



FINSCAPES-skenaariot ilmastonmuutostutkimuksen ja pääöksenteon tueksi: keskeiset tulokset Pohjois-Karjalalle

Timothy R. Carter, Kirsti Jylhä, Taru Palosuo,
Stefan Fagerström, Stefan Fronzek, Niina Kautto,
Anna Lipsanen, Sanna Luhtala, Nina Pirttioja,
Karoliina Rimhanen, Kimmo Ruosteenoja & Reija Ruuhela



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Teemme tiedolla toivoa. | syke.fi | [finscapes](https://finscapes.fi)



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

FINSCAPES-skenaariot ilmastonmuutostutkimuksen ja pääöksenteon tueksi: keskeiset tulokset Pohjois-Karjalalle

Timothy R. Carter ¹⁾, Kirsti Jylhä ²⁾, Taru Palosuo ³⁾, Stefan Fagerström ¹⁾,
Stefan Fronzek ¹⁾, Niina Kautto ³⁾, Anna Lipsanen ¹⁾, Sanna Luhtala ²⁾, Nina Pirttioja ¹⁾,
Karoliina Rimhanen ³⁾, Kimmo Ruosteenoja ²⁾ & Reija Ruuhela ²⁾

Suomen ympäristökeskus (Syke) ¹⁾
Ilmatieteen laitos ²⁾
Luonnonvarakeskus (Luke) ³⁾

Rahoittaja: Tutkimusta ja päätöksentekoa tukevien kansallisten ilmastonmuutoksen skenaarioiden alueelliset ja järjestelmätason ulottuvuudet (FINSCAPES) on nelivuotinen konsortiohanke (2021–2024), jota rahoitettiin Suomen Akatemian erityisrahoituksella ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja sopeutumisen järjestelmätasoiselle tutkimukselle (pääötösnunero 341977).

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (Syke), Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

Kannen kuva: Adobe Stock

Julkaisuvuosi: 2024



Suomen Akatemia
Finlands Akademi
Research Council of Finland



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

FINSCAPES-projektissa käytetyt keskeiset käsitteet aakkosjärjestyksessä

Ajuri (driver): Ajureilla viitataan tässä yhteydessä sellaisiin asioihin, jotka vaikuttavat eri ilmiöiden, kuten esimerkiksi ilmaston tai yhteiskunnan sosioekonomisen tilanteen, kehitykseen. Käytettyjä ajureita ovat mm. talous, teknologia, turvallisuus, koulutus ja hallintotapa.

Altistuminen (exposure): Altistumisella tarkoitetaan ihmisten ja yhteisöjen, elinkeinojen, luontoympäristön, ekosysteemipalveluiden ja luonnonvarojen, infrastruktuurin tai pääoman sijoittumista sellaiseen paikkaan tai olosuhteisiin, joihin vaaratekijä kohdistuu.

Haavoittuvuus (vulnerability): Riskin kohteen ominaisuudet, jotka lisäävät herkkyyttä potentiaalista vahinkoa tai vaaraa aiheuttavalle ilmiölle. Haavoittuvuutta lisäävät esimerkiksi matala tulo- tai koulutustasaste tai erilaiset sairaudet.

Hillintä (mitigation): Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja hiilinieluista (mm. metsät) huolehtiminen erilaisin toimenpitein.

Ilmastoennuste (climate projection): Ilmastomalleihin perustuva arvio tulevista ilmasto-olosuhteista. Arvio on ehdollinen siinä mielessä, että se tyypillisesti perustuu johonkin tiettyyn oletukseen tulevista kasvihuonekaasujen ja hiukkasten päästöistä ja pitoisuuksista ilmakehässä tai esimerkiksi maailmanlaajuisen lämpenemisen oletettuun tasoon tulevaisuudessa.

Ilmastoriski (climate risk): Ilmastoriskillä tarkoitetaan ilmaston ja sään ja niiden kehityksen aiheuttamia mahdollisia suoria ja epäsuoria vaikutuksia ihmistoiminnalle, elinkeinoille ja ympäristölle. Riskin muodostumiseen vaaditaan vaaratekijä, sille altistuminen ja riskin kohteen haavoittuvuus.

Järjestelmä (system): Monimutkainen verkosto toisiinsa kytkeytyneitä yhteiskunnallisia sektoreita, toimijoita ja instituutioita, jotka muodostavat kokonaisuuden, jolla on tärkeä rooli yhteiskunnan toiminnan kannalta alueellisella tai kansallisella tasolla. Nämä järjestelmät voivat muodostaa osia suuremmista järjestelmistä.

Narratiivi (narrative): Kehityspolun sanallinen kuvaus, joka keskittyy sosioekonomisiin muutoksiin. Narratiivit kuvailevat yhteiskunnallista muutosta ja sosioekonomista kehitystä erilaisten ajurien pohjalta vaihtoehtoisissa tulevaisuuksissa.

Skenaario (scenario): FINSCAPES-projektissa käytetään kuvailevia tutkimusskenaarioita, jotka esittävät mahdollisia tulevaisuuden kehityskulkuja, jotka perustuvat tietoihin jo toteutuneista muutoksista ja vaihtoehtoihin oletuksiin tulevasta kehityksestä. Ilmastomuutostutkimuksessa yleisesti käytettävät globaalit sosioekonomiset SSP-kehityspolut ovat kuvailevia skenaarioita.

Sosioekonominen kehitys (socioeconomic development): Kuvaa yhteiskunnallista kehitystä mm. väestön, bruttokansantuotteen ja muiden sosioekonomisten tekijöiden osalta, joilla on merkitystä ilmastomuutoksen vaikutusten ymmärtämisessä. Esimerkkejä sosioekonomisista tekijöistä ovat sosiaalisen, koulutuksellisen ja taloudellisen kehityksen taso, poliittiset päätökset sekä käytettävissä oleva teknologia.

Sopeutuminen (adaptation): Ilmastomuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan toimia, joilla varaudutaan ja mukaudutaan ilmastomuutokseen ja sen vaikutuksiin. Sopeutuminen kattaa myös toimia, joiden avulla voidaan hyötyä ilmastomuutokseen liittyvistä vaikutuksista.

Sopeutumistarina (adaptation-story): Tulevaisuuteen sijoittuvia kuvitteellisia kertomuksia eri ihmisten paikallisista kokemuksista siitä, miten he ovat sopeutuneet muuttuneeseen ilmastoon ja yhteiskuntaan. Joissakin yhteyksissä näitä tarinoita voidaan kutsua myös ilmastotarinoiksi.

SSP (Shared Socioeconomic Pathway): Sosioekonomiset kehityspolut ovat viisi vaihtoehtoista maailmanlaajuista sosioekonomista kehityskulkua (SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 ja SSP5), jotka sisältävät sekä laadullisia että määrällisiä elementtejä. FINSCAPES-projektissa SSP:itä käytetään kahdella tavalla:

1) sosioekonomisissa narratiiveissa, joissa kuvaillaan tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi ihmisten ja paikallisten järjestelmien altistumiseen ja haavoittuvuuteen ilmastomuutoksen vaikutuksille. Näissä SSP-poluissa ei suoraan huomioida ilmastopolitiikan mahdollisia vaikutuksia;

2) ilmastoennusteiden laatimiseen, jotka FINSCAPES-projektissa ovat SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 ja SSP5-8.5. Tässä yhteydessä SSP:t yhdistetään hillintäpolitiikkaa koskeviin oletuksiin, jotta voidaan kehittää vaihtoehtoisia säteilypakotteeseen perustuvia skenaarioita. Nämä tiedot syötetään maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin, jotta voidaan ennustaa, miten ilmasto kehittyy. Desimaaliarvot viittaavat neljään säteilypakotetasoon, jotka saavutetaan vuoteen 2100 mennessä: 2,6 W/m² edellyttää voimakkaita hillintätoimia, jotta maapallon lämpötila pysyisi alle Pariisin ilmastopimuksen tavoitteen, joka on 2°C yli esiteollisen ajan tason. Korkeammat pakotetasot (4,5, 7,0 ja 8,5 W/m²) merkitsevät suurempia päästöjä, jotka eivät täytä Pariisin tavoitteita ja johtavat siten ilmaston suurempaan lämpenemiseen.

Säteilypakote (radiative forcing): Ilmastojärjestelmään imeytyvän auringonsäteilyn ja Maasta avaruuteen poistuvan pitkäaaltoisen säteilyn erotusta kutsutaan maapallon säteilytaseeksi. Säteilypakote kuvaa sitä säteilytaseen epätasapainoa, jonka erilaiset ilmastoa muuttavat tekijät aiheuttavat ilmastojärjestelmässä. Säteilypakotetta mitataan säteilytehon (wattia) määrällä neliometriä kohden.

Vaaratekijä (hazard): Säähän tai ilmastoon liittyvä ilmiö tai sen kehitys, esimerkiksi myrsky, helleaalto tai rankkasade.

Vaikutus (impact): Ilmastomuutoksen vaikutukset voidaan jakaa karkeasti suoriin ja välillisiin vaikutuksiin. Sääilmiöiden muutokset, kuten kuivuus ja lämpöaallot, ovat esimerkkejä suorista vaikutuksista, jotka voivat vaikuttavaa välillisesti ihmistoimintaan ja luonnonympäristöihin. Vaikutukset voivat ilmetä välittömästi tai vähitellen ajan myötä.

Lähteet: IPCC ^{1, 2, 3}; MMM ^{4, 5}; Ympäristöministeriö ⁶

¹ Agard ym. (2014), https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-AnnexII_FINAL.pdf

² Hewitson ym. (2014), https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap21_FINAL.pdf

³ IPCC (2023), https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_AnnexesIndex.pdf

⁴ MMM (2023), <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165337>

⁵ Ruuhela ym. (2023), <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164670>

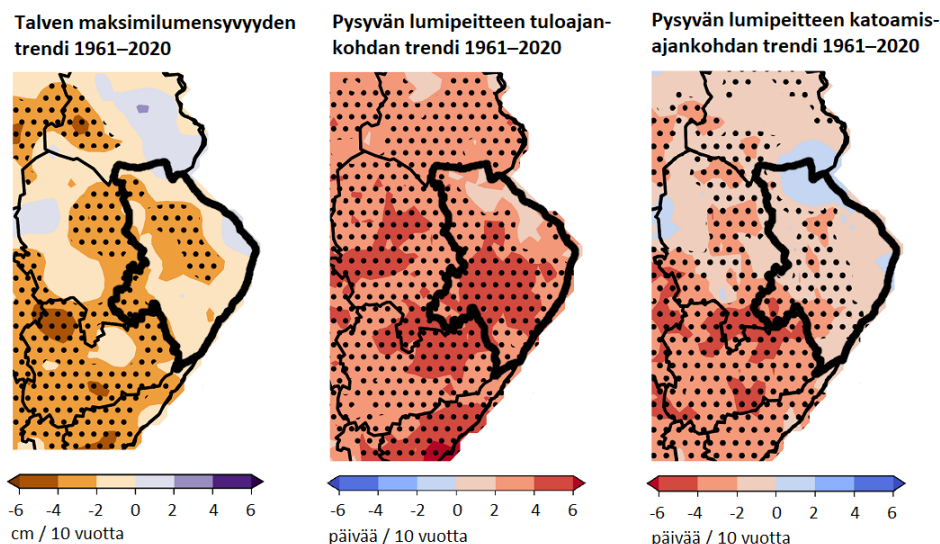
⁶ Ympäristöministeriö (2017), <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4748-7>

Miksi skenaariot ovat hyödyllisiä?

Tulevaisuus on epävarma, ja Pohjois-Karjalalla on edessään haasteita valmistautuessaan ilmastonmuutoksen mahdollisiin vaikutuksiin. Tulevia muutoksia ilmastossa tai sosioekonomisissa olosuhteissa, jotka vaikuttavat ilmastonmuutoksille altistumiseen tai herkkyyteen näille muutoksille, ei voida ennustaa luotettavasti. Epävarmuutta voidaan kuitenkin arvioida laatimalla vaihtoehtoisia skenaarioita, joiden avulla tutkitaan, mitä tulevaisuudessa voisi tapahtua ja etsitään mahdollisia tulevaisuuden kehityssuuntia. Ne voivat myös auttaa suunnittelemaan sopeutumista tulevaan ilmastonmuutokseen, sillä ne tarjoavat mahdollisuuden testata sopeutumisstrategioiden ja -toimenpiteiden toimivuutta erilaisissa tulevaisuuksissa. Tässä taustadokumentissa esitetään yhteenveto Pohjois-Karjalan maakunnan alueelle tuotettujen FINSCAPES-skenaarioiden pääpiirteistä⁷.

Ilmastonmuutos vaikuttaa jo nyt Pohjois-Karjalaan

Pohjois-Karjalan ilmasto on muuttumassa, ja tämä vaikuttaa alueen luontoon ja ihmisiin sekä heidän elinkeinoihinsa. Vähitellen toteutuvia, pitkäaikaisten havaintojen paljastamia vaikutuksia ovat esimerkiksi kasvukauden piteneminen⁸, kasvi- ja eläinlajien levinneisyyden muutokset,⁹ sekä lumilajien harrastuskauden lyhentyminen¹⁰. Pohjois-Karjalassa lumisen kauden pituus on lyhentynyt jakson 1961–2020 aikana noin viikon vuosikymmenessä (kuva 1)¹⁰.



Kuva 1. Lumen vuotuisen maksimisyyvyyden (vasemmalla) sekä pysyvän lumipeitteen alkamispäivän (keskellä) ja päättymispäivän (oikealla) muutos vuosina 1961–2020 aikana vuosikymmentä kohden. Varjostus osoittaa alueet, joilla muutokset ovat olleet tilastollisesti merkitseviä.⁴

Ilmastonmuutos vaikuttaa myös monien äärevien sääolojen esiintymiseen ja voimakkuuteen, ja niiden seuraukset voivat näkyä nopeastikin. Näistä esimerkkejä ovat ihmisten ja eläinten lisääntyvä kuolleisuus, sairaudet ja tuottavuuden väheneminen helleaaltojen aikana, samoin kuin äkkitulvat rankkojen sadekuurojen seurauksena ja voimakkaiden tuulten aiheuttamat metsä-, infrastruktuuri- ja omaisuusvahingot. Esimerkistä vuoden suurin yhden vuorokauden sademäärä kasvoi monin paikoin Pohjois-Karjalaa vuosien 1969–2020 aikana¹¹. Ilmaston muutosten lisäksi niiden seurausten suuruus riippuu myös siitä, miten herkkiä tai

⁷ Lisätietoa hankkeesta löytyy osoitteesta: <https://www.syke.fi/hankkeet/finscapes>

⁸ Peltonen-Sainio ym. (2018), <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1275-5>

⁹ Huikkunen ym. (2024), <http://hdl.handle.net/10138/577595>

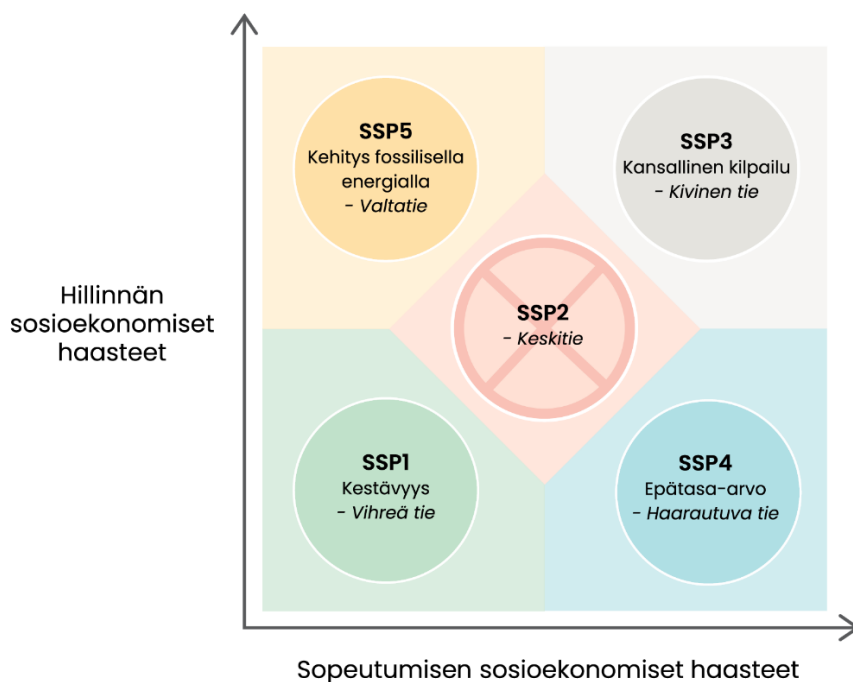
¹⁰ Luomaranta ym. (2019), <https://doi.org/10.1002/joc.6007> Ilari Lehtosen (IL) päivittämänä

¹¹ Note that increases are typically not statistically significant (Dyrrdal ym. 2021), <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100965>

haavoittuvia eri järjestelmät ja yhteisöt ovat niille muutoksille, joille ne altistuvat. Altistumiseen ja herkkyyteen voivat vaikuttaa voimakkaasti sosioekonomiset tekijät, kuten väestörakenne, sosiaalinen asema ja terveydenhuollon saatavuus. Siksi on olennaista ymmärtää sekä itse ilmastonmuutosta että alueen sosiaalisia ja taloudellisia olosuhteita, kun haluamme kunnolla selvittää ilmastonmuutoksen seurausten voimakkuutta ja laajuutta.

FINSCAPES-skenaarioiden osa-alueet

FINSCAPES-hanke¹² on tehnyt tiivistä yhteistyötä Pohjois-Karjalan sidosryhmien kanssa luodakseen yhdessä joukon alueellisia skenaarioita ilmastonmuutokseen varautumisen tueksi. Näiden avulla voidaan käsitellä vaikutuksia kolmeen paikallisten asiantuntijoiden tunnistamaan, erityistä huomiota vaativaan järjestelmään: biokiertotalous-, palvelu- ja ruokajärjestelmä. Skenaariot perustuvat maailmanlaajuisiin sosioekonomisiin kehityspolkuihin (SSP), jotka kuvaavat tulevaisuuden vaihtoehtoisia sosioekonomisia kehityskulkuja¹³ (kuva 2). Kukin kehityspolku kuvastaa ilmastonmuutokseen sopeutumiseen ja sen hillintään liittyvien suurempien tai pienempien haasteiden yhdistelmää. Näitä käytetään laajalti eri puolilla maailmaa. SSP-kehystä käytetään FINSCAPES-hankkeessa kuvaamaan Pohjois-Karjalan olosuhteiden kahta osa-aluetta 2050-luvulle ja siitä eteenpäin: sosioekonomista kehitystä ja ilmastoa. Nämä kaksi osa-aluetta voidaan liittää integroiduiksi skenaarioiksi, joita voidaan soveltaa tulevaisuuden suunnittelussa. Lisäksi ns. sopeutumistarinoilla annetaan esimerkkejä siitä, miltä nämä tulevaisuuden skenaariot voisivat näyttää paikallisten ihmisten silmin. Sopeutumistarinat ovat tulevaisuuteen sijoittuvia fiktiivisiä kuvauksia siitä, miten eri yksilöt ovat oppineet sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon.



Kuva 2. Viisi sosioekonomista kehityspolkua (SSP). SSP2-vaihtoehto jätettiin pois FINSCAPES-hankkeesta.

¹² Tutkimusta ja päätöksentekoa tukevien kansallisten ilmastonmuutoksen skenaarioiden alueelliset ja järjestelmätason ulottuvuudet (FINSCAPES) on nelivuotinen konsortiohanke (2021-2024), jota rahoitetaan Suomen Akatemian erityisrahoituksella ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja sopeutumisen järjestelmätasoiselle tutkimukselle.

¹³ Katso FINSCAPES Info 2/2022, <https://www.syke.fi/hankkeet/finscapes>

Pohjois-Karjalan sosioekonomiset narratiivit

Narratiiveissa kuvataan keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat paikallisten järjestelmien sekä ihmisten altistumiseen ja haavoittuvuuteen ilmastomuutoksen vaikutuksille. Ne on luotu yhdessä Pohjois-Karjalan sidosryhmien kanssa neljää sosioekonomista kehityspolkua varten (kuva 2). Narratiivien kehittämisen prosessi esitetään kuvassa 3. Kukin alueellinen narratiivi on jäsennelty alueelle tunnistettujen tärkeiden järjestelmien kannalta keskeisten muutoksen sosioekonomisten ajureiden mukaan. Laajat SSP-narratiivit ovat saatavilla hankkeen verkkosivustolla⁷; lyhyet versiot esitetään seuraavalla neljällä sivulla. Lisäksi paikallinen taiteilija Sanna Hukkanen sai tehtäväkseen visualisoida kunkin SSP:n narratiivit henkilökohtaisen tulkinnan pohjalta. Nämä kuvitukset on esitetty narratiivien rinnalla.



Kuva 3. SSP-pohjaisten sosioekonomisten narratiivien keskeisimmät osa-alueet Pohjois-Karjalalle.

Vaikka kukin narratiivi tarjoaa monipuolisen kuvauksen tulevaisuuden sosioekonomisesta kehityksestä, ne eivät välttämättä täytä kaikkia tulevaisuuden muutoksiin valmistautuvien analyttikkojen tarpeita. Toisin kuin ilmastoennusteet, jotka ovat yleensä määrällisiä, narratiivit ovat täysin laadullisia tulevaisuuden kuvauksia. Aluesuunnittelun ja -tutkimuksen sovelluksissa, kuten riskimallinnuksessa tai taloudellisessa kustannuslaskennassa, tarvitaan numeerisia kuvauksia tulevista sosioekonomisista trendeistä, jolloin trendeistä voi narratiivien pohjalta tuottaa myös määrälliset kuvaukset. Yksi lähestymistapa on tunnistaa muutamia analyysin kannalta tärkeitä sosioekonomisia indikaattoreita. Asiantuntijat arvioivat kunkin indikaattorin osalta sen mahdollisen kehityksen suuntauksia tulevaisuudessa. Tämä tapahtuu narratiivin tulkinnan perusteella ja usein historiallisiin havaintoihin tukeutuen. Ensimmäisenä askeleena voidaan käyttää esimerkiksi yksinkertaisia muutoksen suuntaa kuvaavia nuolia (esim. ylös, alas tai ei muutosta)¹⁴. Täysin kvantitatiivisten trendien luominen edellyttää kuitenkin kehittyneempiä menetelmiä. Koska määrällisen arvioinnin tarpeet ovat hyvin tapauskohtaisia ja koska tällaiset menettelyt ovat vaativia, FINSCAPES-hankkeessa tähän ei ole pyritty.

¹⁴ Lehtonen ym. (2021), <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01734-2>

SSP1 Kestävyys – Vihreä tie

Pohjois-Karjalassa edistetään kestävästä kehityksestä koulutukseen ja tutkimukseen tukeutuen. Yhteiskunnallinen muutos on kaikille väestöryhmille oikeudenmukainen. Alueellinen yhteistyö ja ekologisten tuotteiden kysyntä kasvavat samalla, kun kulutusta ohjataan kestäväan suuntaan. Kestävät elämäntavat ja paremmin saavutettavat luontokohteet lisäävät kansalaisten hyvinvointia ja terveyttä. Joensuun rooli Euroopan metsäpääkaupunkina vahvistaa alueen panosta vihreässä siirtymässä. Muutosvastaisuutta ja konflikteja kuitenkin esiintyy.



Kuva 4. Taiteilijan tulkinta Pohjois-Karjalan SSP1-narratiivista. © Sanna Hukkanen

Vahva talouskasvu perustuu vihreään siirtymään luoden uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Pohjois-Karjala on näkyvä toimija kansainväliselläkin tasolla ja tuottaa kestävyys siirtymän huipputasajia. Karjalatalouden kannattavuus kärsii, mutta se säilyy tärkeänä osana ruokaturvaa ja luonnon monimuotoisuuden ylläpidon apuna. Luomu- ja lähiruokatuotanto kasvavat, samoin kuin metsien hyödyntäminen luonnontuotteiden keruussa. Biotalous alalla työpaikat lisääntyvät.

Pohjois-Karjala hyödyntää bioenergiaa, vaihtoehtoisia energiatuotteita ja energian varastointiratkaisuja. Teknologinen kehitys tukee kestävästä energiaoptimointia ja älyteknologian hyödyntämistä. Uusiutuvan energian, kuten tuuli- ja aurinkovoiman, käyttö lisääntyy, mutta tuo mukanaan haasteita maankäytössä ja synnyttää ristiriitoja luonnon monimuotoisuuden suojelun kanssa. Fossiilisten polttoaineiden kallistuminen aiheuttaa energiaköyhyyttä osassa väestöä.

Kestävä metsänhoito ja luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen ovat keskiössä. Metsien virkistyskäyttö ja ekosysteemipalveluiden tarjoaminen lisääntyvät. Vesistöjen ja metsien tila paranee, mikä tukee biodiversiteetin säilymistä ja parantaa yleistä ympäristön laatua. Luontomatkailun lisääntyminen johtaa kuitenkin jokaisenoikeuksien rajoittamiseen herkkien biotooppien suojelemiseksi.

SSP3 Kansallinen kilpailu – Kivinen tie

Kun kansainvälinen yhteistyö ja kaupankäynti romahtavat, Pohjois-Karjala kohtaa merkittäviä haasteita. Aluekeskukset kuihtuvat ja varallisuus siirtyy yhä enemmän kaupunkeihin, mikä syventää alueellista eriarvoisuutta. Vastakkainasettelu, epäluottamus ja muukalaisviha yleistyvät yhteiskunnassa samalla, kun lähipiirin rooli korostuu. Perinteiset elämäntavat kasvattavat suosiotaan.



Kuva 5. Taiteilijan tulkinta Pohjois-Karjalan SSP3-narratiivista. © Sanna Hukkanen

Kansainvälisen osaamisen hyödyntämisen heikentyminen johtaa yleisen tietotason laskuun. Osaavan työvoiman saaminen vaikeutuu. Vienti romahtaa ja alueen elinkeinorakenteet joutuvat paineen alle. Toisaalta yhteistyötä eri sektorien ja organisaatioiden välillä pyritään ylläpitämään. Bioenergia ja metsätalous tarjoavat lievitystä taloudellisiin haasteisiin, mutta pirstoutunut elinkeinorakenne vaatii uudelleenjärjestelyjä ja innovaatioita, joita on vaikea toteuttaa vallitsevassa tilanteessa.

Pohjois-Karjala pyrkii hyödyntämään paikallisia bioenergiavarantoja ja vahvistaa siten Suomen energiahuoltovarmuutta. Vaikea taloustilanne ja raaka-aineiden puute lisäävät kiertotalouden kasvua. Infrastruktuuriin sijoitetaan vähän, ja alueen eristymisen sekä taloudellinen taantuma näkyvät laiminlyötynä ja rapistuvana infrastruktuurina.

Luonnonvarojen intensiivinen käyttö jatkuu ja ympäristönsuojelun väheneminen johtaa luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen. Kansallispuistot ja suojelualueet on lakkautettu tai niiden suojelua on heikennetty. Luonnontuotteiden arvostus nousee, mutta niiden vaikean saatavuuden vuoksi niistä on tullut luksustuote. Luonnon virkistyskäyttö vähenee ja ihmisten yhteys luontoon heikkenee. Ihmisten terveydentila heikkenee elintamosairauksien lisääntyessä ja eliniän odotteen lyhentyessä. Väestön ikääntyminen ja nuorten ikäluokkien pienentyminen kuormittavat vanhuspalveluita ja julkista taloutta.

SSP4 Epätasa-arvo – Haarautuva tie

Eriarvoistuvassa maailmassa tasa-arvo heikkenee myös Pohjois-Karjalassa. Valta ja varallisuus keskittyvät yhä enemmän harvoille, ja koulutus epätasa-arvoistuu. Terveyspalvelut polarisoituvat, ja elintasosairaudet lisääntyvät köyhillä alueilla, kun taas eliitti nauttii korkeatasoisista palveluista. Kaupungistuminen kiihtyy, ja maaseutu kärsii autoitumisesta. Yhteiskunnalliset jännitteet kasvavat, kun ihmiset kokevat mahdollisuuksiensa vaikuttaa elämäänsä heikkenevän. Kansalaisten luottamus yhteiskuntaan vähenee ja turvattomuuden tunne kasvaa.



Kuva 6. Taiteilijan tulkinta Pohjois-Karjalan SSP4-narratiivista. © Sanna Hukkanen

Monikansalliset yritykset raivaavat itselleen tilaa epävakaa toimintaympäristössä. Eriarvoistumisen myötä työpaikat ja elinvoima keskittyvät suurempiin keskuksiin. Matalapalkkaisen työn määrä lisääntyy. Rikollisuus lisääntyy taloudellisen ahdingon kasvaessa. Metsätalous säilyy tärkeänä elinkeinona, mutta sen hyödyt jakautuvat epätasaisesti. Ruoantuotanto keskittyy suurille tehotuotantotiloille.

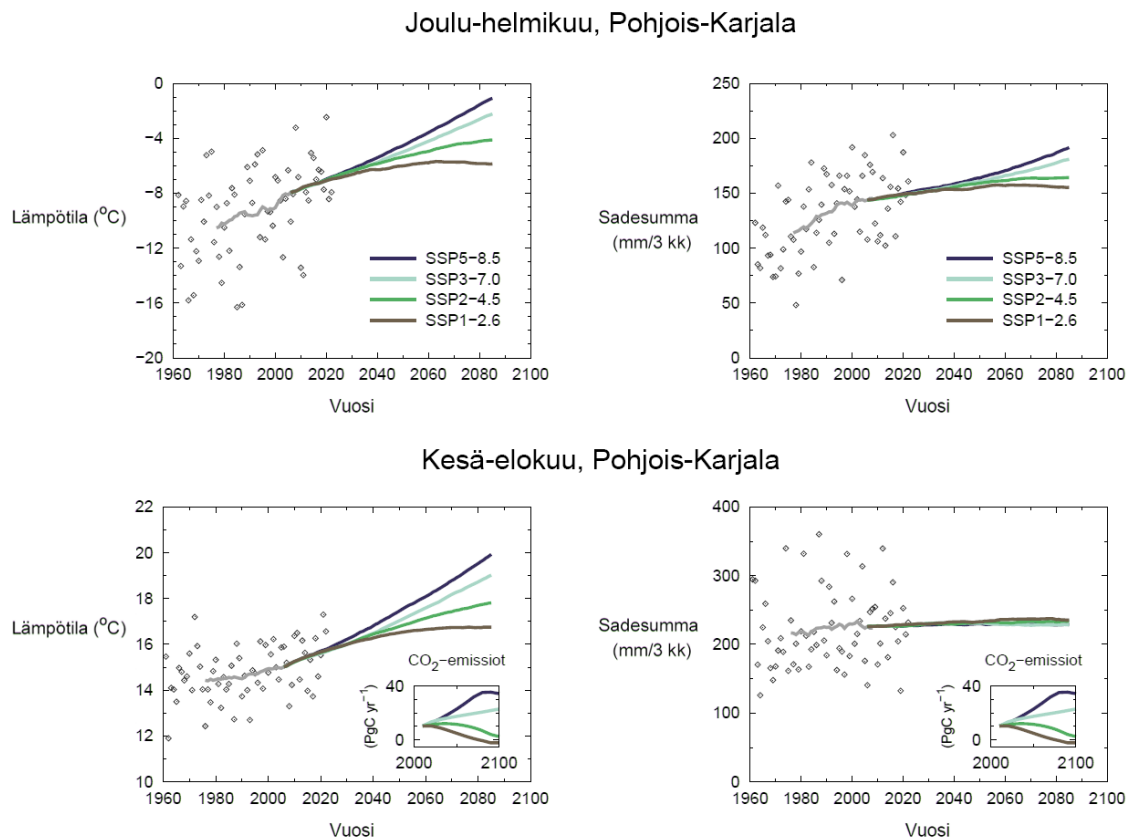
Liikennepalvelut ja infrastruktuuri rapautuvat maaseudun autoitumisen myötä. Joillain aloilla teknologinen kehitys on korkea. Esimerkiksi vesistöjen puhdistuksessa on edistytty ja puhtaat vesivarannot kasvavat. Energian hinta on korkealla suhteessa useimpien tulotasoon. Kotitalouksien energiatarpeita paikataan bioenergialla. Etä- ja digipalveluilla paikataan palveluiden puutetta etenkin maaseudulla.

Ympäristön tila heikkenee ja lajikato kiihtyy, kun taloudellinen hyöty painaa vaakakupissa enemmän kuin kestävä kehitys. Metsien tehokäyttö jatkuu, ja sen sosiaaliset ja ekologiset seuraukset syventävät alueellista kahtiajakoa. Ympäristörikosten määrä kasvaa kalliin ja puutteellisen jätehuollon seurauksena. Luontomatkailusta tulee lähinnä eliitin ajanviettoa.

Miten Pohjois-Karjalan ilmasto muuttuu jatkossa?

FINSCAPES-hankkeessa selvitettiin keväällä 2024 sää- ja ilmastotiedon tarpeita Suomen muuttuvassa ilmastossa. Kysely kohdistettiin etenkin Pohjois-Karjalan keskeisten toimialojen (kuva 3) sidosryhmäedustajille. Kyselyyn vastanneet pitivät erityisen tärkeinä tietoja talvien vesisateiden, jäätävien sateiden, lumisuuden ja helteiden esiintymisestä.

Viime vuosikymmeninä on Pohjois-Karjalassa satanut jouluihelmikuussa vettä keskimäärin enintään runsaat 10 mm kahdessa viikossa. Ilmastomallitulokset osoittavat, että tulevaisuudessa talviset vesisateet lisääntyvät: vuosisadan lopulla talven suurin kahden viikon vesisademäärä on maltillisen lämpenemisen skenaariossa keskimäärin yli 20 mm ja hyvin voimakkaan lämpenemisen skenaariossa noin 40 mm¹⁵. Myös jäätävien sateiden arvioidaan Pohjois-Karjalassa lisääntyvän jonkin verran¹⁶. Sen sijaan lumipeitteinen aika lyhenee ja lumen paksuus pienenee¹⁷. Talvisateiden olomuotoon ja lumipeitteen laajuuteen tulevana vuosikymmeninä vaikuttavat sekä lämpötilan että sadannan kasvu. Pohjois-Karjalan maakunnan keskilämpötila oli vuosina 1991–2020 jouluihelmikuussa keskimäärin noin -8 astetta¹⁸. Riippuen siitä, kuinka hyvin ilmastomuutoksen hillintätoimet onnistuvat maailmanlaajuisesti, ilmastomallitulosten keskiarvona saatu paras arvio vuosisadan lopun talvien ilmastolliselle keskilämpötilalle on yhden ja kuuden pakkasasteen haaruksessa (kuva 8).



Kuva 8. Keskilämpötila (vasen) ja sademäärä (oikea) Pohjois-Karjalassa jouluihelmikuussa (ylhäällä) ja kesä-elokuussa (alhaalla). Harmaat symbolit esittävät maakunnan aluekeskiarvoja menneinä vuosina ja harmaa käyrä niiden 30-vuotista liukuvaa aikakeskiarvoa. Pitkäaikaisten keskiarvojen muuttumisesta nähdään erivärisinä käyriä arvioita, jotka on laadittu 28 ilmastomallitulosten pohjalta erikseen neljälle eri kasvihuonekaasuskenaariolle. Huomaa toisistaan poikkeavat pystyakselit.

¹⁵ Lehtonen ym. (2024), <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-405-153-8>

¹⁶ Kämäräinen ym (2018), <https://doi.org/10.1029/2018JD029131>

¹⁷ Räisänen ym. Arvioitava oleva käsikirjoitus

¹⁸ Avoin hiladata: <https://paituli.csc.fi/>, <https://etsin.fairdata.fi/dataset/63b58d1a-dc23-44eb-87e6-d3c31b9a57f9>

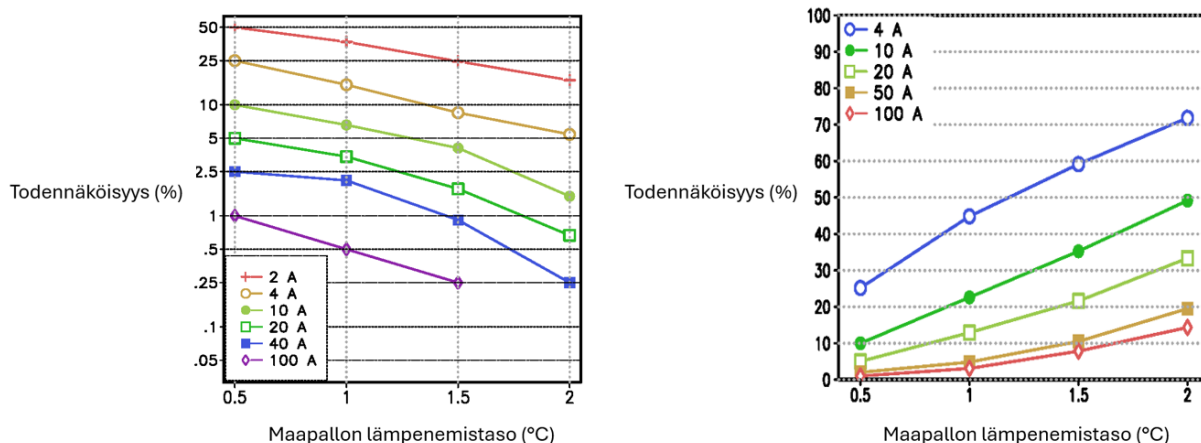
Ennusteet vuosittaisen keskilämpötilan ja sademäärän keskimääräisistä muutoksista Pohjois-Karjalassa 2050-luvulle verrattuna nykyhetkeen on esitetty taulukossa 1. Näissä oletetaan neljä vaihtoehtoista tulevaisuuden kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaman säteilypakotteen reittiä. Nämä on merkitty värillisillä symboleilla, jotka löytyvät myös kuvasta 10.

Taulukko 1. Vuoden keskilämpötilan muutos asteina ja sadesumman muutos prosentteina Pohjois-Karjalassa 2050-lukuun mennessä pohjautuen neljään vaihtoehtoiseen oletukseen kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamasta säteilypakotteesta. Ilmastomallien antaman keskiarvon lisäksi on esitetty epävarmuusväli, johon osuu 90 % tarkastelluista mallituloksista. Vertailujaksona on v. 1991–2020.

Kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttama säteilypakote vuosisadan lopulla	Pohjois-Karjalan muutos 2050-luvulle*	
	Lämpötila (°C)	Sadesumma (%)
Hyvin korkea	+3.1 (1.7 – 4.6)	+9 (2 - 16)
Korkea	+2.7 (1.3 – 4.0)	+8 (2 - 13)
Maltillinen	+2.2 (1.0 – 3.5)	+7 (1 - 13)
Matala (Pariisin mukainen)	+1.8 (0.7 – 2.8)	+6 (1 - 11)

* Jakson 2040–2069 keskimääräisten muutosten alueellinen keskiarvo Pohjois-Karjalassa (suluissa malliennusteiden 5.-95. prosenttipisteet).

Kuten aiemminkin, myös tulevaisuudessa talvilämpötilat vaihtelevat voimakkaasti vuodesta toiseen. Vaikka kylmiä talvia on odotettavissa edelleenkin, niiden esiintymisen todennäköisyys pienenee selkeästi. Sellainen kireä pakkasjakso, jollainen sattui viime vuosisadan loppupuolella keskimäärin joka neljäs vuosi, koetaan suunnilleen kerran 20 vuodessa, jos maapallon lämpeneminen esiteollisesta ajasta saadaan pidettyä kah-dessa asteessa (kuva 9). Niinpä talvien lauhtuessa rakennusten lämmitystarve pienenee¹⁹.



Kuva 9. Todennäköisyydet (prosentteina) Pohjois-Karjalassa sellaisen vuoden kireimmän pakkasjakson (vasen) ja tukalimman helleaallon (oikea) esiintymiselle, joka 1900-luvun lopun ilmastossa sattui keskimäärin kerran 4, 10, 20, 50 tai 100 vuodessa (katso selite). Vaaka-akselina on maapallon lämpenemisen taso esiteolliseen aikaan verrattuna. Puolen asteen nousu saavutettiin 1900-luvun lopulla ja yhden asteen nousu 2010-luvulla.

Kesän keskilämpötilojen kohotessa (kuva 8) helleaallot pitenevät ja voimistuvat. Sellainen kuuma hellejakso, jollainen esiintyi 1900-luvun lopun ilmastossa keskimäärin kerran 10 vuodessa, olisi edessä keskimäärin joka toisena kesänä, jos maapallo lämpenisi teollistumista edeltävään aikaan verrattuna kahdella asteella²⁰ (kuva 9). Tämä tietää rakennusten jäähdytystarpeen kasvua¹⁹.

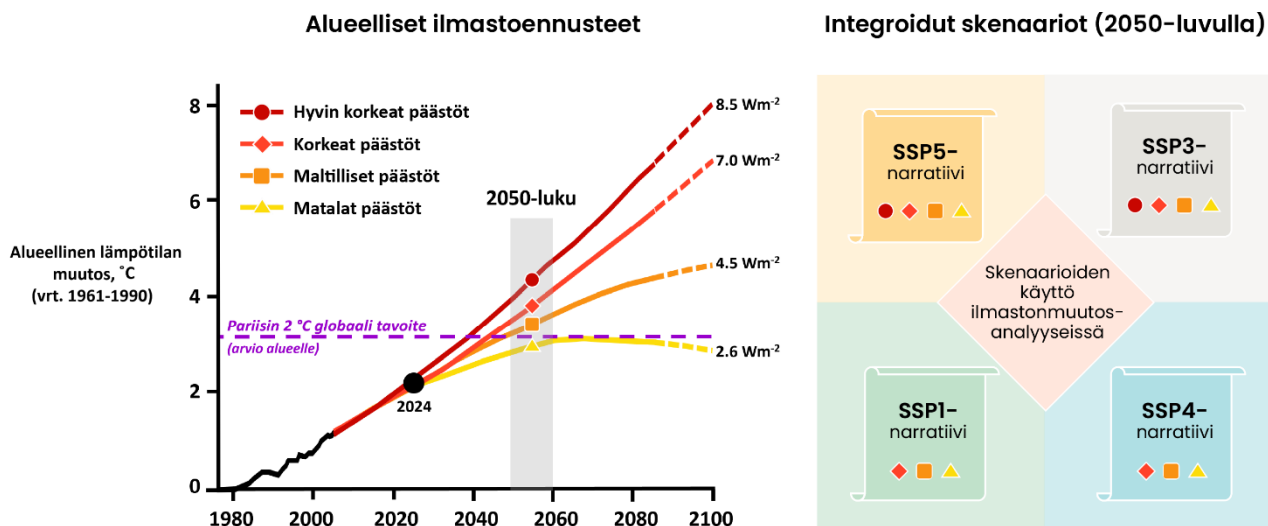
¹⁹ Pirinen ym. (2024), <https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2024-05-RL>

²⁰ Ruosteenoja & Jylhä (2023), <https://www.geophysica.fi/article/id-58-1-047-ruosteenoja/>

Kesällä kuurottaisten rankkasateiden ennustetaan voimistuvan²¹, mikä on hyvä huomioida mm. hulevesien mitoituksessa²². Sen sijaan kesien kokonaissademäärien arvioidut muutokset ovat varsin pieniä siihen verrattuna, miten paljon kesät luontaisesti poikkeavat toisistaan eri vuosina (kuva 8).

Integroidut skenaariot Pohjois-Karjalalle

FINSCAPES-hankkeessa on käytetty maailmanlaajuisiin sosioekonomisiin kehityskulkuihin perustuvaa viitekehystä neljän vaihtoehtoisen narratiivin laatimiseksi Pohjois-Karjalan sosioekonomisesta kehityksestä 2050-luvulle asti (kuva 10, oikealla). Hankkeessa on myös analysoitu keskeisten ilmastomuuttujien ennusteita 2050-luvulle ja siitä eteenpäin; nämä pohjautuvat neljään vaihtoehtoiseen oletukseen kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamasta säteilypakotteesta (Wm^{-2}) vuosisadan lopulla (kuva 10, vasemmalla). Yhdistämällä sosioekonomisen kehityksen narratiivit ja ilmastoennusteet saadaan luotua 14 erilaista uskottavaa tulevaisuuden näkymää, joista voidaan valita integroidut skenaariot (kuva 10, oikealla, symboleiden ja SSP-narratiivien yhdistelmät). Valikoimaa näistä kuvauksista voidaan käyttää esimerkiksi ilmastomuutosta koskevan tietoisuuden lisäämiseen, vaikutusten ja sopeutumisen mallintamiseen, riskien arviointiin, sopeutumisstrategioiden ja -suunnitelmien laatimiseen, sopeutumis- tai päästövähennyspolkujen kehittämiseen ja integroituihin arviointeihin.



Kuva 10. Integroidut skenaariot käytettäväksi ilmastomuutosanalyyseissä. Skemaattisesti esitetyt alueelliset ilmastoennusteet (vasemmalla, värilliset symbolit) on yhdistetty neljään alueelliseen SSP-narratiiviin (oikealla). Ilmastoennusteet eivät 2050-luvulle mennessä vielä poikkea toisistaan yhtä paljon kuin vuoteen 2100 mennessä. Niinpä useimmat 2050-lukua koskevat ennusteet voidaan uskottavasti yhdistää mihin tahansa SSP-narratiiviin. Hyvin korkeiden päästöjen skenaario (tummanpunainen ympyrä) on kuitenkin ristiriidassa SSP1- tai SSP4-maailman oletusten kanssa.

Mikä näistä olisi siis valittava? Kysymykseen ei ole lopullista vastausta, sillä skenaarioanalyyseissä joudutaan yleensä tekemään kompromisseja. Perusteellinen lähestymistapa, jossa sovelletaan monia tärkeitä epävarmuustekijöitä käsitteleviä skenaarioita, tuottaa todennäköisesti luotettavimmat tulokset. Toisaalta aika, asiantuntemus ja taloudelliset resurssit ovat yleensä rajalliset. Kompromissina on siis keskityttävä pieneen määrään hyvin valittuja skenaarioita. Skenaarioiden jokainen sovellus on ainutlaatuinen, joten tässä ei anneta suosituksia ensisijaisista FINSCAPES-skenaarioiden yhdistelmistä. Sen sijaan taulukossa 2 on joukko kriteerejä, jotka voivat auttaa valitsemaan skenaarioiden osa-alueiden yhdistelmiä.

²¹ Utriainen ym., arvioitavana oleva käsikirjoitus

²² Toivonen ym. (2021), https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2021/03/Vesitalous_0221_lowres-1.pdf

Taulukko 2. Skenaarioiden valintaan vaikuttavia kriteerejä ilmastomuutosanalyysiä varten.

Kriteeri	Skenaarioiden valinnan perustelut FINSCAPES-hankkeen näkökulmasta
Lukumäärä	Yhden skenaarion käyttöä ei yleensä suositella. Jotkin päätökset tehdään ”virallisten ennusteiden”, ”todennäköisimpien tulevaisuuksien” tai ”business-as-usual-skenaarioiden” perusteella. Vaikka yksittäinen tulevaisuuden kuvaus voi olla parempi kuin se, ettei skenaariota ole lainkaan, skenarioanalyysin keskeisenä periaatteena kuitenkin on, että varmojen ennusteiden puuttuessa on järkevää tarjota vaihtoehtoisia uskottavia kehityskulkuja. On myös väitetty, että skenaarioiden parittoman lukumäärän käyttäminen voi houkutella analyytikkoja valitsemaan vain keskimäisen tapauksen. FINSCAPES-hankkeessa päätettiin jo varhaisessa vaiheessa jättää pois keskimäinen SSP2-vaihtoehto (kuva 2).
Aikahorisontti	FINSCAPES-hankkeen sosioekonomiset narratiivit kohdistuvat 2050-luvulle. Erot ovat tällä aikahorisontilla pienempiä ja päällekkäisyydet suurempia neljän ilmastoennusteen välillä kuin myöhempien ajanjaksojen kohdalla. Näin pienempi määrä ennusteita voi riittää kattamaan ajanjakson.
Pidemmän aikavälin näkökulma	Tiettyä aikahorisonttia pidemmän aikavälin näkökulma voi myös olla tarpeen: a) neuvomaan pitkällä aikavälillä ilmastolle altistuvia aloja, kuten metsätaloutta ja rakennettua ympäristöä, ja b) haitta-sopeutumisen välttämiseksi tiedostamalla, että ilmaston muutosten voidaan olettaa jatkuvan pitkälle suunnitteluhorisontin jälkeenkin, ja varmistamalla, että 2050-luvun olosuhteisiin tähtäävät toimet ovat riittävän joustavia, jotta ne pystyvät sopeutumaan myös tuon ajanjakson jälkeisiin muutoksiin.
Priorisoidut järjestelmät	FINSCAPES-skenaariot on tarkoitettu käytettäväksi sidosryhmien määrittelemien keskeisten alueellisten järjestelmien hallinnoimisessa. Ilmastomuutokselle altistumiseen ja herkkyyteen vaikuttavat ensisijaiset sosioekonomiset tekijät voivat vaihdella järjestelmien välillä, mikä voi vaikuttaa siihen, mitä skenaarioita on kiinnostavinta tutkia.
Analyttinen fokus	Tämä voi määrittää ilmaston ja sosioekonomisten ulottuvuuksien suhteelliset merkitykset. Esimerkiksi tutkimuksessa, jossa tarkastellaan suurista virtaamahuipuista johtuvaa vesivoimapatojen rikkoutumisriskiä, erilaiset äärimmäisiä sademääriä koskevat ilmastoennusteet voidaan asettaa etusijalle yhteiskunnallisiin muutoksiin liittyvien ennusteiden sijaan. Toisaalta patojen rikkoutumisen seuraukset saattavat edellyttää vaihtoehtoisia arvioita katastrofaalisille tulville altistuvista ihmisistä ja infrastruktuurista yhdistettynä yhteen ainoaan korkean säteilypakotteen ilmastoennusteeseen.
Varovaisuus & väistämättömyys	Eri skenaarioissa voidaan käsitellä epävarmuuden eri näkökulmia. Esimerkiksi eriarvoisuutta korostavaa sosioekonomista narratiivia voidaan hyödyntää turvallisuutta ja sosiaalista oikeudenmukaisuutta koskevassa suunnittelussa erilaisissa ilmastoennusteissa, mukaan luettuina sellaiset äärimmäiset sääilmiöt, jotka vaikuttavat kaikkein heikoimmassa asemassa oleviin. Toiset skenaariot sen sijaan voisivat antaa tietoa altistumisesta ja haavoittuvuudesta ilmastomuutoksille, joita ei voida välttää; esimerkiksi käyttämällä ennusteita, joissa oletetaan alhaisimmat ”Pariisin sopimuksen” mukaiset päästöt, yhdistettynä erilaisiin sosioekonomisiin narratiiveihin.
Uskottavuus	Jotkin yhdistelmät voidaan sulkea pois niiden epäuskottavuuden vuoksi. Esimerkiksi SSP1- ja SSP4-polut eivät kykene tuottamaan suurimpia päästöjä ja säteilypakotetta, joten tällaisia ilmastoennusteita ei pitäisi liittää näihin narratiiveihin (kuva 10). Aikahorisontti on kuitenkin tärkeä myös tässä yhteydessä. Vaikka esimerkiksi vuoteen 2100 mennessä tapahtuvaan matalaan säteilypakotteeseen liittyvät ilmastoennusteet eivät todennäköisesti toteudu yhteiskunnissa, jotka ovat edelleen riippuvaisia fossiilisista polttoaineista ja joissa hillintäteknologia ei ole tehokasta, tämä skenaarioyhdistelmä voi olla uskottava vielä 2050-luvulla.
Kerrostettu lähestymistapa	Mahdollinen lähestymistapa skenaarioiden valintaan on priorisoida muutamien ”ensimmäisen tason” skenaarioiden ydinjoukko, joita käytetään yleisesti suunnittelussa, mutta sallia myös toisen tason lisäskenaarioita, joita voidaan tarvita erityistarkoituksiin.

Sopeutumistarinat

Yksi FINSCAPES-skenaarioiden keskeisistä käyttökohteista on tarjota tulevaisuuden konteksti sopeutumisen suunnittelun ja tietoisuuden lisäämisen tueksi. Hankkeessa kehitetyt sopeutumistarinat edustavat uudenlaista lähestymistapaa näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Nämä tarinat ovat kuvitteellisia kertomuksia, jotka sijoittuvat tulevaisuuteen ja kuvaavat eri ihmisten paikallisia kokemuksia siitä, miten he ovat onnistuneet sopeutumaan muutoksiin ilmastossa. Sopeutumistarinat pohjautuvat ennustettuihin vaikutuksiin, SSP-narratiiveihin ja haastatteluihin paikallisesti relevanttien sidosryhmien kanssa. Pohjois-Karjalalle laaditut tarinat sijoittuvat vuoteen 2050, esitellen näkökulmia siitä, miten maidontuottajat ja -ostajat ovat sopeutuneet ylläpitämään kotieläinten terveyttä ja maidontuotantoa lämpimämpinä kesinä. Tässä esitetään kaksi otetta, jotka tarjoavat näkökulman saman lieksalaisen maitotilallisen pariskunnan, Niilo ja Venla Nevalaisen, elämästä. Ensimmäinen ote perustuu Pohjois-Karjalan alueellisiin olosuhteisiin, jotka on kuvattu FINSCAPES-hankkeen sosioekonomisessa narratiivissa SSP1; toinen taas pohjautuu SSP4-narratiiviin. Kertomuksia täydentää pohjoiskarjalaislähtöisen taiteilijan, Anne Stoltin, taiteellinen tulkinta tarinoista. Sopeutumistarinat kokonaisuudessaan ovat löydettävissä hankkeen verkkosivuilla.⁷

Lieksalainen maitotila sopeutuu ilmastonmuutokseen yhdistämällä perinteistä osaamista ja teknologisia innovaatioita



...Mutta takaisin nykyhetkeen. Yöllä ulkona laiduntaneet lehmät ovat taas tulossa jonossa kohti navettaa. Onhan se mukavampi olla sisällä, missä automatiikka säätelee ilmanvaihtoa lämpötilan mukaan. Näin lehmillä on parhaat mahdolliset olosuhteet päivän kuumimpina hetkinä. Onneksi sähkön hinta on saatu Suomessa pysymään maltillisella tasolla, niin kaikesta käyttämämme tekniikasta ei aiheudu ylimääräistä murhetta. Niinhän se on lehdissä kirjoitettu: sähkön hinnan heilahtelu saatiin Suomessa kuriin investoimalla vuosikymmenien mittaan uusiutuvaan ja omavaraiseen sähköntuotantoon...

Lieksalaisella maatilalla suositaan paikallisuutta ja vahvistetaan omavaraisuutta



...Kun alueen maitotilat lopettelivat toimintaansa, alkoi tänne ilmestyä monikansallisia toimijoita. Pyrkivät aika aggressiivisesti tekemään sopimuksia paikallisten maidontuottajien kanssa. Toki uudet tulokkaat tuovat vakautta ja työpaikkoja alueelle näissä vaihtelevissa olosuhteissa, mutta ei me siihen menoon Venlan kanssa haluttu lähteä mukaan. Kannattavuus kun tuppaa laskemaan entisestään monikansallisten yritysten kanssa toimiessa ja toiminnan eettisyydessäkin on monesti toivomisen varaa. Useimmat tänne jäljelle jääneet tilat ovat nykyään suuria tehotuotantoyksiköjä. Me halusimme kuitenkin keskittyä sosiaalisesti ja ympäristön kannalta kestäväan maidontuotantoon. Siksi me tehtiin sopimus paikallisen meijerin kanssa, joka tuottaa laadukkaita tuotteita. Kaupungeista tulee tänne etenkin loma-aikoina hyvätuloista porukkaa, joka haluaa maksaa puhtaasti tuotetusta ruoasta ja laadukkaista palveluista...

**FINSCAPES-skenaariot
ilmastonmuutostutkimuksen ja
päättöksenteon tueksi: keskeiset
tulokset Pohjois-Karjalalle**



Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Teemme tiedolla toivoa.