineistoja, joiden avulla tarkasteltiin malariakuolleisuuden alueellista jakaumaa. Jokaiselle kunnalle laskettiin malariakuolemien osuus kaikista kuolinsyistä (%), minkä jälkeen nämä prosentiosuudet visualisoitiin kunnittain. Lisäksi laadittiin kartat ympäristömuuttujien arvojen vaihteluista kunnittain, jotta voitiin havainnoida niiden alueellisia eroja ja verrata niitä malariakuolleisuuden jakautumiseen.

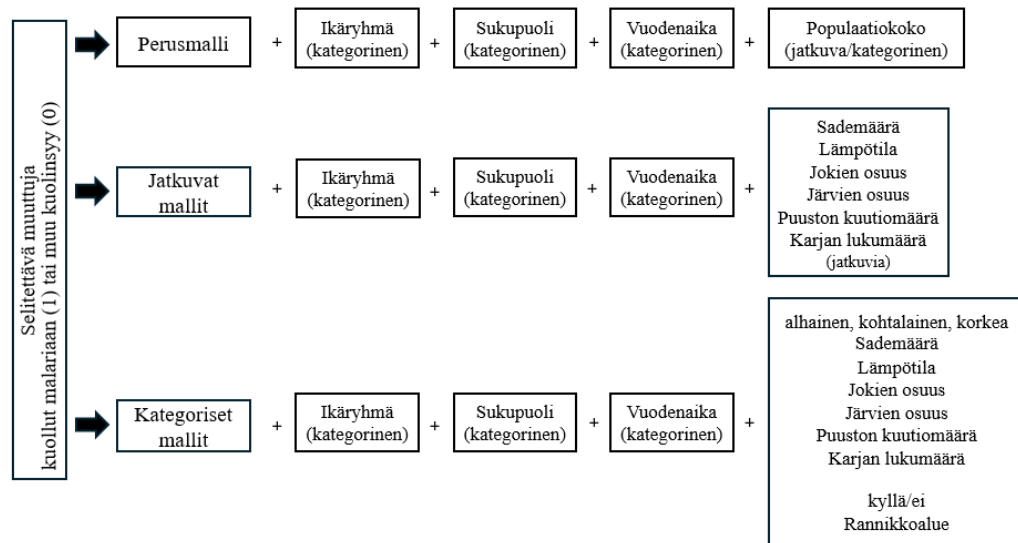
Toiseen ja kolmanteen tutkimuskysymykseen vastattiin käyttämällä logistista regressiota. Se on tilastollinen malli, jonka avulla voidaan tarkastella, kuinka hyvin selittävät muuttujat ennustavat vaihtelua selitettävässä muuttujassa (Nummenmaa 2021: 585). Selitettävä muuttuja oli kaksiluokkainen ja kuvasi, oliko henkilö kuollut malariaan (1) vai johonkin muuhun kuolinsyyhyn (0). Muita kuolinsyitä olivat esimerkiksi muut tartuntataudit tai onnettomuudet. Selittävinä muuttujina voi olla sekä kaksiluokkaisia että moniluokkaisia muuttujia ja jatkuvia muuttujia. Selittäviä muuttujia olivat yksilön ikä ja vuodenaika kuolinhetkellä, sukupuoli, populaatiokoko, kuolinkunta, kuolinvuosi, sademäärä, lämpötila, puuston määrä, jokien- ja järvien osuus ja karjan määrä kuolinkunnassa sekä sijainti rannikkoalueella.

Tässä tutkielmassa logistisen regression mallit oli jaettu kolmeen kategoriaan: perusmalli, jatkuvat mallit ja kategoriset mallit (kuva 6). Muuttujia tarkasteltiin sekä jatkuvina että kategorisina, jotta voitiin havaita sekä lineaarisia että ei-lineaarisia yhteyksiä. Perusmalli sisälsi kiinteinä selittäjinä iän, sukupuolen, vuodenajan ja populaatiokoon, mutta ympäristötekijät oli rajattu pois. Kaikki muuttujat olivat kategorisessa muodossa paitsi

populaatiokoko, jota tarkasteltiin erikseen sekä jatkuvana että kategorisena muuttujana. Satunnaistekijöinä olivat kuolinkunta ja kuolinvuosi. Tämän mallin tarkoituksena oli tunnistaa malariakuolleisuuteen vaikuttavia tekijöitä, jotta ne voitiin huomioida seuraavissa malleissa sekoittavina tekijöinä. Perusmallissa ollut populaatiokoko otettiin pois seuraavista malleista, sillä se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Jatkuvat mallit laajensivat perusmallia ottamalla mukaan ympäristömuuttujat. Näissä malleissa ympäristömuuttujat käsiteltiin jatkuvina, ja jokainen ympäristömuuttuja lisättiin erilliseen malliin, koska monet ympäristömuuttujat korreloivat keskenään (liite 1; taulukko 12). Viimeisenä olivat kategoriset mallit, jotka sisälsivät saman selittävän muuttujajoukon kuin jatkuvat mallit, mutta lisäksi mukana oli rannikkoalumuuttuja. Näissä malleissa kaikki jatkuvat ympäristömuuttujat oli luokiteltu kategorisiksi, ja myös näissä malleissa kukin ympäristömuuttuja sisällytettiin erilliseen malliin. Satunnaistekijöinä jatkuvissa ja kategorisissa malleissa oli vain kuolinvuosi (ei kuolinkunta), sillä ympäristömuuttujat kuvasivat kuntatasoisia keskiarvoja ja siten kunta sisältyi jo mallin rakenteeseen. Näin estettiin kuntatason ja ympäristömuuttujien päällekkäinen selitysvaikutus. Tulokset ympäristömuuttujista raportoitiin kategorisista malleista, kun taas tulokset iästä, sukupuolesta, vuodenajasta ja populaatiokoosta raportoitiin perusmallista. Jatkuvien mallien tulokset on raportoitu liitteissä.

Tutkielmassa kaksiluokkaisia muuttujia olivat sukupuoli (mies/nainen) ja rannikkoalumuuttuja (1= rannikkoalue, 0= ei-rannikkoalue) (taulukko 1 & 2). Loput kategoriset muuttujat olivat moniluokkaisia. Kuolinikä oli jaettu viiteen eri luokkaan: 0–5, 5–20, 20–50, 50–70 ja 70–100 (taulukko 1). Kuolinhetken vuodenaika oli jaettu neljään eri luokkaan: kevät (maalis-, huhti- ja toukokuu), kesä (kesä-, heinä- ja elokuu), syksy (syys-, loka- ja marraskuu) ja talvi (joulu-, tammi- ja helmikuu) (taulukko 1). Loput ympäristömuuttujat ja populaatiokoko oli jaettu kolmeen eri luokkaan: alhainen, kohtalainen ja korkea (taulukko 1 & 2). Luokittelu perustui muuttujien jakaumien tarkasteluun (kuvat 4 & 5), ja se tehtiin silmämääräisesti kvartiilijakoa mukaillen. Vertailuryhmiksi asetettiin iän osalta ikäryhmä 0–5, sukupuolen osalta naiset ja vuodenajan osalta kevät, sillä näissä ryhmissä voitiin olettaa suurin malariakuolleisuus aikaisemman tutkimustiedon perusteella (Khaqayi ym. 2019; Khadanga ym. 2014; Hulden ym. 2005). Jokaisen selittävän ympäristömuuttujan ja populaatiokoon vertailuryhmäksi asetettiin alhainen kategoria tulosten vertailukelpoisuuden ja johdonmukaisuuden säilyttämiseksi. Riskien välisten erojen arvioimisessa käytettiin Odds-suhde-kertoimia (engl. odds ratio), jotka kuvaavat kunkin kategorian malariakuolleisuuden riskiä suhteessa omaan vertailuryhmäänsä. Koska logistinen regressio tuottaa vertailun suoraan vain määritettyyn vertailuryhmään, muiden

luokkien väliset erot arvioitiin erillisillä parittaisilla vertailuilla hyödyntäen Odds-suhde-kertoimia. Kun Odds-suhde-arvo on suurempi kuin yksi, niin riski kuolla malariaan on suurempi ja kun arvo on alle yksi, niin riski on alhaisempi verrattuna vertailuryhmään. Lisäksi mallien muuttujien kokonaismerkitsevyyttä arvioitiin uskottavuusosamäärätestillä (χ^2). Tuloksia arvioitiin p-arvojen ja Waldin z-testin avulla. Tilastollisen merkitsevyyden tasoksi asetettiin $p \leq 0,05$. Lisäksi tutkielmassa käytettiin tekoälyä kieliopin ja R-koodien tarkistamiseen.



Kuva 6. Tutkielmassa käytetyt logistiset mallit.

Taulukko 1. Perusmallissa käytetyt muuttujat, niiden kategoriat ja kategorioiden malariakuolemien lukumäärät. $N=188254$.

Muuttuja	Kategoria	Malariakuolemien määrä
Ikä	0–5	1375
	5–20	858
	20–50	2032
	50–70	2138
	70–100	763
Sukupuoli	mies	2974
	nainen	3603
Vuodenaika		

	kevät	3006
	kesä	1939
	syksy	1024
	talvi	1170
Populaatiokoko		
	alhainen (<5000)	1357
	kohtalainen (5000–10 000)	1407
	korkea (>10 000)	1278

Taulukko 2. Kategorisissa malleissa käytetyt muuttujat, niiden kategoriat ja kategorioiden malariakuolemien lukumäärät. N=1531317.

Muuttuja	Kategoria	Malariakuolemien määrä
Lämpötila		
	alhainen (<2,5 °C)	427
	kohtalainen (2,5–3,5 °C)	1154
	korkea (>3,5 °C)	2461
Sademäärä		
	alhainen (<550 mm)	523
	kohtalainen (550–620 mm)	2540
	korkea (>620 mm)	979
Järvien osuus		
	alhainen (<5 %)	2248
	kohtalainen (5–20 %)	757
	korkea (>20 %)	1037
Jokien osuus		
	alhainen (<10 %)	1915
	kohtalainen (10–20 %)	1570
	korkea (>20 %)	557
Puuston keskikuutiomäärä		
	alhainen (<60 m ³)	135
	kohtalainen (60–80 m ³)	2371

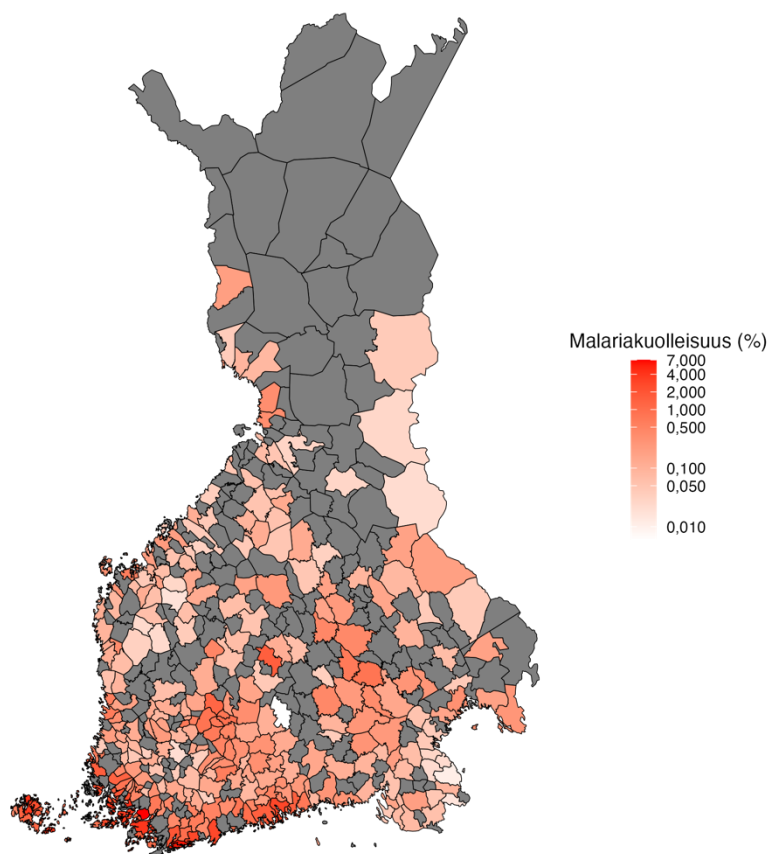
	korkea (>80 m ³)	1536
Karjan määrä		
	alhainen (<4000)	1367
	kohtalainen (4000–8000)	1336
	korkea (>8000)	1339
Rannikkoalue		
	Rannikkoalue	1777
	Ei-rannikkoalue	2265

3 Tulokset

3.1 Malarian ja ympäristötekijöiden alueellinen jakautuminen Suomessa

3.1.1 Malariakuolemien alueellinen jakautuminen

Malariakuolemien esiintyvyys vuosina 1750–1850 oli suurinta Etelä-Suomessa ja erityisesti maan lounaisosissa sekä rannikolla, missä malariaan kuoli noin 2–7 prosenttia kuntien asukkaista (kuva 7). Malariakuolemien esiintyvyys väheni siirryttäessä Keski- ja Pohjois-Suomeen. Suomen itäisillä ja läntisillä alueilla malariakuolemien määrä pysytteli 0,05–0,5 prosentin luokassa. Suurimmassa osassa kunnista malariakuolemien osuus oli alle yhden prosentin.

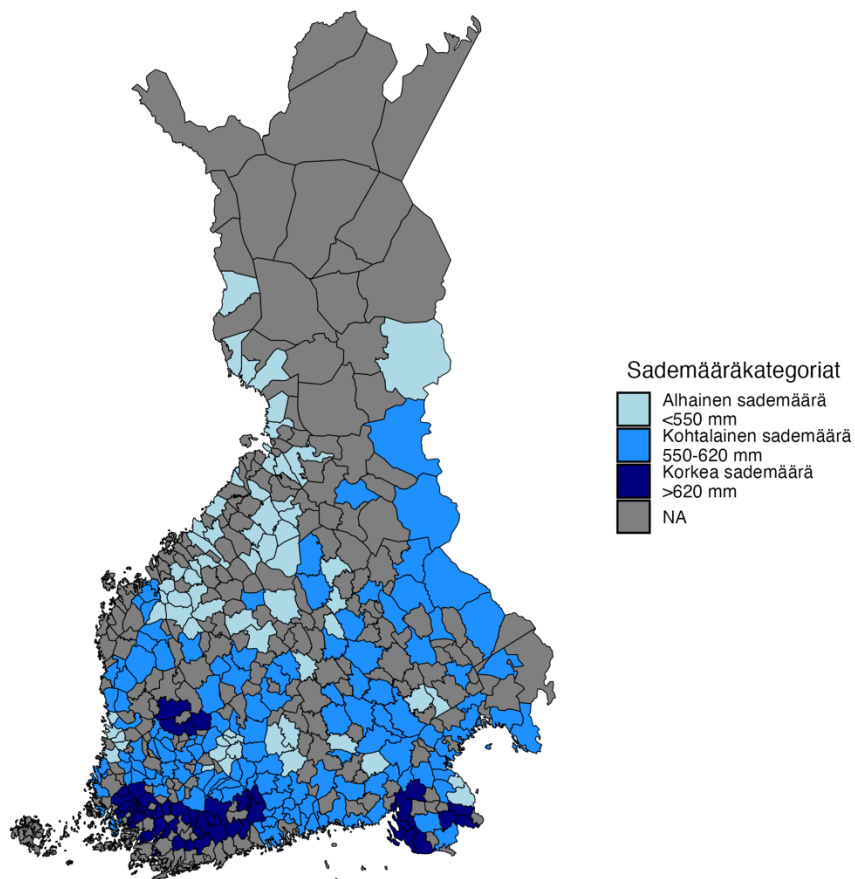


Kuva 7. Malariakuolemien osuus (%) kaikista kuolinsyistä Suomessa vuosina 1750–1850. Malariakuolemat keskittyivät Etelä- ja Lounais-Suomeen. Punainen väri kuvaa korkeamman malariakuolleisuuden kuntia. Harmaalla on esitetty kunnat, joista ei ollut raportoitu malariakuolemia. Eteläisessä Suomessa erottuva valkoinen kunta on Hartola, jonka kunnasta malariaan oli kuollut vain 0,006 prosenttia. $N=306$ kuntaa.

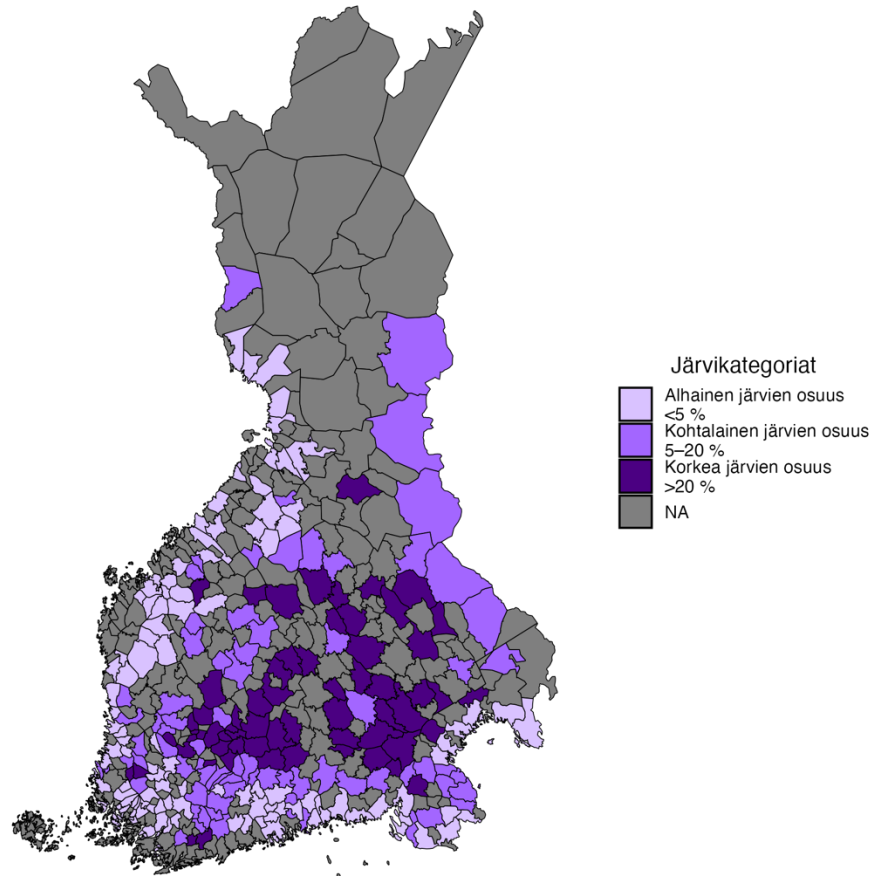
3.1.2 Ympäristötekijöiden alueellinen jakauma

Ympäristötekijöiden alueellista jakaumaa tarkasteltiin vain niissä kunnissa, joissa oli raportoitu malariakuolemia. Joistakin kunnista ympäristötiedot puuttuivat, minkä seurauksena kartoissa käytetty kuntamäärä on pienempi kuin malarian alueellista jakaumaa esittävässä kartassa.

Vuotuiset sademäärät kasvoivat siirryttäessä Etelä-Suomeen (kuva 8). Korkean sademäärän (>620 mm) alueet sijaitsivat pääosin Lounais- ja Kaakkois-Suomessa. Kohtalaisen sademäärän (550–620 mm) alueet sijoittuivat puolestaan Keski-Suomeen ja itään. Alhaisen sademäärän (<550 mm) alueet sijoittuivat länteen ja Pohjois-Suomeen. Järvien suhteellinen osuus oli puolestaan suurimmillaan eteläisen Keski-Suomen kunnissa, missä korkeimmat arvot (>20 %) painottuivat hieman maan itäosiin (kuva 9). Kohtalaiset järvi-osuudet (5–20 %) sijoittuivat suurten järviösuusalueiden reuna-alueille ja itäiseen Suomeen. Alhaisimmat järviösuudet (<5 %) keskittyivät puolestaan Etelä- ja Länsi-Suomeen.

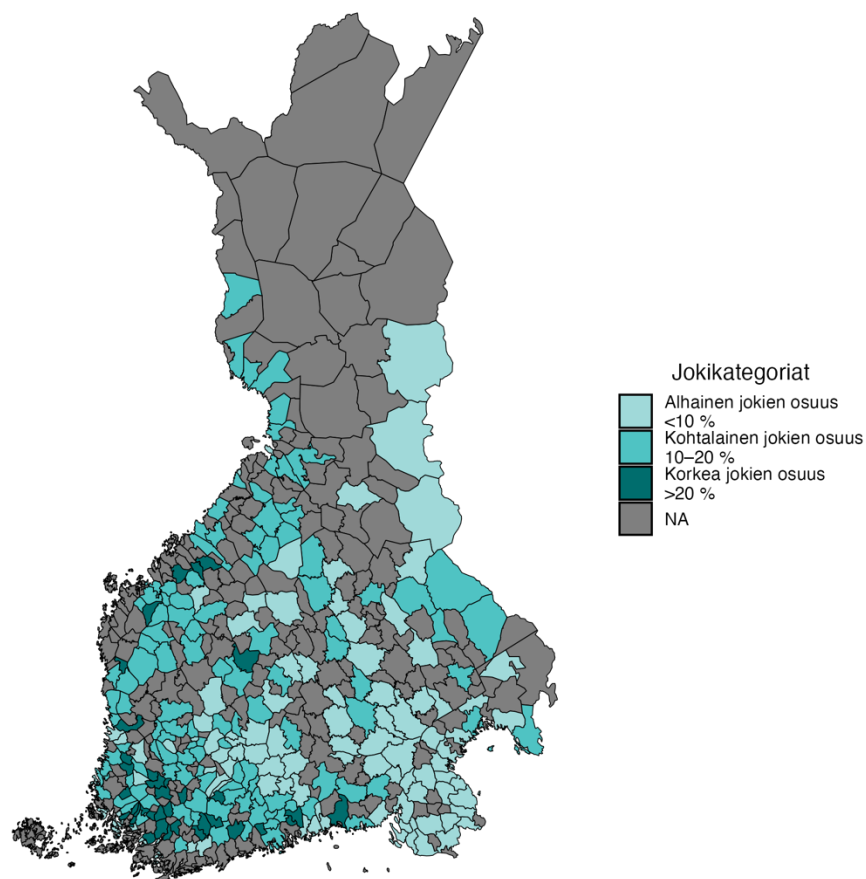


Kuva 8. Vuotuisten sademääräkategorioiden jakautuminen alueellisesti Suomessa. Kuvasta havaitaan pohjois-eteläsuuntainen gradientti, jonka mukaan sademäärät kasvoivat etelään siirryttäessä. Harmaalla esitettävissä kunnissa puuttui ympäristötiedot tai niissä ei ollut raportoitu mälariakuolemia. N=255 kuntaa.



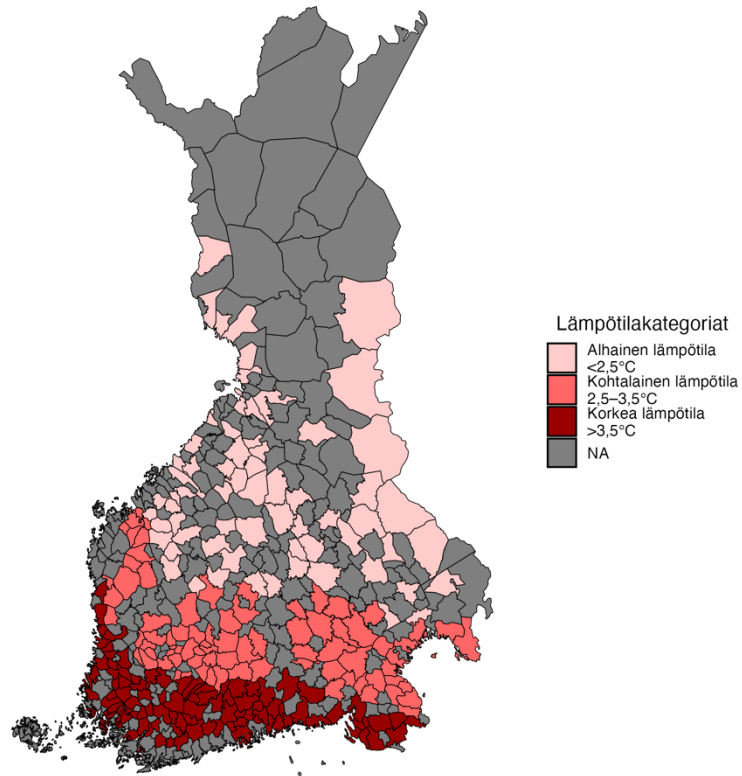
Kuva 9. Järvien osuuksien (%) kategorioiden alueellinen jakautuminen Suomessa. Eteläisessä Keski-Suomessa voitiin havaita selkeä suurten järviuosuuksien keskittymä, kun taas etelään ja länteen siirryttäessä alueiden osuudet vähenivät asteittain. Itäisessä Suomessa järviuosuudet sijoituivat pääosin 5–20 % -luokkaan. N=255 kuntaa.

Jokien suhteellinen osuus oli suurin kunnissa, jotka sijoittuvat maan lounais- ja länsiosiin (kuva 10). Korkeimmat arvot jokien osuuksissa (>20 %) sijoittuivat Etelä-Suomeen, erityisesti lounaisosiin, ja yksittäisiä korkeita arvoja esiintyy myös lännessä. Kohtalaiset jokiosuudet (10–20 %) noudattivat samansuuntaista alueellista jakautumista korkeimpien jokiosuuksien kanssa. Alhaisimmat jokiosuudet (<10 %) keskittyivät puolestaan Suomen kaakkois- ja itäosiin.

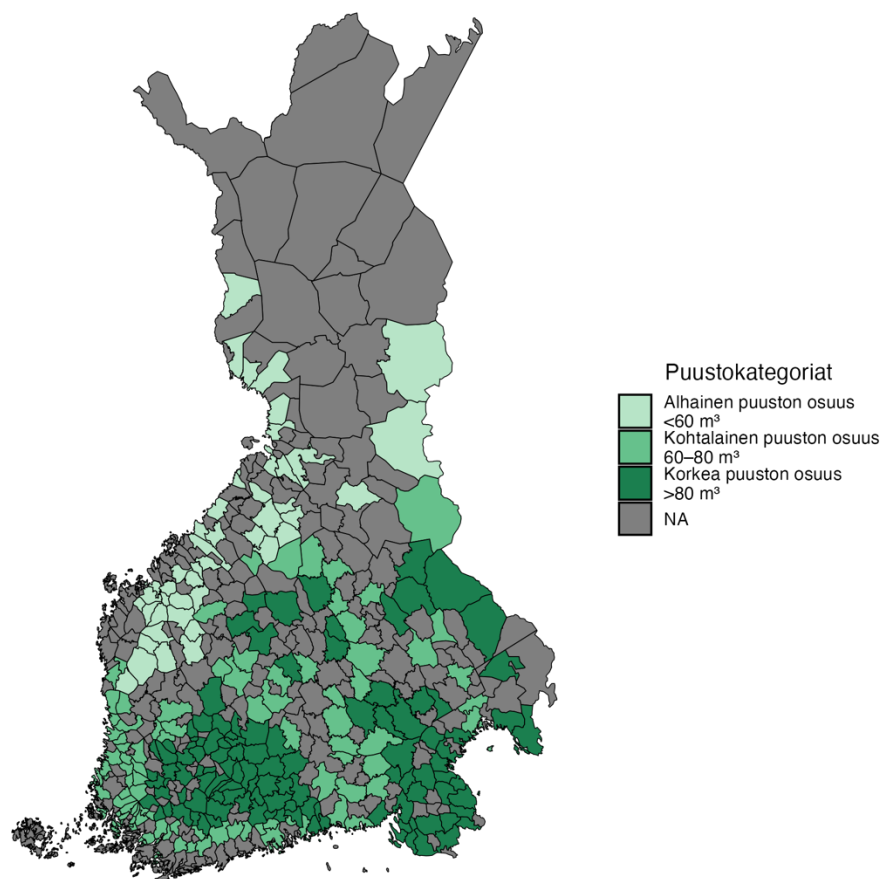


Kuva 10. Jokien osuuksien (%) kategorioiden jakautuminen Suomessa. Jokiosuuksien jakautumisessa voitiin havaita sekä pohjois-etelä- että itä-länsisuuntainen gradientti. Eniten jokia oli Etelä-Suomen lounais- ja länsiosissa ja vähiten jokia havaittiin koillis- ja kaakkoisosissa. N=255 kuntaa.

Vuotuinen keskilämpötila kasvoi siirryttäessä pohjoisesta etelään (kuva 11). Alhaisen lämpötilan (<2,5 °C) alueet sijaitsivat Keski- ja Pohjois-Suomessa, kun taas kohtalaisen lämpötilan (2,5–3,5 °C) ja korkean lämpötilan (>3,5 °C) alueet sijaitsivat Etelä-Suomessa. Myös puuston keskikuutiomäärä oli suurin kunnissa, jotka sijaitsivat eteläisessä Suomessa (kuva 12). Korkeimmat arvot (>80 m³) keskittyivät Etelä- ja Keski-Suomeen, painottuen erityisesti Suomen itäosiin. Kohtalaiset puuston määrät (60–80 m³) olivat myös sijoittuneet pääosin eteläiseen Suomeen, erityisesti lounaisosiin, ja niitä havaittiin paikoin myös Keski-Suomessa. Alueet, joissa puuston osuus oli alhainen (<60 m³) keskittyivät Keski-Suomen länsiosiin ja Pohjois-Suomeen.

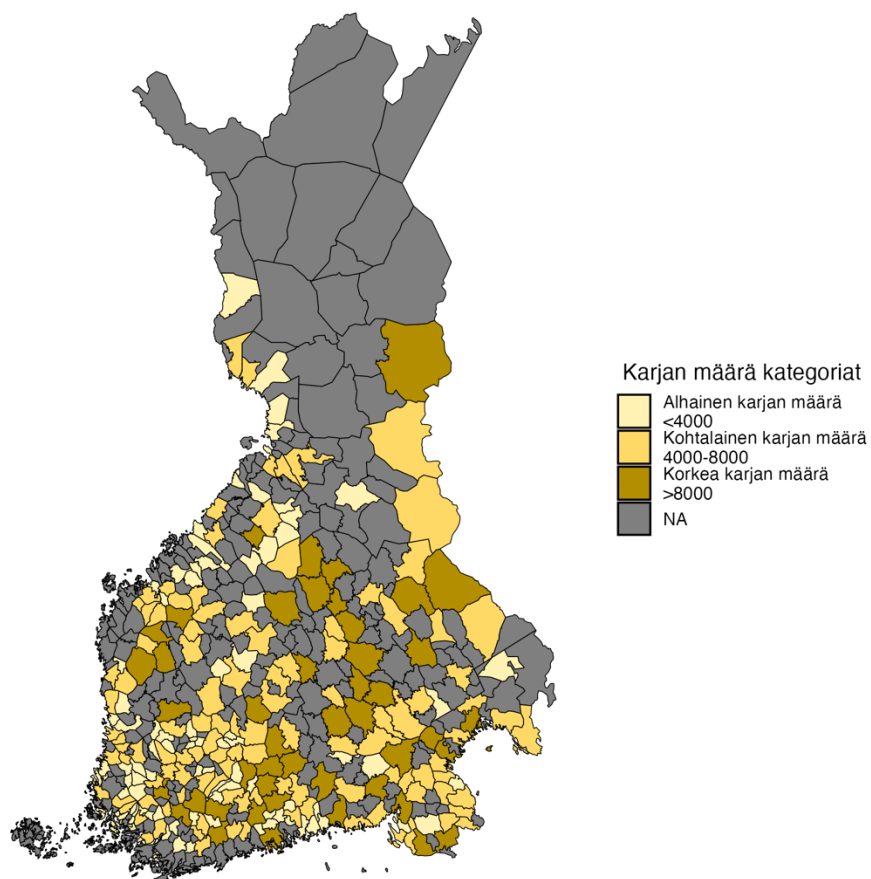


Kuva 11. Vuotuisten keskilämpötilakategorioiden alueellinen jakautuminen Suomessa. Kuvasta havaitaan selkeä lämpötilagradientti, joka osoittaa keskilämpötilojen kasvun siirryttäessä pohjoisesta etelään. N=255 kuntaa.



Kuva 12. Puuston keskikuutiomäärien kategorioiden jakautuminen Suomessa. Kartasta havaitaan pohjois-eteläsuuntainen gradientti, jossa suurimmat arvot painottuvat Etelä- ja Keski-Suomeen, ja puuston määrä vähenee siirryttäessä pohjoiseen. $N=255$ kuntaa.

Karjan määrä oli suurimmillaan eteläisessä Keski-Suomessa, mutta korkeita arvoja (>8000) esiintyi myös paikoin pohjoisessa sekä maan itä- ja länsiosissa (kuva 13). Kohtalaisen karjan määrän alueet (4000–8000) sijoittuivat suhteellisen tasaisesti Etelä- ja Keski-Suomeen, kun taas alhaisimmat karjamäärät (<4000) keskittyivät Länsi- ja Lounais-Suomeen.



Kuva 13. Karjan määrä -kategorioiden alueellinen jakautuminen Suomessa. Kartasta havaitaan, että karjan määrän kategoriat olivat jakautuneet suhteellisen tasaisesti Suomen eri osiin. Korkeimmat karjan määrät painottuivat lievästi eteläiseen Keski-Suomeen, kun taas alhaisempien karjan määrien voitiin havaita keskittyvän jonkin verran lounais- ja länsiosiin. $N=255$ kuntaa.

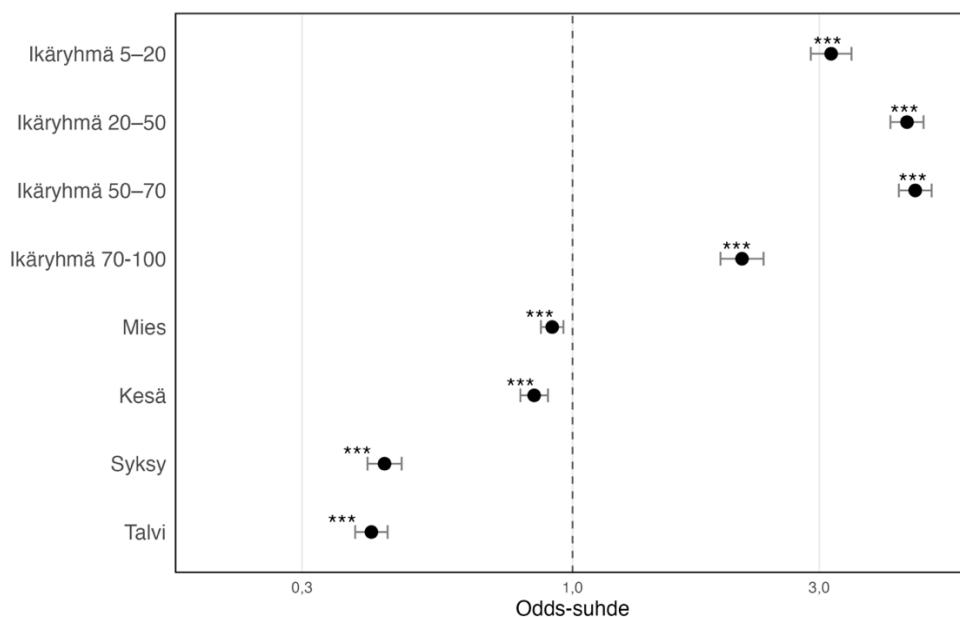
3.2 Iän ja sukupuolen yhteys malariakuolleisuuteen

Perusmallin tulosten mukaan iällä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2 = 2446$; $DF = 4$; $p < 0,001$) (taulukko 3). Kuolleisuuden riski nousi huomattavasti kaikissa ikäryhmissä verrattuna vertailuryhmään 0–5 vuotta (taulukko 3) (kuva 14). Selvin yhteys suurempaan kuolleisuuden riskiin havaittiin ikäryhmissä 20–50-vuotiaat (odds-suhde: 4,4; 95 % luottamusväli: [4,1–4,8]) ja 50–70-vuotiaat (4,6 [4,3–5,0]) verrattuna 0–5 vuotiaisiin. Seuraavaksi selvin yhteys oli ikäryhmällä 5–20-vuotiaat (3,2 [2,9–3,5]). Pienin yhteys korkeampaan kuolleisuuteen oli ikäryhmässä 70–100-vuotiaat (2,1 [1,9–2,3]) verrattuna 0–5 vuotiaisiin. Erot vertailuryhmään olivat huomattavia, sillä malariakuolleisuuden riski oli 5–20-vuotiaalla 220 % suurempi, 20–50-vuotiailla 340 prosenttia suurempi, 50–70-vuotiailla 360 prosenttia suurempi ja 70–100-vuotiailla 110 prosenttia suurempi kuin nuorimmassa ikäluokassa.

Lisäksi muiden ikäryhmien välisiä riskieroja tarkasteltiin parittaisten vertailujen avulla. Näissä vertailuissa havaittiin, että 5–20-vuotiailla riski oli pienempi kuin 20–50- ja 50–70-vuotiailla (odds-suhde: 0,71; 95 % luottamusväli: [0,63–0,80] ja 0,69 [0,61–0,77]; $p < 0,001$), mutta 20–50- ja 50–70-vuotiaiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,81$) (liite 2; taulukko 13). Sen sijaan 70–100-vuotiaiden riski oli merkitsevästi pienempi kuin 20–70-vuotiailla, mutta suurempi kuin 0–5-vuotiailla (liite 2; taulukko 13). Näin ollen malariakuolleisuus kasvoi selvästi iän myötä, mutta kääntyi laskuun vanhimmassa ikäryhmässä. Sukupuolella oli myös tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2 = 13$; $DF = 1$; $p < 0,001$) (taulukko 3). Sukupuolen osalta miehillä havaittiin olevan 9 % pienempi malariakuolleisuuden riski (0,91 [0,87–0,96] kuin vertailuryhmän naisilla (taulukko 3) (kuva 14).

Iän ja sukupuolen lisäksi perusmallissa otettiin huomioon vuodenajan ja populaatiokoon yhteys malariakuolleisuuteen. Vuodenajalla havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2 = 945$; $DF=3$; $p < 0,001$) (taulukko 3). Kaikkien vuodenaikojen (kesä, syksy ja talvi) havaittiin olevan yhteydessä pienempään malariakuolleisuuden riskiin verrattuna vertailuryhmään keväeseen (taulukko 3) (kuva 14). Selvin yhteys oli talvella (odds-suhde: 0,41; 95 % luottamusväli: [0,38–0,44]), jolloin riski kuolla malariaan oli 59 % pienempi kuin keväällä. Syksyllä riski oli 57 % pienempi (0,43 [0,40–0,47]) ja kesällä 16 % pienempi (0,84 [0,79–0,90]) kuin keväällä. Lisäksi kesällä malariakuolemariski oli suurempi kuin syksyllä ja talvella ($p < 0,001$), mutta syksyn ja talven välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,57$) (liite 2; taulukko 13). Populaatiokoolla sekä jatkuvassa ($\chi^2=0,07$; $DF=1$; $p=0,80$) että kategorisessa ($\chi^2=0,17$; $DF=2$; $p=0,92$) muodossa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä malariakuolleisuuteen (taulukko 3).

Perusmallin satunnaisvaikutusten tarkastelussa huomattiin, että kunta ja kuolinvuosi selittivät malariakuolleisuuden vaihtelua tilastollisesti merkitsevästi (kuolinvuosi: $\chi^2=6581$; $p < 0,001$, kunta: $\chi^2=9448$; $p < 0,001$) (taulukko 4). Kunnan satunnaisvaikutuksen varianssi (2,2) oli suurempi kuin kuolinvuoden varianssi (1,3), mikä tarkoitti, että vaihtelut malariakuolleisuudessa kuntien välillä olivat suuremmat kuin eri vuosien välillä. Tiivistettynä voidaan todeta, että malariakuolleisuus vaihteli enemmän alueellisesti kuin ajallisesti.



Kuva 14. Malariakuolleisuusriskin eroavaisuudet esitettyinä iän, sukupuolen ja vuodenajan mukaan. Vertailuryhminä ovat ikä 0–5 vuotta, naiset ja kevät. Malariakuolleisuuden riski oli yhteydessä ikään siten, että riski kasvoi iän myötä, mutta pieneni lievästi ikäryhmässä 70–100 vuotta, pysyen kuitenkin korkeampana kuin vertailuryhmässä. Miehillä havaittiin hieman pienempi riski malariaan kuolemiseen kuin naisilla. Ajallisesti malariaan kuoleamisen suurin todennäköisyys oli keväällä. Kaikki tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä. Kun odds-suhde-arvo on suurempi kuin yksi, niin riski kuolla malariaan on suurempi ja kun arvo on alle yksi, niin riski on alhaisempi verrattuna vertailuryhmään. $N=1882554$.

Taulukko 3. Perusmallissa käytetyt muuttujat ja niiden yhteys malariakuolleisuuden riskiin. Muuttujien kokonaismerkitsevyys (p -arvo) tulee uskottavuusosamäärätestistä (χ^2) ja luokkien estimaatit, odds-suhde, z -arvo ja p -arvo perustuvat Waldin-testiin. Kun odds-suhde-arvo on suurempi kuin yksi, niin riski kuolla malariaan on suurempi ja kun arvo on alle yksi, niin riski on alhaisempi verrattuna vertailuryhmään. Populaatiokoko on analysoitu myös jatkuvana muuttujana, joka on standardoitu. Tällöin odds-suhde kuvaa muutosta malariakuolleisuuden todennäköisyydessä yhtä populaatiokoon keskihajonnan lisäystä kohti. Vertailuryhminä ovat ikä 0–5 vuotta, naiset, kevät ja alhainen populaatiokoko. $N=1882554$.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z -arvo	p -arvo
Vakiotermi		$-7,5 \pm 0,16$		$-46,0$	$< 0,001$
Ikä					$< 0,001$
	5–20	$1,2 \pm 0,05$	3,2 (2,9–3,5)	25,0	$< 0,001$
	20–50	$1,5 \pm 0,04$	4,4 (4,1–4,8)	40,0	$< 0,001$
	50–70	$1,5 \pm 0,04$	4,6 (4,3–5,0)	41,0	$< 0,001$
	70–100	$0,75 \pm 0,05$	2,1 (2,0–2,3)	16,0	$< 0,001$
Sukupuoli					$< 0,001$
	mies	$-0,09 \pm 0,03$	0,91 (0,87–0,96)	$-3,5$	$< 0,001$
Vuodenaika					$< 0,001$

	kesä	-0,17 ± 0,03	0,84 (0,79–0,90)	-5,5	< 0,001
	syksy	-0,84 ± 0,04	0,43 (0,40–0,47)	-22,0	< 0,001
	talvi	-0,90 ± 0,04	0,41 (0,38–0,44)	-24,0	< 0,001
Populaatiokoko					0,92
	kohtalainen	-0,05 ± 0,19	0,95 (0,66–1,2)	-0,25	0,80
	korkea	-0,10 ± 0,26	0,90 (0,54–1,52)	-0,38	0,70
Populaatiokoko (jatkuva)		0,03 ± 0,11	1,03 (0,83–1,27)	0,27	0,80

Taulukko 4. Perusmallissa käytetyt satunnaistekijät ja niiden yhteys malariakuolleisuuden vaihteluun. N=1882554.

Satunnaisvaikutukset	Varianssi	Keskihajonta	χ^2 -arvo	p-arvo (χ^2)
Kuolinvuosi	1,3	1,1	6581	< 0,001
Kunta	2,2	1,5	9448	< 0,001

3.3 Ympäristötekijöiden yhteys malariakuolleisuuteen

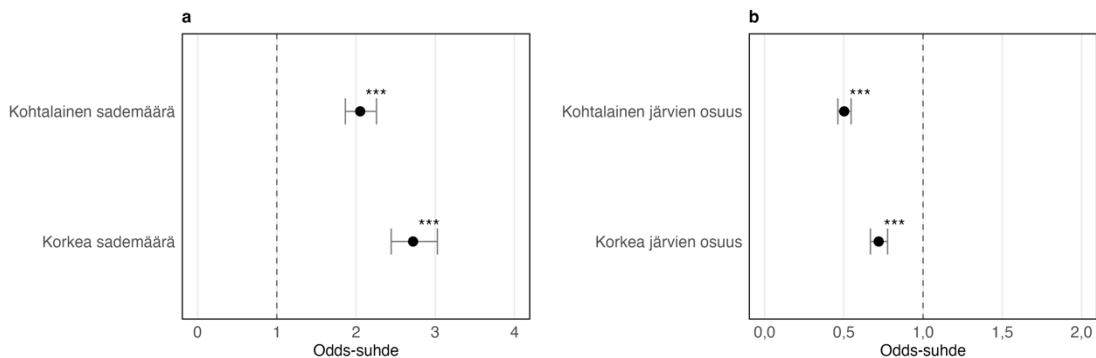
3.3.1 Sademäärä, vesistöt ja rannikkoalue

Sademäärällä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2=388$; DF=2; $p<0,001$) (taulukko 5). Sademäärän nousu liittyi korkeampaan malariakuolleisuuden riskiin (taulukko 5) (kuva 15 a). Sekä korkeat (odds-suhde: 2,7; 95 % luottamusväli: [2,4–3,0]) että kohtalaiset (2,0 [1,8–2,2]) sademäärän arvot olivat yhteydessä kohonneeseen malariakuolleisuusriskiin verrattuna alhaisiin sademääriin. Erot vertailuryhmään olivat huomattavia, sillä korkean sademäärän kunnissa riski oli 170 % suurempi ja kohtalaisen sademäärän kunnissa 100 % suurempi. Lisäksi kohtalaisen ja korkean sademäärän välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero (0,75 [0,69–0,83]; $p < 0,001$) (Liite 2; taulukko 13), mikä viittaa siihen, että malariariski kasvaa sademäärän lisääntyessä, mutta nousu on loivempi korkeammilla sademäärillä.

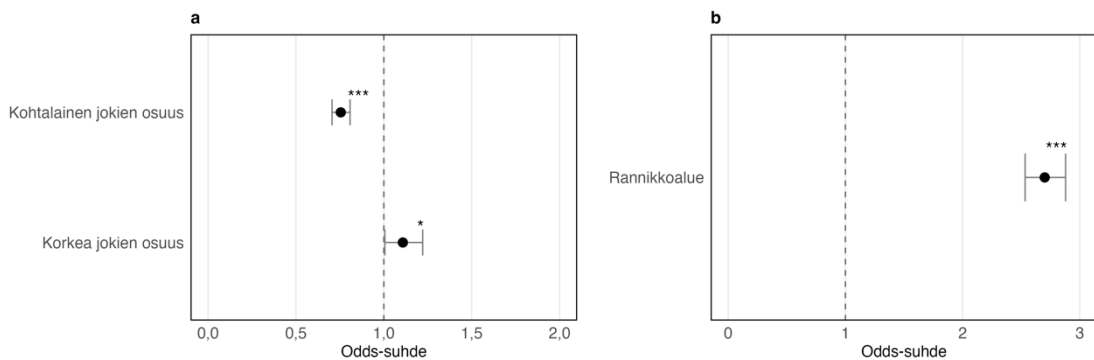
Järvien osuudella oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2=317$; DF=2; $p<0,001$) (taulukko 6). Järvien osuuden kasvu liittyi pienentyneeseen malariakuolleisuusriskiin (taulukko 6) (kuva 15 b). Kohtalainen järvien osuus oli yhteydessä 50 %

pienempään riskiin verrattaessa vertailuryhmään eli alhaiseen järvien osuuteen (odds-suhde: 0,50; 95 % luottamusväli: [0,46–0,54]). Korkeiden järviosuuksien kunnissa riski oli myös matalampi kuin vertailuryhmässä (alhainen järvien osuus), mutta se oli yhteydessä 31 % pienempään riskiin (0,69 [0,64–0,74]). Lisäksi kohtalaisen ja korkean järvi-osuuden välillä havaittiin merkitsevä ero (0,72 [0,64–0,80]; $p < 0.001$) (liite 2; taulukko 13), mikä osoittaa, että malariariski oli pienin, kun järvien osuus oli kohtalainen.

Jokien osuudella oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2=93$; DF=2; $p<0,001$) (taulukko 7). Jokien osuuden havaittiin olevan yhteydessä malariakuolleisuuden riskiin sekä vähentävästi että nostattavasti (taulukko 7) (kuva 16 a). Kohtalainen jokien osuus oli yhteydessä 21 % pienempään riskiin (odds-suhde: 0,79; 95 % luottamusväli: [0,73–0,83]), kun taas korkea jokien osuus oli yhteydessä 20 % kohonneeseen riskiin (1,2 [1,1–1,3]) verrattuna vertailuryhmään (alhainen jokien osuus). Parittaiset vertailut osoittivat, että riski kohtalaisten jokiosuuksien kunnissa oli pienempi kuin korkeiden jokiosuuksien kunnissa (0,68 [0,60–0,77]; $p < 0,001$) (liite 2; taulukko 13). Rannikkoalueiden yhteys malariakuolleisuuteen oli myös tilastollisesti merkitsevä ($\chi^2=825$; DF=1; $p<0,001$) (taulukko 8). Sijainti rannikkoalueella nostatti malariakuolleisuuden riskiä 160 % verrattuna ei-rannikkoalueeseen (2,6 [2,4–2,8]) (taulukko 8) (kuva 16 b).



Kuva 15. Sademäärän ja järvien osuuden yhteys malariakuolleisuuden riskiin. Vertailuryhmät olivat alhainen sademäärä ja alhainen järvien osuus. Sademäärän suuremmat arvot olivat yhteydessä korkeampaan malariakuolleisuuden riskiin. Kohtalaisella järvien osuudella oli selvin yhteys riskin pienemiseen, kun taas korkeat arvot olivat yhteydessä lievempään riskin vähenemiseen verrattuna alhaiseen järviosuuteen. $N=1531317$.



Kuva 16. Jokien osuuden ja rannikkoalueen yhteys malariakuolleisuuden riskiin. Vertailuryhmät olivat alhainen jokien osuus ja ei-rannikkoalue. Jokien osuuden yhteys kuolleisuuteen oli epälineaarinen, sillä kohtalainen jokien osuus pienensi riskiä, kun taas korkea osuus lisäsi sitä. Sijainti rannikkoalueella liittyi korkeampaan malariakuolleisuuden riskiin. $N=1531317$.

Taulukko 5. Sademäärämuuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoitettavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Muuttujien kokonaismerkitsevyys (p -arvo) tulee uskottavuusosamäärättestistä (χ^2) ja luokkien estimaatit, odds-suhde, z -arvo ja p -arvo perustuvat Waldin-testiin. Vertailuryhmänä oli alhainen sademäärä. $N=1531317$.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z -arvo	p -arvo
Vakiotermi		-7,5 \pm 0,14		-54,0	
Sademäärä					< 0,001
	kohtalainen	0,7 \pm 0,05	2,0 (1,8–2,2)	14,0	< 0,001
	korkea	1,0 \pm 0,05	2,7 (2,4–3,0)	18,0	< 0,001
Ikä					<0,001
Sukupuoli					0,42
Vuodenaika					<0,001

Taulukko 6. Järviosuusmuuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoitettavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Vertailuryhmänä oli alhainen järvien osuus. $N=1531317$.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z -arvo	p -arvo
Vakiotermi		-6,8 \pm 0,13		-52,0	
Järvien osuus					< 0,001
	kohtalainen	-0,70 \pm 0,04	0,50 (0,46–0,54)	-17,0	< 0,001
	korkea	-0,37 \pm 0,04	0,69 (0,64–0,74)	-10,0	< 0,001
Ikä					<0,001
Sukupuoli					0,36

Vuodenaika					<0,001
------------	--	--	--	--	--------

Taulukko 7. Jokiosuusmuuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Vertailuryhmänä oli alhainen jokien osuus. N=1531317.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi		-7,0 ± 0,13		-53,0	
Jokien osuus					< 0,001
	kohtalainen	-0,25 ± 0,03	0,79 (0,73–0,83)	-7,3	< 0,001
	korkea	0,17 ± 0,05	1,2 (1,1–1,3)	3,5	< 0,001
Ikä					<0,001
Sukupuoli					0,39
Vuodenaika					<0,001

Taulukko 8. Rannikkoalueluemuuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Vertailuryhmänä oli ei-rannikkoalue. N=1531317.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi		-7,4 ± 0,13		-57,0	
Rannikkoalue		0,95 ± 0,03	2,6 (2,4–2,8)	30,0	< 0,001
Ikä					<0,001
Sukupuoli					0,31
Vuodenaika					<0,001

3.3.2 Lämpötila sekä puuston ja karjan määrä

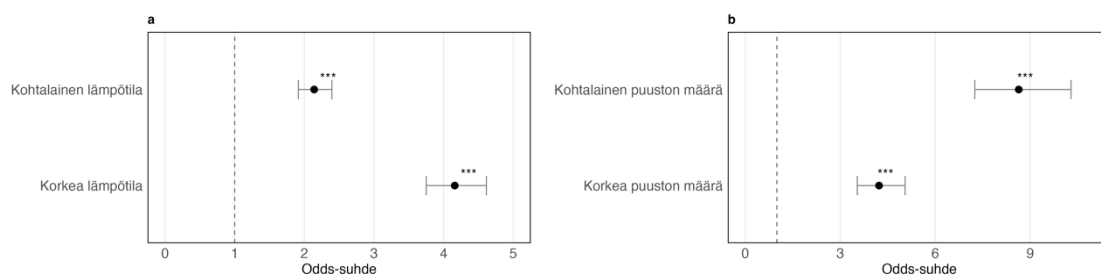
Lämpötilalla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2=1046$; DF=2; $p>0,001$) (taulukko 9). Korkea lämpötila nosti malariakuolleisuuden riskiä 310 % (odds-suhde: 4,1; 95 % luottamusväli: [3,7–4,6]) verrattuna alhaisen lämpötilan vertailuryhmään (taulukko 9) (kuva 17 a). Myös kohtalainen lämpötila nosti riskiä huomattavasti: 100 % (2,0 [1,8–2,3]) suurempi riski kuin vertailuryhmässä. Lisäksi kohtalaisen ja korkean lämpötilan välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero (0,50 [0,46–0,54]; $p < 0.001$) (liite 2; taulukko 13), mikä osoittaa riskin kasvavan selvästi lämpötilan noustessa.

Puuston määrällä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2=1180$; $DF=2$; $p<0,001$) (taulukko 10). Malariakuolleisuuden riski oli suurempi silloin, kun puuston määrä oli korkeampi (taulukko 10) (kuva 17 b). Kohtalainen puuston määrän nosti riskiä 690 % (odds-suhde: 7,9; 95 % luottamusväli: [6,6–9,4]), ja korkea puuston määrä nosti riskiä 280 % (3,8 [3,1–4,5]) verrattuna alhaiseen puuston määrään. Lisäksi kohtalaisen ja korkean puuston määrän välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero (2,1 [1,9–2,3]; $p < 0.001$) (liite 2; taulukko 13), mikä vahvistaa, että kohtalainen puuston määrä oli yhteydessä korkeimpaan kuolleisuusriskiin.

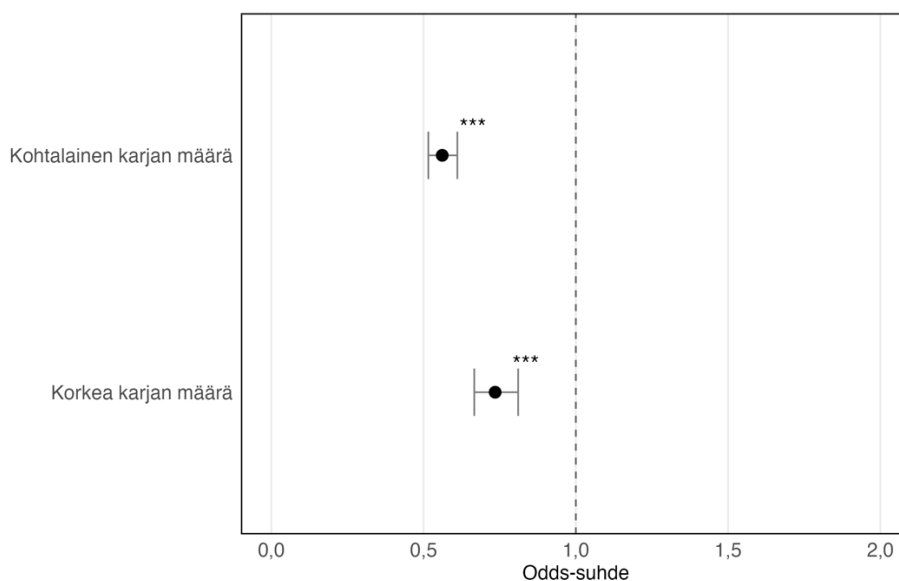
Karjan määrällä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen ($\chi^2=249$; $DF=2$; $p<0,001$) (taulukko 11). Kohtalainen karjan määrä oli yhteydessä 46 % pienempään malariakuolleisuusriskiin (odds-suhde: 0,54; 95 % luottamusväli: [0,50–0,58]), ja korkea karjan määrä oli yhteydessä 28 % pienempään kuolleisuusriskiin (0,72 [0,67–0,77]) (taulukko 11) (kuva 18) kuin vertailuryhmässä (alhainen karjan määrä). Parittaiset vertailut osoittivat, että kohtalainen karjan määrä oli yhteydessä pienempään riskiin kuin korkea karjan määrä (0,75 [0,69–0,83]; $p < 0.001$) (liite 2; taulukko 13).

Satunnaistekijänä kaikissa kategorisissa sekamalleissa ympäristövaikutuksista oli kuolinvuosi, jonka varianssi ja keskihajonta sai samankaltaisia arvoja kuin perusmallissa (taulukko 4). Lisäksi jokaiseen ympäristömuuttujan kategoriseen malliin sisällytettiin myös perusmallin tilastollisesti merkitsevät tekijät eli ikä, sukupuoli ja vuodenaika. Populaatiokoko jätettiin pois malleista, sillä se ei ollut perusmallin tulosten perusteella tilastollisesti merkitsevä. Sekoittavat tekijät saivat samankaltaisia arvoja kuin perusmallissa, mutta joidenkin muuttujien kokonaismerkitsevyydet vaihtelivat, sillä otoskoko kategorisissa malleissa oli pienempi kuin perusmallissa (taulukot 5–11).

Kaikkien ympäristömuuttujien yhteyttä malariakuolleisuuteen tarkasteltiin myös malleilla, joissa kategoriset ympäristötekijät olivat jatkuvassa muodossa. Näiden jatkuvien mallien tulokset olivat samansuuntaisia kategoristen mallien kanssa ja täten tukivat aiempia havaintoja. Jatkuvien mallien tulokset on esitetty työn liitteessä (liite 3; taulukot 14–19).



Kuva 17. Lämpötilan ja puuston määrän yhteys malariakuolleisuuden riskiin. Vertailuryhmät olivat alhainen lämpötila ja alhainen puuston määrä. Sekä lämpötilan että puuston määrän kasvu liittyi korkeampaan malariakuolleisuuden riskiin, vaikka korkein riski oli kohtalaisen puuston luokassa. $N=1531317$.



Kuva 18. Karjan määrän yhteys malariakuolleisuuden riskiin. Vertailuryhmä oli alhainen karjan määrä. Kohtalaisella karjan määrällä oli selvin yhteys riskin pienenemiseen, kun taas korkeat arvot olivat yhteydessä lievempään riskin vähenemiseen. $N=1531317$.

Taulukko 9. Lämpötilamuuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkityvyydet. Muuttujien kokonaismerkityvyys (p -arvo) tulee uskottavuusosamäärätestistä (χ^2) ja luokkien estimaatit, odds-suhde, z -arvo ja p -arvo perustuvat Waldin testiin. Vertailuryhmänä oli alhainen lämpötila. $N=1531317$.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z -arvo	p -arvo
Vakiotermi		$-8,0 \pm 0,14$		$-58,0$	
Lämpötila					$< 0,001$
	kohtalainen	$0,72 \pm 0,06$	2,0 (1,8–2,3)	13,0	$< 0,001$
	korkea	$1,4 \pm 0,05$	4,1 (3,7–4,6)	27,0	$< 0,001$
Ikä					$< 0,001$
Sukupuoli					0,53

Vuodenaika					<0,001
------------	--	--	--	--	--------

Taulukko 10. Puuston määrä -muuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Vertailuryhmänä oli alhainen puuston määrä. N=1531317.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi		-8,6 ± 0,15		-56,0	
Puuston määrä					< 0,001
	kohtalainen	2,1 ± 0,09	7,9 (6,6–9,4)	23,0	< 0,001
	korkea	1,3 ± 0,09	3,8 (3,1–4,5)	15,0	< 0,001
Ikä					<0,001
Sukupuoli					0,43
Vuodenaika					<0,001

Taulukko 11. Karjan määrä -muuttujan kategorisen mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Vertailuryhmänä oli alhainen karjan määrä. N=1531317.

Muuttuja	Kategoria	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi		-6,7 ± 0,13		-51,0	
Karjan määrä					< 0,001
	kohtalainen	-0,62 ± 0,04	0,54 (0,50–0,58)	-16,0	< 0,001
	korkea	-0,33 ± 0,04	0,72 (0,67–0,77)	-8,6	< 0,001
Ikä					<0,001
Sukupuoli					0,33
Vuodenaika					<0,001

4 Pohdinta

Tässä tutkielmassa käytettiin historiallisesta Suomesta kerättyä demografista aineistoa, jonka pohjalta pyrittiin tarkastelemaan malariakuolleisuuden yhteydessä olevia sekä yksilöllisiä että ympäristöllisiä tekijöitä vuosina 1750–1850. Lisäksi tutkielmassa tarkasteltiin malariakuolleisuuden ja keskeisten ympäristötekijöiden alueellista jakaumaa Suomessa. Ensimmäisen hypoteesin mukaan oletin malariakuolleisuuden ja

ympäristötekijöiden jakaumassa havaittavan alueellisia eroja. Hypoteesi toteutui, sillä malariakuolemat painottuivat Etelä-Suomeen, jonne myös suurin osa ympäristötekijöiden korkeista arvoista painottuivat. Tämä loi perustan näiden yhteyksien tarkemmalle tarkastelulle. Toisen hypoteesin mukaan malariakuoleman riski olisi ollut suurin naisten ja lasten keskuudessa, mikä toteutui vain naisten osalta. Iän kasvaessa riski kuolla malariaan sen sijaan kasvoi, kun taas sukupuolen osalta naisten kuolleisuuden riski oli hieman suurempi kuin miesten. Kolmannen hypoteesin mukaan ennustin ympäristötekijöistä korkeamman sademäärän, vesialueiden (järvet ja joet) osuuden, lämpötilan ja puuston määrän sekä sijainnin rannikkoalueella olevan yhteydessä suurempaan malariakuolleisuuteen, kun taas korkean karjan määrän ennustin vähentävän kuolleisuuden riskiä. Hypoteesi toteutui osittain, sillä ympäristötekijöistä malariakuolleisuuden riskiin nostavasti yhteydessä olivat lämpötilan, sademäärän ja puuston määrän kasvu ja sijainti rannikkoalueella. Suurempi järviolosuus ja karjan määrä liittyivät pienempään kuolleisuusriskiin. Jokiosuuk-sien yhteys riskiin jäi tutkielmassa epäselväksi.

4.1 Malarian ja ympäristötekijöiden alueellinen jakautuminen

Tutkielman tulokset osoittivat, että malariakuolleisuus jakautui Suomessa selvästi pohjois-etelä-suunnassa siten, että kuolleisuus kasvoi kohti etelää. Malariakuolleisuuden osuus koko väestön kuolleisuudesta oli suurinta Etelä-Suomessa, erityisesti maan lounaisosissa ja rannikkoalueilla, joissa malariaan kuoli noin 2–7 prosenttia kuntien asukkaista. Kuolemia esiintyi myös Keski-Suomen kunnissa, mutta tästä pohjoiseen siirryttäessä malariakuolemia havaittiin enää harvoin. Itä- sekä Länsi-Suomessa niiden osuus jäi useimmiten alle 0,5 prosentin. Valtaosassa maata malariakuolleisuuden osuus pysyi alle yhden prosentin. Tämä viittaa siihen, että malaria oli kenties vakava ongelma vain harvoissa kunnissa.

Havainnot ovat yhteneväisiä tutkielman ensimmäisen hypoteesin kanssa, jonka mukaan malariakuolemat painottuisivat rannikkoalueille ja maan lounaisosiin. Tulokset tukevat myös aiempaa tutkimusta. Huldenin & Huldenin (2009) tutkimuksen mukaan malaria levisi lähes kaikkiin Suomen asuttuihin osiin, mutta esiintyi yleisimmin eteläisessä Suomessa, erityisesti rannikko- ja saaristoalueilla. Myös malariaa levittävien *Anopheles messeae* ja *Anopheles beklemishevi* -hyttyslajien levinneisyysalue tukee näitä tuloksia, sillä kyseiset lajit esiintyivät tyypillisesti Suomen keskiosiin saakka (Jetten & Takken 1994). Näin ollen sekä malarian alueellinen esiintyvyys että vektorilajien levinneisyys viittaavat

siihen, että tauti oli historiallisesti keskittynyt Suomen eteläisiin osiin ja rannikkoalueisiin.

Havainnot ympäristötekijöiden jakaumista olivat myös linjassa ensimmäisen hypoteesin kanssa, jonka mukaan ympäristötekijöissä on havaittavissa alueellisia eroja. Hypoteesi ennusti esimerkiksi, että lämpötilan, puuston määrän ja sademäärän arvot olisivat korkeampia Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessa. Karttoja tulkittaessa näiden ympäristötekijöiden ja jokien osuuden alueellinen jakauma noudatti pohjois-eteläsuuntaista kasvavaa gradienttia. Vertaamalla ympäristötekijöiden ja malariakuolleisuuden jakaumia havaittiin, että malariakuolemien määrä kasvoi myös etelään siirryttäessä. Sen sijaan järvien alueellinen jakauma poikkesi muista ympäristötekijöistä, sillä korkeimmat järvi-osuudet sijoittuivat Keski-Suomeen, jossa malariakuolleisuus oli alhainen. Karjan määrä jakautui puolestaan suhteellisen tasaisesti ympäri Suomea, minkä vuoksi sen yhteys malariakuolleisuuden alueelliseen jakaumaan jäi vähäiseksi verrattuna muihin ympäristötekijöihin.

4.2 Iän ja sukupuolen yhteys malariakuolleisuuteen

Tulosten perusteella ikä oli selvemmin yhteydessä malariakuolleisuuden riskiin kuin sukupuoli. Malariakuolleisuuden riski kasvoi iän myötä ja oli suurin aikuisilla, kun taas pienin riski liittyi ikäryhmään 0–5 vuotta. Tulos ei ole yhdenmukainen tutkielman toisen hypoteesin kanssa, jonka mukaan malariaan menehtyisivät todennäköisimmin lapset. Riski selittyy osin sillä, että vaikka malariaan kuoli määrällisesti paljon lapsia, niin lapsia kuoli yleisesti paljon myös muista syistä: esimerkiksi noin 30 % lapsista menehtyi ennen viiden vuoden ikää (Lahdenperä ym. 2025). Tutkielmassa yli puolet aineistosta (51 %) kuului ikäryhmään 0–5 vuotta, ja tämän ryhmän suhteellinen kuolleisuus malarian osalta jäi alhaiseksi verrattuna aikuisiin ja ikääntyneisiin henkilöihin.

Tulokset poikkeavat myös aiemmista tutkimuksista, jotka ovat osoittaneet yhteyden malariakuolleisuuden ja lapsuusajan välillä (Gelband ym. 2020; Khagayi ym. 2019). Toisaalta osa tutkimuksista tukee tämän tutkielman havaintoja muissa ikäryhmissä: Gelband ym. (2020) havaitsivat kuolleisuusriskin olevan korkea myös yli 45-vuotiailla, ja Dondorp ym. (2008) sekä Ingholt ym. (2022) raportoivat malariakuolleisuuden nousevan iän myötä. Eri tutkimusten vertailua kuitenkin vaikeuttavat erot ikäryhmien määrittelyissä, otoskoissa sekä tutkimusten ajallisissa ja maantieteellisissä konteksteissa. Aiemmat tutkimukset sijoittuvat pääosin nykyaikaan ja trooppisille alueille, kuten Intiaan ja Keniaan, ja niiden aineistot ovat huomattavasti suurempia kuin tässä tutkielmassa (Dondorp ym.

2008; Gelband ym. 2020; Khagayi ym. 2019). Historiallisissa aineistoissa kuolinsyiden diagnosointi oli lisäksi epävarmaa, ja esimerkiksi malarian erottaminen muista lasten kuumetaudeista oli haastavaa (Ingholt ym., 2022). Näistä syistä aikaisempien tutkimusten tuloksia ei voida suoraan verrata tämän tutkielman havaintoihin. Ingholtin ym. (2022) toteuttama tutkimus edustaa kontekstiltaan (historiallinen Eurooppa) eniten tätä tutkielmaa, ja heidän tuloksensa ovatkin samansuuntaisia tämän tutkielman kanssa.

Sukupuolen osalta naisilla havaittiin hieman suurempi riski kuolla malariaan kuin miehillä. Tulos on yhteneväinen toisen hypoteesin kanssa, jonka mukaan malariaan menehtyivät todennäköisemmin naiset. Aiemmat tutkimukset antavat tästä kuitenkin ristiriitaisia tuloksia. Osassa tutkimuksista naisilla todettiin suurempi kuolleisuusriski (Khadanga ym. 2014; Kochar ym. 1999), kun taas osassa miehillä (Ayodele 2014). On myös tutkimuksia, jotka eivät ole havainneet sukupuolten välillä eroja malariakuolemien määrässä (Ingholt ym. 2022). Tässä tutkielmassa ero oli vähäinen, mikä viittaa siihen, että sukupuoli ei ollut kovin merkittävä malariakuolleisuuteen yhteydessä oleva tekijä. Tämä saattaa johtua siitä, että kuolemanriski sukupuolten välillä oli lähes yhtäläinen kenties samankaltaisen altistuksen vuoksi. Esimerkiksi tiedetään, että historiallisessa Suomessa kaikki perheenjäsenet nukkuivat samassa tilassa (Hulden ym. 2005), mikä periaatteessa mahdollisti malarian tarttumisen kaikkiin perheenjäseniin lähes yhtä helposti.

Lisäksi vuodenajalla havaittiin olevan tilastollisesti merkitsevä yhteys malariakuolleisuuteen. Kuolleisuuden riski oli suurin keväällä ja pieneni sen jälkeen kesällä sekä edelleen syksyllä ja talvella. Syksyn ja talven välillä ei sen sijaan havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa. Havainto on yhdenmukainen aiemman Suomessa toteutetun tutkimuksen kanssa, jossa malariakuolleisuus oli korkeimmillaan keväällä (Hulden ym. 2008). Tämä johtui malarialoisen hypnotsoiitti-tilassa olevien muotojen aktivoitumisesta keväällä olosuhteiden muuttuessa suotuisemmaksi loiselle ja hyttyselle. Maailmanlaajuisesti malariaa on tutkittu paljon trooppisilla alueilla, jossa vuodenajat eivät vastaa Suomen vuodenaikoja. Tutkimukset osoittavatkin, että malarian vuodenaikainen vaihtelu riippuu usein sademäärien vaihteluista alueella (Otte im Kampe ym. 2015).

4.3 Ympäristötekijöiden yhteys malariakuolleisuuteen

Malaria on tauti, jonka leviämisessä ympäristötekijöillä on havaittu olevan suuri vaikutus (Okunola ym. 2019). Tutkielmani mukaan korkeat sademäärät ja sijainti rannikkoalueella olivat yhteydessä suurempaan malariakuolleisuuteen. Muista vesistöihin liittyvistä muutujista puolestaan järvien määrä oli yhteydessä pienempään malariakuolleisuuteen ja

jokiosuuksien yhteys malariakuolleisuuteen oli epälineaarinen. Korkeammat lämpötila ja puuston määrä olivat yhteydessä suurempaan kuolleisuusriskiin, kun taas korkea karjan määrä pienempään riskiin.

Vahva yhteys malariakuolleisuuteen havaittiin sademäärän kasvulla. Tutkimukseni kolmannen hypoteesin mukaan sademäärän sekä vesistö- ja rannikkoalueiden ennustettiin lisäävän malariakuolleisuutta. Sademäärän osalta hypoteesi ja aiempi tutkimus tukee tämän tutkielman tuloksia, sillä useissa tutkimuksissa on havaittu sateiden lisäävän malariatapausten määrää (Kar ym. 2014; Kibret ym. 2021). Sateet luovat uusia lisääntymis- ja leviämisolosuhteita hyttysille, millä puolestaan on vaikutusta hyttysten lisääntymiselle ja malarian leviämiselle (Kibret ym. 2021). Toisaalta joissain tutkimuksissa erittäin rankat sateet ovat vähentäneet malarian esiintyvyyttä, sillä ne ovat tuhonneet hyttysten lisääntymisalueita (Okunlola ym. 2019; Millogo ym. 2022). Näissä tutkimuksissa sademäärät ovat kuitenkin olleet huomattavasti suurempia (1000–2000 mm) kuin tämän tutkielman sademäärät (500–700 mm). Tämä voi selittää sen, miksi tässä tutkielmassa sademäärän osalta havaittiin vain malariakuolleisuutta lisäävä yhteys. Lisäksi aiemmat tutkimukset sijoittuvat nykyaikaan ja eri ilmasto- ja ympäristövyöhykkeille, kuten Saharan eteläpuoleiseen Afrikkaan, Nigeriaan ja Burkina Fasaan, joita luonnehtivat trooppiset sademetsä- ja savannivyöhykkeet sekä sadekaudet. Kyseiset ympäristöt poikkeavat huomattavasti Suomen ympäristöolosuhteista, mikä voi vaikuttaa sademäärän ja malarian väliseen yhteyteen. Tutkimukset ovat myös tarkastelleet malariakuolleisuuden sijasta malariatartuntojen yhteyttä sademäärään, mikä poikkeaa tämän tutkielman asetelmasta.

Myös sijainti rannikkoalueella lisäsi malariakuolleisuuden riskiä. Tämä voitiin havaita lisäksi malariakuolleisuuden alueellisesta jakaumasta, joka osoitti korkeimman malariakuolleisuuden kuntien sijaitsevan rannikolla. Aiempi tutkimus ja kolmas hypoteesi tukevat tutkielmani havaintoja rannikkoalueiden korkeammasta kuolleisuusriskistä ei-rannikkoalueisiin verrattuna, sillä rannikot tarjoavat hyttysille usein suotuisia lisääntymispaikkoja, kuten matalia seisovan veden alueita ja kosteikkoja (Maailman terveysjärjestö 2011). Historiallisesti malaria onkin Euroopassa yhdistetty rannikoiden suistoalueiden taudiksi (Reiter 2008; Boualam ym. 2021).

Jokiosuuksien yhteys malariakuolleisuuden riskiin jäi tutkielmassa osittain epäselväksi ja oli kolmannen hypoteesin kanssa osittain yhtenäinen. Tulosten perusteella korkea jokien osuus kasvatti malariakuolleisuuden riskiä verrattuna alhaisen jokiosuuden vertailuryhmään, kun taas kohtalainen jokien osuus vähensi riskiä verrattuna alhaisiin jokiosuuksiin.

Tämä viittaa siihen, että jokiosuuden mahdollinen yhteys malariakuolleisuuteen on epälineaarinen eikä yhtä selkeä kuin muiden ympäristömuuttujien kohdalla. Jokiosuuksien vaihtelevaa yhteyttä malariakuolleisuuteen voivat selittää vektorilajin elinympäristövaatimukset, sillä Suomessa malariaa levittävät hyttyset suosivat matalia, kirkasvetisiä ja suhteellisen pysyviä vesialueita (Jetten & Takken 1994), kun taas virtaavat jokivedet voivat olla niille vähemmän optimaalisia lisääntymispaikkoja. Tämän vuoksi jokialueiden merkitys malariakuolleisuuden riskiin saattaa olla monimutkaisempi ja vaatisi tarkempaa tutkimusta, joka ottaisi huomioon esimerkiksi erilaiset jokityypit. Aiempien tutkimusten perusteella jokialueilla on ollut kuitenkin malariaesiintyvyyttä lisäävä vaikutus, sillä malariaa on havaittu runsaammin alueilla, joissa etäisyys jokiin on ollut lyhyt (Kar ym. 2014; Okunlola ym. 2019; Millogo ym. 2022). Nämä tutkimukset sijoittuvat kuitenkin trooppisille alueille Nigeriaan ja Burkina Fasoon eli eri maantieteelliseen kontekstiin kuin tämä tutkielma, minkä vuoksi niiden tuloksia ei voida suoraan verrata Suomen olosuhteisiin. Lisäksi aiemmissä tutkimuksissa on tarkasteltu malarian esiintyvyyttä, ei kuolleisuutta, mikä voi osaltaan selittää eroavuutta havaintojeni ja aiemman tutkimusnäytön välillä.

Kohtalaiset ja korkeat järviolosuhteet olivat yhteydessä malariakuolleisuuden vähenemiseen. Tulokset olivat ristiriitaisia sekä tutkielman kolmannen hypoteesin että aiemman tutkimusnäytön kanssa. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet malarian olevan yleisempää vesistöjen, kuten järvien ja lampien läheisyydessä, sillä ne toimivat hyttysten lisääntymisalueina (Okunola ym. 2019; Millogo ym. 2022). Eroavuutta havaintojeni ja aiemman tutkimusnäytön välillä voivat selittää samat tekijät kuin jokiosuuksien kohdalla: Suomessa esiintyvä vektorilaji käyttää ensisijaisesti kirkasvetisiä, matalia ja suhteellisen pysyviä vesialueita (Jetten & Takken 1994). Näin ollen pelkkä järvien suhteellinen pinta-ala kunnan pinta-alasta ei todennäköisesti kerro riittävästi niiden toimivuudesta hyttysten lisääntymisympäristönä. Tieto järvien ominaisuuksista (esim. veden kirkkaus, syvyys, kasvillisuus) tarkentaisi ymmärrystä järviolosuhteiden ja malariakuolleisuuden suhteesta. Aikaisemmat tutkimukset sijoittuvat Länsi-Afrikkaan, jossa ympäristöolosuhteet, kuten vesistöjen ominaisuudet eroavat historiallisesta Suomesta. Lisäksi aiempi tutkimus tarkastelee pääasiassa malariatartuntojen esiintyvyyttä kuolleisuuden sijasta, mikä voi myös selittää havaintojeni ja aiemman tutkimusnäytön välistä eroa. Lisäksi malarian levinneisyyteen saattavat vaikuttaa enemmän monet pienet vesialueet kuin muutama iso vesialue (Khelifa & El Saadi 2024). Tämä voi mahdollisesti selittää sen, miksi sademäärä on selvemmin yhteydessä malariakuolleisuuden kanssa, sillä sade muodostaa laajasti useita

pieniä lammikoita ja laajentaa olemassa olevia vesialueita, mikä voi lisätä hyttysten lisääntymispaikkoja ja siten malaria-altistusta (Kar ym. 2014).

Lämpötilan kasvu oli vahvasti yhteydessä korkeampaan malariakuolleisuuteen, mikä oli myös linjassa tutkielman kolmannen hypoteesin kanssa. Lämpötilan yhteyttä malariakuolemiin on tutkittu aikaisemmin sekä historiallisessa Suomessa että Ruotsissa, ja tulokset ovat olleet samansuuntaisia (Hulden ym. 2008; Chen ym. 2021). Ne ovat osoittaneet, että korkeat kesälämpötilat ovat olleet yhteydessä seuraavan vuoden malariakuolemien kasvuun. Lämpötilan lisäävästä vaikutuksesta malariatapausten kasvuun ovat raportoineet muutkin tutkimukset (Kar ym. 2014; Okunola ym. 2019; Alum ym. 2024). Kyseiset tutkimukset on kuitenkin toteutettu trooppisilla alueilla, minkä vuoksi tulosten vertailussa on otettava huomioon ympäristöllisten erojen vaikutus lämpötilan ja malariakuolleisuuden väliseen yhteyteen. Lisäksi aiempi tutkimus tarkastelee pääasiassa malarian esiintyvyyttä kuolleisuuden sijasta, mikä myös vaikeuttaa vertailujen tekemistä.

Vahva yhteys malariakuolleisuuteen havaittiin myös puuston määrän kasvulla ja erityisesti kohtalaisissa puuston määrissä. Tulos oli yhteneväinen kolmannen hypoteesin kanssa, jonka mukaan korkeampi puuston määrä on yhteydessä suurempaan malariakuolleisuuteen. Aiempaa tutkimusta puuston määrän ja malariakuolleisuuden yhteydestä ei ole Suomen kontekstissa, ja maailmanlaajuisestikin tutkimus on keskittynyt lähinnä malarian levinneisyyteen. Kansainvälisesti puuston määrällä on havaittu olevan vaihtelevia yhteyksiä malarian esiintyvyyteen. Osa tutkimuksista osoittaa, että kasvillisuuden tiheydellä ja puustoisilla alueilla on lisäävä yhteys malarian esiintyvyyteen (Wen ym. 2008; Millogo ym. 2022), mutta toisaalta myös metsäkadon on osoitettu lisäävän alueen malariatapauksia (Chaves ym. 2020; Aquirre ym. 2024). Tutkimukset eivät kuitenkaan täysin vertaudu Suomen kontekstiin, sillä ne sijoittuvat Amazonian, Afrikan ja Kaakkois-Aasian alueille, missä ilmasto ja kasvillisuusolosuhteet poikkeavat Suomesta. Tutkimukset kuitenkin viittaavat monimutkaiseen suhteeseen puustoisuuden ja malarian levinneisyyden välillä, johon vaikuttavat sekä muut ympäristötekijät, kuten sademäärä ja lämpötila sekä vektoreina toimivat lajit (Kar ym. 2014). Tämän tutkielman tulokset saattavat viitata siihen, että Suomessa esiintyneet malariavektorit suosivat elinympäristönään puustoisia alueita, mikä puolestaan lisäsi malariakuolleisuuden riskiä näillä alueilla.

Pienempään malariakuoleman riskiin oli yhteydessä karjan määrän kasvu. Korkea ja kohtalainen karjan määrä vähensivät malariakuolleisuuden riskiä, mikä oli linjassa tutkielman kolmannen hypoteesin ja aiempien tutkimusten kanssa. Aiemmat tutkimukset ovat

osoittaneet karjanpidon vähentävän malariatartuntoja (Boualam ym. 2021; Loha 2023; Mwalugelo ym. 2024), sillä hyttysset suosivat ensisijaisena verenlähteenään karjaa ihmisten sijasta. Tartuntojen sijaan malariakuolleisuuden yhteyttä karjan määrään on tutkittu Suomen historiallisessa kontekstissa, jossa nautaeläinten määrällä ei havaittu olevan yhteyttä malariakuolleisuuden vähenemiseen (Hulden & Hulden 2009). Tutkimus on kuitenkin toteutettu eri tavalla kuin tämä tutkielma, sillä siinä käytettiin koko Suomen nautaeläinten vuosittaista maatilakohtaista keskiarvoa, jonka korrelatiivista suhdetta tarkasteltiin vuosittaiseen malariafrekvenssiin. Tämä lähestymistapa kuvaa kansallista pitkän aikavälin korrelaatiota, mutta ei mahdollista alueellisen vaihtelun tarkastelua, eikä ota huomioon mahdollisia selittäviä tekijöitä. Lisäksi tutkimuksessa huomioitiin vain nautaeläinten määrä, kun taas tässä tutkielmassa karjan kokonaismäärään sisällytettiin myös hevoset, lampaat, vuohet, siat ja porot. Tässä tutkielmassa karjan määrän yhteyttä tarkasteltiin kuntatasolla, ja vaikka kuntatason tarkastelu voi peittää alleen paikallista vaihtelua karjan pidossa, historiallisessa Suomessa karjaa pidettiin yleensä asutuksen läheisyydessä (Henriksson 2021). Näin ollen voidaan olettaa, että karjan määrä kunnassa heijastaa suhteellisen hyvin yksilöiden altistumista karjan määrän suojaavalle vaikutukselle.

Tällä tutkielmalla on joitakin rajoituksia, jotka on syytä huomioida tuloksia tulkittaessa. Ensinnäkin ympäristötietoja ei ollut saatavilla kaikista kunnista, joissa malariakuolemia esiintyi, mikä pienensi ympäristöaineiston alueellista kattavuutta verrattuna malariakuolleisuuden kattavuuteen. Tämän seurauksena osa kunnista jäi kokonaan analyysien ulkopuolelle, mikä voi heikentää tulosten edustavuutta. Samat puutteet koskivat myös jatkuvien ja kategoristen logististen regressioanalyysien malleja, joissa tutkittiin ympäristötekijöiden yhteyttä malariakuolleisuuteen. Lisäksi tulosten tulkinnan kannalta olisi ollut eduksi, jos käytettävissä olisi ollut yksilötason tietoa asuinympäristön läheisyydestä, esimerkiksi kotitalouden karjan määrästä tai vesistöjen ja puuston määrästä asuinalueen ympärillä. Toisaalta voidaan olettaa, että kunta-aineisto kuvastaa kohtuullisesti myös yksilötason elinympäristöjä, sillä ihmiset viettävät aikaa myös kodin ulkopuolella. On myös tärkeää korostaa, että tutkimuksessa havaitut yhteydet ovat luonteeltaan korrelatiivisia, eikä niitä voida tulkita syy-seuraussuhteina. Tuloksiin ovat saattaneet vaikuttaa jotkin muut kontrolloimattomat tekijät, esimerkiksi asumisolot, sosiaalinen asema tai maaperän tyyppi, mitkä voivat olla yhteydessä malariakuolleisuuteen, siihen vaikuttaviin ympäristötekijöihin ja vektorilajiin. Lisäksi monet ympäristötekijät, kuten lämpötila, sademäärä ja puuston määrä korreloivat positiivisesti keskenään. Näitä vaikutuksia on pyritty vähentämään käsittelemällä selittäviä ympäristömuuttujia erillisissä malleissa.

Ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksia malariakuolleisuuteen tulisikin jatkossa tutkia enemmän, sillä niiden avulla voidaan mahdollisesti selvittää monimutkaisia yhteyksiä, joita ei yksittäisten muuttujien tarkastelu tuo esiin.

Tutkielman vahvuuksia oli puolestaan erittäin kattava ja laaja yksilö- ja kuntakohtainen aineisto sekä ajallisesti että alueellisesti historiallisesta Suomesta. Lisäksi malariakuolleisuuden tarkastelussa otettiin huomioon aineistossa olevia, tuloksiin mahdollisesti liittyviä tekijöitä, kuten kunta ja kuolinvuosi. Tutkielmassa yhteyksiä kuolleisuuteen tarkasteltiin sekä tilastollisilla menetelmillä että alueellisen jakauman kartoja hyödyntäen, mikä mahdollisti tulosten tarkastelun monipuolisesti eri näkökulmista.

Tutkielmani mukaan on selvää, että yksilö- ja ympäristötekijöillä oli yhteys malariakuolleisuuteen 1750–1850-luvun Suomessa. Tämä tutkielma toi uutta ja arvokasta tietoa malariasta historiallisessa Suomessa ja myös kansainvälisesti, sillä aiempi tutkimus on keskittynyt pääosin malarianesiintyvyyteen eikä kuolleisuuteen. Valtioita, joista malaria on historian kuluessa hävinnyt, on tärkeää tutkia, sillä tällainen tieto voi tarjota arvokkaita vertailukohtia ja tukea nykyisten malarian torjuntastrategioiden kehittämisessä. Ilmastonmuutoksen ja globaalien terveysuhkien, kuten pandemioiden, myötä malarian leviämiseen uudestaan Eurooppaan on syytä suhtautua vakavasti. Esimerkiksi Suomessa on hiljattain havaittu uusi potentiaalinen malariavektori (Culverwell 2020), ja Islannissa raportoitiin hyttysten esiintymisestä ensimmäistä kertaa (Rosi 2025). Nämä havainnot korostavat, kuinka herkästi ympäristöolosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa tartuntatautien vektoreihin ja sitä kautta mahdollisesti uusiin tautiriskeihin. Ympäristötekijöiden ja tartuntatautien yhteys on kuitenkin monimutkainen ja vaikeasti ennustettavissa, minkä vuoksi aihetta on tärkeää tutkia edelleen. Historiallisten ja ilmastotieteellisten aineistojen yhdistäminen voi tulevaisuudessa tarjota syvempää ymmärrystä siitä, miten malaria ja muut vektorivälitteiset taudit reagoivat muuttuviin ympäristöolosuhteisiin sekä miten niiden leviämistä voidaan ehkäistä Euroopassa sekä maailmalla.

5 Kiitokset

Haluan esittää lämpimän kiitoksen kaikille kolmelle ohjaajalleni Mirkka Lahdenperälle, Elisabeth Mikkoselle ja Mark Spalle, jotka ovat neuvoneet, kannustaneet ja innostaneet minua tämän koko prosessin ajan. Olen oppinut teiltä kaikilta aivan valtavan paljon ja jos minulta kysyttäisiin, ketkä ovat akateemisen maailmani supersankarit, vastaisin ehdottomasti teidät. Haluan myös esittää kiitokseni Virpi Lummaalle siitä, että avasit minulle

ovet tutkimusryhmääsi ja annoit minulle idean siemenen lähteä tutkimaan juuri malariaa Suomessa.

Lisäksi haluan vielä kiittää minulle yliopistourani aikana kirsikoiksi muodostuneita ihmisiä: Essiä, Vennyä, Veeraa, Millaa, Maulaa, Annia, Jennyä, Iinaa, Helmiä ja Ronjaa sekä rakasta kumppaniani Sannia. Kuten kiitosten ohjeissa sanotaan ”olette muulla tavalla edesauttaneet työn valmistumista” ja mikä tärkeintä, riippuen päivästä myös välillä hidastaneet sen valmistumista.

Lähteet

- Aguirre, J., Rojas, P., & Yenerall, J. 2024. Spatial spillovers and the relationship between deforestation and malaria: evidence from the Peruvian Amazon. *Journal of Environmental Planning and Management*, 68(7), 1497-1513. <https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2289102>
- Alum, E. U., Ugwu, O. P.-C., Egba, S. I., Uti, D. E., & Alum, B. N. 2024. Climate variability and malaria transmission: unraveling the complex relationship. *INOSR Scientific Research*, 11(2), 16–22. <https://doi.org/10.59298/inosrst/2024/1.1.21622>
- Ayodele, E. J. 2014. Severity and prevalence of malaria infection and effect of anti-malaria drugs on gender differences using some haematological parameters. *International Journal of Hematological Disorders*, 1(1), 1–7. doi: 10.12691/IJHD-1-1-1
- Boualam M. A., Pradines B., Drancourt M., Barbieri R. 2021. Malaria in Europe: a historical perspective. *Frontiers in Medicine*, 8(1), 691095. doi: 10.3389/fmed.2021.691095.
- Briggs, J., Murray, M., Nideffer, J. & Jagannathan, P. 2023. Sex-linked differences in malaria risk across the lifespan. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 441(1), 185–208. doi:10.1007/978-3-031-35139-6_7
- Chaves, L. S. M., Chaves, L. S. M., Fry, J., Malik, A., Geschke, A., Sallum, M. A. M., & Lenzen, M. 2020. Global consumption and international trade in deforestation-associated commodities could influence malaria risk. *Nature Communications*, 11(1), 1258. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14954-1>
- Chen T.T., Ljungqvist F.C., Castenbrandt H., Hildebrandt F., Ingholt M.M., Hesson J.C., Ankarklev, J., Seftigen, K. & Lindholm, H.W. 2021. The spatiotemporal distribution of historical malaria cases in Sweden: a climatic perspective. *Malaria Journal*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12936-021-03744-9>
- Culverwell, C.L., Vapalahti, O.P. & Harbach, R.E. 2020. Anopheles daciae, a new country record for Finland. *Medical and Veterinary Entomology*, 34(2), 145–150. <https://doi.org/10.1111/mve.12431>
- Dondorp, A. M., Lee, S. J., Faiz, M. A., Mishra, S., Price, R., Tjitra, E., Than, M., Htut, Y., Mohanty, S., Yunus, E.B., Rahman, R., Nosten, F., Anstey, N. M., Day, N. P. J., & White, N. J. 2008. The Relationship between age and the manifestations of and mortality associated with severe malaria. *Clinical Infectious Diseases*, 47(2), 151–157. <http://www.jstor.org/stable/40307600>
- Gelband, H., Bogoch, I. I., Rodriguez, P. S., Ngai, M., Peer, N., Watson, L.K. & Jha, P. 2020. Is malaria an important cause of death among adults. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(1), 41–47. doi: 10.4269/AJTMH.20-0036

- Henriksson J. 2021. Navetan uusi elämä: navetta Punkaharjun Vaahersalossa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/755181/Henriksson_Jenna.pdf?sequence=2
- Hjerpe, R. 1989. The Finnish economy 1860–1985: growth and structural change. Bank of Finland publications, Helsinki.
- Hulden, L., Hulden, L. & Heliövaara K. 2008. Natural relapses in vivax malaria induced by Anopheles mosquitoes. *Malaria Journal*, 7(1), 64. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-64>
- Hulden, L., McKittrick, R., & Huldén, L. 2014. Average household size and the eradication of malaria. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A. Statistics in Society*, 177 (3), 725-742.
<https://doi.org/10.1111/rssa.12036>
- Hulden, L. & Hulden, L. 2009 The decline of malaria in Finland – the impact of the vector and social variables. *Malaria Journal*, 8(1), 94. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-94>
- Hulden L. & Hulden L. 2011. Activation of the hypnozoite: a part of plasmodium vivax life cycle and survival. *Malaria Journal*, 10(1), 90. doi: 10.1186/1475-2875-10-90.
- Huldén L., Huldén L. & Heliövaara K. 2005. Endemic malaria: an 'indoor' disease in northern Europe. Historical data analysed. *Malaria Journal*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-4-19>
- Hulden, L. 2011. The first Finnish malariologist, Johan Haartman, and the discussion about malaria in 18th century Turku, Finland. *Malaria Journal*, 10(1), 43. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-43>
- Ileperuma, K., Jampani, M., Sellahewa, U., Panjwani, S. & Amarnath, G. 2023. Predicting malaria prevalence with machine learning models using satellite-based climate information: technical report. International Water Management Institute. CGIAR Initiative on Climate Resilience. 32p.
- Ingholt, M.M., Chen, T.T., Hildebrandt, F., Pedersen, R.K. & Simonsen L. 2022. Temperate climate malaria in nineteenth century Denmark. *BMC Infectious Diseases*, 22(1), 432.
<https://doi.org/10.1186/s12879-022-k07422-2>
- Jampani, M. & Amarnath, G. 2024. Evaluating the impact of climate variability and water hazards on vector-borne disease patterns to develop early warning signals [Abstract only]. Paper presented at the American Geophysical Union Annual Meeting 2024 (AGU24) on What's Next for Science, Washington, DC, USA, 9-13.
- Jetten, T.H & Takken, W. 1994. Anophelism without malaria in Europe: A review of the ecology and distribution of the genus Anopheles in Europe. *Wageningen Agricultural University Papers*, 95-5.
<https://edepot.wur.nl/282997>
- Jordman, P., Honkola T., Rantanen T., Tammi I., Vesakoski O., & Santaharju J. 2024. Data release: Digitized Historical Database of Cultural, Economic, Demographic, and Ecological Data of Finland (CEDEDA). Manuscript in preparation.
- Kallioinen M. 2005. Rutto ja rukous: tartuntataudit esiteollisen ajan Suomessa. Atena, Jyväskylä.
- Kannisto, V., Turpeinen, O., & Nieminen, M. 1999. Finnish life tables since 1751. *Demographic Research*, 1.
- Kar, N. P., Kumar, A., Singh, O. P., Carlton, J. M., & Nanda, N. 2014. A review of malaria transmission dynamics in forest ecosystems. *Parasites & Vectors*, 7(1), 265. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-265>
- Khelifa, A., & El Saadi, N. 2024. The impact of aquatic habitats on the malaria parasite transmission: A view from an agent-based model. *Ecological Modelling*, 487(1), 110547.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110547>

- Kibret, S., McCartney, M., Lautze, J., Nhamo, L. & Yan, G. 2021. The impact of large and small dams on malaria transmission in four basins in Africa. *Scientific Reports*, 11(1), 13355. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92924-3>
- Khagayi, S., Desai, M., Amek, N., Were, V., Onyango, E. D., Odero, C., Otieno, K., Bigogo, G., Munga, S., Odhiambo, F., Hamel, M. J., Kariuki, S., Samuels, A. M., Slutsker, L., Gimnig, J. E. & Vounatsou, P. 2019. Modelling the relationship between malaria prevalence as a measure of transmission and mortality across age groups. *Malaria Journal*, 18(1), 247. doi: 10.1186/S12936019-2869-9
- Kochar, D. K., Thanvi, I., Joshi, A., Shubhakaran, Agarwal, N. & Jain, N. 1999. Mortality trends in falciparum malaria—effect of gender difference and pregnancy. *Journal of Association of Physicians of India*, 47(8), 774–778. doi: 10.7860/JCDR/2014/10055.5280
- Khadanga, S., Thatoi, P. K., Mohapatra, B. N., Mohapatra, N., Mohanty, C. B K. & Karuna, T. 2014. Severe falciparum, malaria-difference in mortality among male and nonpregnant females. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 8(12), 1–4. doi: 10.7860/JCDR/2014/10055.5280
- Lahdenperä M, Salonen M, Hiraoka T, Seltmann MW, Saramäki J, Lummaa V. 2025. Close and more distant relatives are associated with child mortality risk in historical Finland. *Evolutionary Human Sciences*, 7, e5. doi:10.1017/ehs.2024.47
- Loha, E. 2023. Association between Livestock Ownership and Malaria Incidence in South-central Ethiopia: A Cohort Study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 108(6), 1145-1150. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.22-0719>
- Maailman terveysjärjestö (2024). World malaria report. < <https://www.who.int/publications/i/item/9789240104440> > Luettu 7.1.2025
- Maailman terveysjärjestö (2011). Malaria entomology and vector control. < https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/9789241505819_eng.pdf > Luettu 28.8.2025
- Mackenbach, J. P. 2020. A History of Population Health: Rise and Fall of Disease in Europe. *Brill*, Boston.
- McMillen, W. C. 2024. *Pandemics: A Very Short Introduction (2nd edn)*. Oxford University Press, New York.
- Megersa, D. M., & Luo, X. 2025. Effects of climate change on malaria risk to human health: a review. *Atmosphere*, 16(1), 71. <https://doi.org/10.3390/atmos16010071>
- Millogo, A.A, Yaméogo, L., Kassié, D., Ouédraogo, F.C., Guissou, C. & Diabaté A. 2022. Spatial modelling of malaria prevalence associated with geographical factors in Houet province of Burkina Faso, West Africa. *GeoJournal*, 88(2), 1769-1783. doi: 10.1007/s10708-022-10692-7.
- Mwalugelo, Y. A., Mponzi, W. P., Muyaga, L. L., Mahenge, H. H., Katusi, G. C., Muhonja, F., Omondi, D., Ochieng, A. O., Kaindoa, E. W., & Amimo, F. 2024. Livestock keeping, mosquitoes and community viewpoints: a mixed methods assessment of relationships between livestock management, malaria vector biting risk and community perspectives in rural Tanzania. *Malaria Journal*, 23(1), 213. doi:10.1186/s12936-024-05039-1.
- Nitch A, Fauries C, Lummaa V. 2016. Sibship effects on dispersal behaviour in a pre-industrial human population. *Journal of Evolutionary Biology*, 29(10), 1986-1998. DOI: 10.1111/jeb.12922
- Nummenmaa, L. & Leino T. 2021. Tilastotieteen käsikirja. Tammi, Helsinki.
- Okunlola, O.A. & Oyeyemi, O.T. 2019. Spatio-temporal analysis of association between incidence of malaria and environmental predictors of malaria transmission in Nigeria. *Scientific Reports* 9(1), 17500. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53814-x>

- Otte im Kampe, E., Müller, O., Sie, A & Becher H. 2015. Seasonal and temporal trends in all-cause and malaria mortality in rural Burkina Faso, 1998–2007. *Malaria Journal*, 14(1), 300. <https://doi.org/10.1186/s12936-015-0818-9>
- Reiter K. 2008. Global warming and malaria: knowing the horse before hitching the cart. *Malaria Journal*, 7(1), S3. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-7-S1-S3>
- Rosi, C. 2025. Islannista löytyi kolme hyttystä. *Helsingin sanomat*. <<https://www.hs.fi/maailma/art-2000011574811.html>> Luettu 30.10.2025
- Santaharju, J., Syrjänen K., Honkola T., Perttu S., Vesakoski O. & Leino U. P. 2025. Data release: digitized dialect atlas of Finnish by Lauri Kettunen. *Digital Humanities in the Nordic and Baltic Countries Publication*, 7(3). DOI: 10.5617/dhnpub.12270
- Suomen sukututkimusseura (2025). Sukututkimus, kirkonkirjat. <<https://www.genealogia.fi/kirkonkirjat/>> Luettu: 20.10.2025.
- SVT = Suomen virallinen tilasto. 1999. Väestötilastoja 250 vuotta: Katsaus väestötilaston historiaan vuosina 1749–1999. Tilastokeskus, Helsinki 1999.
- Wen, L., Shi, R. H., Fang, L. Q., Xu, D. Z., Li, C.-Y., Wang, Y., Yuan, Z. Q., & Zhang, H. 2008. Spatial epidemiological study on malaria epidemics in Hainan province. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*, 28(6), 581-585.
- Westenberger, S. J., McClean, C. M., Chattopadhyay, R., Dharia, N. V., Carlton, J. M., Barnwell, J. W., Collins, W. E., Hoffman, S. L., Zhou, Y., Vinetz, J. M. & Winzeler, E. A. 2010. A system-based analysis of plasmodium vivax lifecycle transcription from human to mosquito. *Plos Neglected Tropical Diseases*, 4(4), e653. doi: 10.1371/journal.pntd.0000653

Liitteet

Liite 1. Ympäristömuuttujien välinen korrelaatiomatriisi.

Taulukko 12. Ympäristömuuttujien riippuvuutta toisistaan havainnollistettiin Pearsonin korrelaatiotestillä. Lämpötilan ja sademäärän välillä ($r: 0,63$) oli vahva positiivinen korrelaatio ($0,5-1$). Lämpötilan ja puuston määrän välillä ($r: 0,41$) sekä puuston määrän ja sademäärän välillä ($0,37$) oli kohtalainen positiivinen korrelaatio ($0,3-0,5$). Vahva negatiivinen korrelaatio ($-0,5- -1$) voitiin havaita jokien ja järvien osuuksien välillä ($-0,51$) eli alueilla, joissa oli järvipinta-alaa, oli vähemmän jokipinta-alaa. Karjan määrä korreloi heikosti muiden ympäristömuuttujien kanssa.

	Lämpötila	Sademäärä	Puuston määrä	Järvien osuus	Jokien osuus	Karjan määrä
Lämpötila	1,0	0,63	0,41	-0,17	0,19	-0,14
Sademäärä	0,63	1,0	0,37	-0,08	0,19	-0,02
Puuston määrä	0,41	0,37	1,0	0,31	-0,20	0,15
Järvien osuus	-0,17	-0,08	0,31	1,0	-0,51	0,21
Jokien osuus	0,19	0,19	-0,20	-0,51	1,0	-0,09
Karjan määrä	-0,14	-0,02	0,15	0,21	-0,09	1,0

Liite 2. Perusmallin ja kategoristen mallien parittaisvertailujen tulostaulukko.

Taulukko 13. Perusmallin (N=1882554) ja kategoristen mallien (N=1531317) muuttujien parittaisten vertailujen tulostaulukko. Vertailu-sarakkeessa ensimmäinen ryhmä on se, joka on merkitty jakoviivan vasemmalle puolelle, ja sitä verrataan jakoviivan oikealla puolella olevaan vertailuryhmään. Odds-suhde kuvaa siis vasemmalla olevan ryhmän malariakuoleman riskiä suhteessa oikealla olevaan ryhmään. Kun odds-suhde-arvo on suurempi kuin yksi, niin riski kuolla malariaan on suurempi ja kun arvo on alle yksi, niin riski on alhaisempi verrattuna vertailuryhmään.

Muuttuja	Vertailu	Odds-suhde	95 % luottamusväli	p-arvo
Ikä				
	5–20 v / 20–50 v	0,71	0,63–0,80	<0,001
	5–20 v / 50–70 v	0,69	0,61–0,77	<0,001
	5–20 v / 70–100 v	1,49	1,3–1,7	<0,001
	20–50 v / 50–70 v	0,96	0,88–1,1	0,81
	20–50 v / 70–100 v	2,08	1,8–2,4	<0,001
	50–70 v / 70–100 v	2,16	1,9–2,5	<0,001
Vuodenaika				
	kesä / syksy	2,0	1,8–2,2	<0,001
	kesä / talvi	2,1	1,9–2,3	<0,001
	syksy / talvi	1,1	0,94–1,2	0,57
Sademäärä				
	kohtalainen / korkea	0,75	0,69–0,83	<0,001
Järvien osuus				
	kohtalainen / korkea	0,72	0,64–0,80	<0,001
Jokien osuus				
	kohtalainen / korkea	0,68	0,60–0,77	<0,001
Lämpötila				
	kohtalainen / korkea	0,50	0,46–0,54	<0,001
Puuston määrä				
	kohtalainen / korkea	2,1	1,9–2,3	<0,001
Karjan määrä				
	kohtalainen / korkea	0,75	0,69–0,83	<0,001

Liite 3. Ympäristömuuttujien jatkuvien mallien tulostaulukot.

Taulukko 14. Sademäärämuuttujan jatkuvan mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. Ympäristötekijä (sademäärä) on analysoitu jatkuvana muuttujana, joka on standardoitu. Odds-suhde kuvaa muutosta malariakuolleisuuden todennäköisyydessä yhtä ympäristötekijän (sademäärän) keskihajonnan lisäystä kohti. Kategorisille muuttujille (ikä, sukupuoli, vuodenaika) esitetään mallin kokonaismerkitsevyys uskottavuusosamäärätestin (χ^2) perusteella. N=1531317.

Muuttuja	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-7,1 \pm 0,13		-55,0	
Sademäärä	0,38 \pm 0,02	1,5 (1,4, 1,5)	24,0	< 0,001
Ikä				<0,001
Sukupuoli				0,42
Vuodenaika				<0,001

Taulukko 15. Järvisuusmuuttujan jatkuvan mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. N=1531317.

Muuttuja	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-7,08 \pm 0,13		-55,0	
Järvien osuus	-0,08 \pm 0,02	0,92 (0,89, 0,95)	-5,1	< 0,001
Ikä				<0,001
Sukupuoli				0,36
Vuodenaika				<0,001

Taulukko 16. Jokiosuusmuuttujan jatkuvan mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. N=1531317.

Muuttuja	Estimaatti \pm SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-7,1 \pm 0,13		-55,0	
Jokien osuus	-0,05 \pm 0,02	0,95 (0,92, 0,98)	-3,1	0,002
Ikä				<0,001
Sukupuoli				0,36
Vuodenaika				<0,001

Taulukko 17. Lämpötilamuuttujan jatkuvan mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. N=1531317.

Muuttuja	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-7,3 ± 0,13		-57,0	
Lämpötila	0,89 ± 0,03	2,4 (2,3, 2,6)	36,0	< 0,001
Ikä				<0,001
Sukupuoli				0,58
Vuodenaika				<0,001

Taulukko 18. Puuston määrän muuttujan jatkuvan mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. N=1531317.

Muuttuja	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-7,1 ± 0,13		-55,0	
Puuston kuutiomäärä	0,04 ± 0,02	1,1 (1,0, 1,1)	2,7	0,007
Ikä				<0,001
Sukupuoli				0,38
Vuodenaika				<0,001

Taulukko 19. Karjan määrä -muuttujan jatkuvan mallin tulokset sekä malliin sisällytettyjen sekoittavien tekijöiden kokonaismerkitsevyydet. N=1531317.

Muuttuja	Estimaatti ± SE	Odds-suhde (95 % luottamusväli)	z-arvo	p-arvo
Vakiotermi	-7,1 ± 0,13		-55,0	
Karjan määrä	-0,1 ± 0,02	0,93 (0,91, 0,96)	-4,3	<0,001
Ikä				<0,001
Sukupuoli				0,37
Vuodenaika				<0,001

