

Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ja haavoittuvuudet Suomessa

Tarkastelu Kansallisen
ilmastonmuutokseen
sopeutumissuunnitelman 2030
taustaksi

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**Publikations-
arkivet Valtojulkaisut.valtioneuvosto.fi**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**Statsrådets
nätbokhandelvnjulkaisumyynti.fi**Publication distribution**Institutional Repository
for the Government
of Finland Valtojulkaisut.valtioneuvosto.fi**Publication sale**Online bookstore
of the Finnish
Governmentvnjulkaisumyynti.fi[Tuplaklikkaa ja kirjoita ministeriö](#)

Klikkaa ja valitse tekijänoikeustaso

ISBN pdf: [VNK täyttää](#)ISSN pdf: [VNK täyttää](#)ISBN painettu: [VNK täyttää](#)ISSN painettu: [VNK täyttää](#)

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2022 Finland ([kieliversioissa](#))

Paino: PunaMusta Oy, 2021

Napsauta ja kirjoita julkaisun otsikko

Napsauta ja kirjoita julkaisun alaotsikko

VNK täyttää, sarja ja numero	Teema	Napsauta ja kirjoita
-------------------------------------	--------------	--------------------------------------

Julkaisija	Napsauta ja kirjoita ministeriö
-------------------	---------------------------------

Tekijä/t	Napsauta ja kirjoita
-----------------	--------------------------------------

Toimittaja/t	Napsauta ja kirjoita
---------------------	--------------------------------------

Yhteisötekijä	Napsauta ja kirjoita
----------------------	--------------------------------------

Kieli	Napsauta ja kirjoita
--------------	--------------------------------------

Sivumäärä	VNK täyttää
------------------	-----------------------------

Tiivistelmä	Napsauta ja kirjoita tiivistelmä, enintään 1 400 merkkiä. Paina kappaleen lopussa Enter.
--------------------	--

Klausuuli	VNK täyttää
------------------	-----------------------------

Asiasanat	Napsauta ja kirjoita 
------------------	--

ISBN PDF	VNK täyttää
-----------------	-----------------------------

ISSN PDF	VNK täyttää
-----------------	-----------------------------

ISBN nid.	VNK täyttää
------------------	-----------------------------

ISSN painettu	VNK täyttää
----------------------	-----------------------------

Asianumero	Napsauta ja kirjoita
-------------------	--------------------------------------

Hankenumero	Napsauta ja kirjoita
--------------------	--------------------------------------

Julkaisun osoite	VNK täyttää
-------------------------	-----------------------------

Napsauta ja kirjoita otsikko ruotsiksi
Napsauta ja kirjoita alaotsikko ruotsiksi

VNK täyttää, sarjanimi ja numero		Tema	Napsauta ja kirjoita
Utgivare	Napsauta ja kirjoita ministeriö		
Författare	Napsauta ja kirjoita		
Redigerare	Napsauta ja kirjoita		
Utarbetad av	Napsauta ja kirjoita		
Språk	Napsauta ja kirjoita	Sidantal	VNK täyttää
Referat	Napsauta ja kirjoita tiivistelmä, enintään 1 400 merkkiä. Paina kappaleen lopussa Enter.		
Klausul	VNK täyttää		
Nyckelord	Napsauta ja kirjoita		
ISBN PDF	VNK täyttää	ISSN PDF	VNK täyttää
ISBN tryckt	VNK täyttää	ISSN tryckt	VNK täyttää
Ärendenr.	Napsauta ja kirjoita	Projektnr.	Napsauta ja kirjoita
URN-adress	VNK täyttää		

Napsauta ja kirjoita otsikko englanniksi
Napsauta ja kirjoita alaotsikko englanniksi

VNK täyttää, sarjanimi ja numero **Subject** Napsauta ja kirjoita

Publisher Napsauta ja kirjoita

Author(s) Napsauta ja kirjoita

Editor(s) Napsauta ja kirjoita

Group author Napsauta ja kirjoita

Language Napsauta ja kirjoita

Pages VNK täyttää

Abstract Napsauta ja kirjoita tiivistelmä enintään 1 400 merkkiä. Paina kappaleen lopussa Enter.

Provision VNK täyttää

Keywords Napsauta ja kirjoita 

ISBN PDF VNK täyttää

ISSN PDF VNK täyttää

ISBN printed VNK täyttää

ISSN printed VNK täyttää

Reference no. Napsauta ja kirjoita

Project no. Napsauta ja kirjoita

URN address VNK täyttää

Sisältö

1	Johdanto	10
2	Riskit ja haavoittuvuus	11
3	Ilmastonmuutos on laaja-alaisesti ilmastoa muuttava ilmiö	15
3.1	Keskilämpötila on jo noussut.....	15
3.2	Talvet ovat lyhentyneet ja lumipeite siten vähentynyt	18
3.3	Terminen kasvukausi pitenee.....	20
3.4	Sateisuudessa trendi ja suunta eivät ole yhtä selkeitä kuin lämpötilassa	22
3.4.1	Keskimääräiset sateet	22
3.4.2	Rankkasateet.....	25
3.4.3	Viistosateet.....	26
3.4.4	Jäätävät sateet	26
3.5	Auringonsäteily muuttunee.....	27
3.6	Kuivuuden arvioidaan kasvavan.....	28
3.7	Helleaallot	30
3.8	Joki- ja talvitulvat.....	31
3.9	Tuulisuus ja kovat tuulet eivät juurikaan muutu.....	32
3.10	Merenpinnan nousu riippuu sijainnista	34
3.11	Meritulvariski muuttuu	35
3.12	Itämeren jääpeiteaika lyhenee, mutta jäätilanteet voivat olla haastavia myös tulevana vuosikymmeninä.....	36
3.13	Vyörymät ja maan vajoaminen	38
3.14	Sumu.....	38
4	[Ilmatoriskien hallinnan ja sopeutumisen hallinnolliset vastuut]	40
4.1	Vastuu sopeutumisesta on jokaisella hallinnonalalla	40
4.2	Kokonaisturvallisuuden malli.....	42
4.3	Toimialarajat ylittävät kysymykset entistä tärkeämpiä.....	43
5	Riskit luontoympäristössä	45
5.1	Itämeri	45

5.2	Muut vesiekosysteemit.....	47
5.3	Kalakannat	49
5.4	Riskit metsissä kasvavat	50
5.5	Luonnon monimuotoisuus	51
5.5.1	Vieraslajit.....	53
5.6	Luonnonsuojelualueet ja luontotyytit	54

6 Yhteiskunnallis-taloudellinen riski- ja haavoittuvuustarkastelu..... 56

6.1	Rakennettu ympäristö/ yhdyskunnat ja rakennukset ja aineelliset vahingot.....	56
6.1.1	Hulevesitulvat ja kaupungit.....	58
6.2	Energian- ja sähköntuotanto ja -jakelu	58
6.3	Vesihuolto, terveys ja hyvinvointi	59
6.4	Liikennejärjestelmä ja -infrastruktuuri	62
6.4.1	Yhteenveto	62
6.4.2	Tieliikenne ja -infrastruktuuri.....	66
6.4.3	Tieliikenteen ja -infrastruktuurin tunnistettuja sopeutumistarpeita ja (toteutettuja) sopeutumistoimia.....	69
6.4.4	Raideliikenne- ja -infrastruktuuri	70
6.4.5	Raideliikenteen ja -infrastruktuurin tunnistettuja sopeutumistarpeita ja (toteutettuja) sopeutumistoimia	72
6.4.6	Merenkulku	73
6.4.7	Merenkulun tunnistettuja sopeutumistarpeita ja (toteutettuja) sopeutumistoimia.....	74
6.4.8	Lentoliikenteen sää- ja ilmatoriskit.....	75
6.4.9	Logistiikan ja jakelun sää- ja ilmatoriskit.....	78
6.4.10	Pyöräily.....	80
6.4.11	Liukkaiden keliin lisääntyminen kasvattaa tapaturmariskiä	81
6.4.12	Tietoliikenteen sää- ja ilmatoriskit.....	82
6.5	Kasvinviljely ja kotieläintalous, riistatalous ja niihin liittyvät palvelut.....	85
6.5.1	Lisääntyvä kuivuus rajoittanee kasvukauden pidentymisen hyötyjä	85
6.5.2	Pelto- ja puutarhaviljely	85
6.5.3	Eläintuotanto.....	89
6.5.4	Poronhoito	90
6.5.5	Metsästys ja riistatalous	91
6.5.6	Kalastus ja vesiviljely.....	92

6.6	Elintarviketeollisuus.....	93
6.7	Metsätalous.....	93
6.8	Vakuutus.....	93
6.9	Rakennukset ja terveys.....	93
6.9.1	Helleaallot ja lämpösaarekeilmiö.....	94
6.9.2	Lisääntyvät kosteusriskit lisäävät terveysvaikutuksia.....	94
6.10	Ilmastonmuutos vaikuttaa terveys- ja sosiaalihooltoon monin tavoin.....	95
6.10.1	Helteen terveyshaitat.....	96
6.10.2	Kylmän terveyshaitat.....	99
6.10.3	Ilmastonmuutoksen vaikutukset vektorivälitteisiin taudinaiheuttajiin ovat hitaita, ja niitä on vaikea erottaa muiden muuttujien vaikutuksista.....	99
6.10.4	Muut fyysiseen terveyteen liittyvät vaikutukset.....	102
6.10.5	Muutokset tartuntatautiriskeissä ja Tauti "X".....	104
6.10.6	Yksilöiden ja yhteisöjen haavoittuvuustekijöitä.....	105
6.10.7	Mielenterveys.....	107
6.10.8	Työterveyteen liittyvät riskit ja haavoittuvuus.....	108
6.10.9	Terveydenhooltoon liittyvät riskit ja haavoittuvuus.....	110
6.10.10	Terveydenhooltoon kohdistuvat heijastevaikutukset.....	114
6.10.11	Terveydenhuollon huoltovarmuus.....	114
6.10.12	Sosiaalihooltoon liittyvät riskit ja haavoittuvuus.....	115
6.11	Pelastustoimi.....	117
6.12	Yleinen teollisuustuotanto.....	120
6.13	Kaivostoiminta.....	121
6.14	Kulttuuriperintö – ja ympäristö.....	121
6.15	Matkailu.....	122
6.16	Maanpuolustus.....	123
6.17	Ilmastonmuutos lisää muuttoliikkeitä tulevina vuosikymmeninä.....	124

Liite A Riski- ja haavoittuvuustarkastelun tekoon osallistuneet asiantuntijat.....	127
---	------------

Lähteet.....	128
---------------------	------------

NAPSAUTA JA KIRJOITA ESIPUHEEN OTSIKKO

Napsauta ja kirjoita teksti. Paina kappaleen lopussa Enter.

Napsauta ja kirjoita Allekirjoittajan nimi.

Napsauta ja kirjoita julkaisukuukausi ja -vuosi, esim. Huhtikuu 2018

KESKENERÄINEN

1 Johdanto

Tässä riskiarviossa esitetään Suomeen kohdistuvat ilmastonmuutokseen liittyvät riskit eri toimialoilla. Riskiarvio on tehty valtioneuvoston selontekona eduskunnalle annettavan kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2030 taustaselvitykseksi, ja siinä esitetään ilmastolain edellyttämä riski- ja haavoittuvuustarkastelu koko laajuudessaan.

Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma 2030 (KISS2030) on osa ilmastolain mukaista ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmää. Ilmastolaki 609/2015 ja /2022 edellyttävät, että KISS2030 esittää ajantasaisen riski- ja haavoittuvuustarkastelun.

Ilmastolaissa edellytetään, että sopeutumista koskevat tavoitteet ja toimet on asetettava tieteellisen tiedon perusteella siten, että otetaan huomioon ilmastonmuutoksen eteneminen, sen todennäköiset myönteiset ja kielteiset vaikutukset, siihen liittyvät vaarat ja riskit sekä mahdollisuudet onnettomuuksien estämiseen ja niiden haitallisten vaikutusten rajoittamiseen. Lain mukaan suunnitelman laatimisessa on otettava huomioon ilmastonmuutosta koskeva ajantasainen tieteellinen tieto.

Tässä riski- ja haavoittuvuustarkastelussa keskitytään erityisesti eri toimialojen, ekosysteemien ja ihmisryhmien haavoittuvuustekijöihin, eli syihin mitkä tekevät näistä herkkiä ilmastonmuutoksen vaikutuksille.

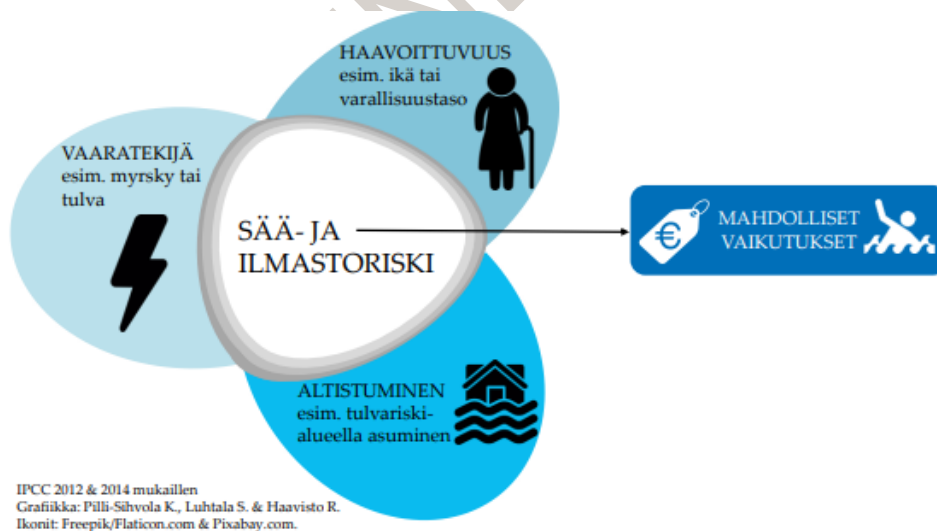
Syyskuussa 2018 julkaistiin Sää- ja ilmastoriskit Suomessa –Kansallinen arvio (ns. SIETO-raportti), joka on ensimmäinen kattava tarkastelu ilmaston vaihtelun ja ilmastonmuutoksen yhteiskunnallisista vaikutuksista ja niihin liittyvistä altistumis- ja haavoittuvuustekijöistä kansallisella tasolla. SIETO-raportin riskiarvio on edelleen monin osin ajankohtainen, ja sen tulokset esitetään tiiviisti tässä riski- ja haavoittuvuustarkastelussa. Lisäksi esitämme SIETO-raportin julkaisun jälkeen tulleen ajantasaisen tiedon.

2 Riskit ja haavoittuvuus

Ilmastolain mukaisesti ilmastomuutokseen sopeutumista koskevat tavoitteet ja toimet on asetettava tieteellisen tiedon perusteella siten, että otetaan huomioon ilmastomuutoksen eteneminen, sen todennäköiset myönteiset ja kielteiset vaikutukset, siihen liittyvät vaarat ja riskit sekä mahdollisuudet onnettomuuksien estämiseen ja niiden haitallisten vaikutusten rajoittamiseen. Ilmastolaki edellyttää, että sopeutumis suunnitelma sisältää riski- ja haavoittuvuustarkastelun.

Ilmastomuutokseen liittyvä riski muodostuu kolmesta tekijästä: ilmastomuutokseen liittyvästä vaaratekijästä, altistumisesta ja haavoittuvuudesta (Kuvio 1). Ilmasto Suomessa on jo tutkitusti joiltain osin muuttunut. Maailmanlaajuinen ilmastomuutoksen hillintään liittyvä työ määrittää sen, miten Suomen ilmasto muuttuu tulevaisuudessa entisestään. Siihen liittyy epävarmuuksia, joita ilmastoskenaarioilla pyritään arvioimaan. Yhteiskunnan ja talouden laaja-alainen kehitys vaikuttavat altistumis- ja haavoittuvuustekijöiden kehittymiseen. Siten ilmastomuutokseen liittyvä riski muuttuu sekä ilmastomuutoksen että altistumis- ja haavoittuvuustekijöiden muuttuessa ajan myötä.

Kuvio 1. Ilmastomuutokseen liittyvän riskin määrittelmä [Kuvio päivitetään myöhemmin]



Ilmastomuutos näkyy sekä hitaammin muuttuvien ilmiöiden, kuten keskilämpötilan, merenpinnan nousun ja sateisuuden lisääntymisen kautta, että muuttuvina äärevöityvinä vedenkiertoon ja sähkän liittyvinä ilmiönä, kuten kuivien ja kuumien kesien ja toisaalta rankkasateiden lisääntymisenä.

"Ilmasto" tarkoittaa useiden eri säätekijöiden (yhdistettyjä) tilastollisia ominaisuuksia kuten keskiarvoja, jakaumia ja ääriarvoja pitkällä ajanjaksolla (IPCC, 2012; Katz and Brown, 1992). Ilmatieteessä käytetään tyypillisesti 30 vuoden mittaista ajanjaksoa ilmastollisten vertailukausien arvojen laskemisessa (WMO, 2008). Ilmaston muuttessa nämä tilastolliset arvot muuttuvat, mikä näkyy mm. vaikutusten ja ilmatoriskien kannalta oleellisten tapahtumien todennäköisyyksien muuttumisena (IPCC, 2014a).

Sään ääri-ilmiöillä tarkoitetaan tapahtumia, joiden todennäköisyys on tilastollisen jakauman perusteella pieni. Todennäköisyydelle ei kuitenkaan ole asetettu mitään yleistä raja-arvoa. Lisäksi sään ääri-ilmiöinä tarkastellaan käytännössä usein vaikutuksiltaan merkittäviä tapahtumia, vaikka ne eivät ilmastollisesta näkökulmasta tilastollisesti välttämättä ääri-ilmiötä olisikaan. Sään ääri-ilmiön määritelmä riippuu myös ajasta ja paikasta. (esim. IPCC, 2012, s. 117; Stephenson, 2008).

Suomen ilmastomuutoskenaariot on hiljattain päivitetty vastaamaan tuoreimpien maailmanlaajuisten ilmastoskenaarioiden tuloksia¹. Näiden ns. CMIP6-mallien tuloksiin perustui pitkälti myös vuonna 2021 julkaistu IPCC:n arviointiraportti². Vuonna 2021 julkaistuihin CMIP6 malliajoista on tätä raporttia laadittaessa käytettävissä ensimmäiset arviot ilmastollisista perusmuuttujista. Mutkikkaammista indekseistä käytetään sekä vanhemman CMIP5 mallisukupolven että tarkempien alueellisten ilmastomallien tuloksia. Uusimmat kasvihuonekaasujen päästöskenaariot eivät ole täysin vertailukelpoisia edellisten kanssa, mutta CMIP6 malliajojen vertailukelpoiset skenaariot (RCP4.5 ja SSP2-4.5; RCP8.5 ja SSP5-8.5) antavat hyvin samankaltaisia tuloksia kuin CMIP5-mallien tulokset (Ruosteenoja & Jylhä, 2021). Oleellisin ero mallisukupolvien välillä on, että kesät lämpenevät Suomessa enemmän uusimmissa CMIP6-skenaarioissa kuin edeltävissä CMIP5-skenaarioissa.

Altistuminen määritellään ihmisten ja yhteisöjen, elinkeinojen, luontoympäristön, ekosysteemipalveluiden ja luonnonvarojen, infrastruktuurin tai taloudellisen, yhteiskunnallisen tai kulttuurisen pääoman sijoittumisella sellaiseen paikkaan, että niille aiheutuu mahdollisesti vahinkoa tai vaaraa (IPCC, 2022). Esimerkkeinä ovat [joku ekosysteemiin liittyvä esimerkki], tulvariskialueella sijaitseva infrastruktuuri ja taloudellinen pääoma sekä helleaallon aikana viilentämättömässä asunnossa asuva ihminen. Altistuminen ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, että negatiivisia vaikutuksia tapahtuu. Tämä edellyttää, että altistunut kohde on myös jollain tavalla haavoittuva (IPCC, 2012).

¹ (Ruosteenoja 2021; Ruosteenoja ja Jylhä, 2021)

² Lähde

Haavoittuvuutta ilmenee yksilöiden ja yhteisöjen sekä instituutioiden tasoilla. Yksilön haavoittuvuudella tarkoitetaan ihmisten, infrastruktuurin tai luontoympäristön kohdalla yksittäisten ihmisten tai kohteiden herkkyyttä ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Yhteisön haavoittuvuutta tarkastellaan yksilötason määritelmän mukaisesti ihmisryhmien, kuten vanhusten, talouden toimialojen, kuten maatalouden, ja ammattiryhmien, kuten maanviljelijöiden, tasolla. Yhteisötason haavoittuvuudella voidaan myös tarkoittaa kyvyttömyyttä hyödyntää yksilöiden ja instituutioiden voimavaroja. Institutionaalisella haavoittuvuudella tarkoitetaan instituutioihin liittyvän tahdon, resurssien tai keinojen puutetta tai kyvyttömyyttä ennakoita, vähentää ja varautua ilmastonmuutokseen liittyviin riskeihin. Instituutioilla voidaan tarkoittaa sekä virallisia instituutioita, kuten julkishallinnon organisaatiot, lait ja muu säädäntö, suunnitelmat ja strategiat, että epävirallisia instituutioita, kuten kulttuuri, perinteet ja tavat jotka määrittelevät ihmisten ja organisaatioiden käyttäytymistä.

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC määrittelee **haavoittuvuuden** *'herkkyydeksi potentiaalisesti vahinkoa tai vaaraa aiheuttavalle ilmiölle'*³. Haavoittuvuutta voi ilmetä kaikilla edellä luetelluilla ilmastonmuutokselle alttiilla kohteilla. Sitä ilmenee eri tasoilla, ja se on riippuvainen ajasta. Haavoittuvuuden määritelmä on monitahoinen, eikä sille ole tieteellisessä kirjallisuudessa yksiselitteistä määritelmää (Viitteet). Sen vuoksi tässä riski- ja haavoittuvuustarkastelussa haavoittuvuutta ei pyritä määrittelemään, vaan haavoittuvuuden käsite⁴ operationalisoidaan seuraavalla tavalla tätä riski- ja haavoittuvuustarkastelua varten:

Yksilön haavoittuvuudella tarkoitetaan ihmisten, infrastruktuurin tai luontoympäristön kohdalla yksittäisten ihmisten tai kohteiden herkkyyttä ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Ihmisten kohdalla haavoittuvuus liittyy vähäisiin taidollisiin, taloudellisiin, tiedollisiin, tai sosiaalisiin voimavaroihin, vaikutusmahdollisuuksien puutteeseen tai fyysisiin tai terveydellisiin ominaisuuksiin. Infrastruktuurin kohdalla haavoittuvuus liittyy sen ominaisuuksiin. Esimerkiksi huonolaatuinen betoni tekee rakennuksesta erittäin herkin kosteusvaurioille tulvien aikana. Sen sijaan hyvälaatuinen betoni, missä on vähän saumakohtia, kestää kosteutta paremmin.⁵ Luontoympäristössä yksittäiset kohteet tai

³ IPCC muutti haavoittuvuuden määritelmäänsä vuonna 2012 julkaistussa ns. SREX-raportissa (). Tätä ennen IPCC määritteli haavoittuvuuden xxx

⁴ Haavoittuvuuden määritelmä oli yksi KISS2030:n taustaksi toteutetun Tiedesparrauksen tavoitteita. Tiedesparraus toteutettiin keväällä 2022 yhdessä Suomalaisen tiedeakatemian kanssa. KISS2030 haavoittuvuuden määritelmä perustuu tiedesparrauksessa käytyihin keskusteluihin. Lopullinen määritelmä on KISS2030 valmisteluryhmän sihteeristön muotoilema tiedesparrauksen annin ja tieteelliseen kirjallisuuteen pohjautuva määritelmä.

⁵ Pilli-Sihvola ym., 2018 s. 40

paikat voivat olla haavoittuvampia ilmastonmuutokselle kuin toiset esimerkiksi ihmisten toiminnan vuoksi.

Institutionaalisella haavoittuvuudella tarkoitetaan instituutioihin liittyvän tahdon, resurssien tai keinojen puutetta tai kyvyttömyyttä ennakoida, vähentää ja varautua ilmastonmuutokseen liittyviin riskeihin. Instituutioilla voidaan tarkoittaa sekä virallisia instituutioita, kuten julkishallinnon organisaatiot, lait ja muu säädäntö, suunnitelmat ja strategiat, että epävirallisia instituutioita, kuten kulttuuri, perinteet ja tavat jotka määrittelevät ihmisten ja organisaatioiden käyttäytymistä (Tompkins ym., 2012). Institutionaalisen haavoittuvuuden vähentäminen on keskeistä yhteisö- ja yksilötason haavoittuvuuksien vähentämiseksi (Birkmann et al 2016, Thaler et al 2019).

Tässä riski- ja haavoittuvuustarkastelussa haavoittuvuutta tarkastellaan pääasiassa institutionaalisella ja yhteisötasolla ekosysteemien, toimialojen ja ihmisten näkökulmasta. Sopeutumissuunnitelman taustaksi on tehty myös erillinen alueellinen haavoittuvuustarkastelu. Institutionaalista haavoittuvuutta on käsitelty myös VN TEAS KOKO-SOPU- hankkeessa, joka tuotti kokonaisarvion Suomen ilmastonmuutokseen sopeutumispolitiikan toimeenpanosta.

3 Ilmastonmuutos on laaja-alaisesti ilmastoja muuttava ilmiö

3.1 Keskilämpötila on jo noussut

TIIVISTELMÄ

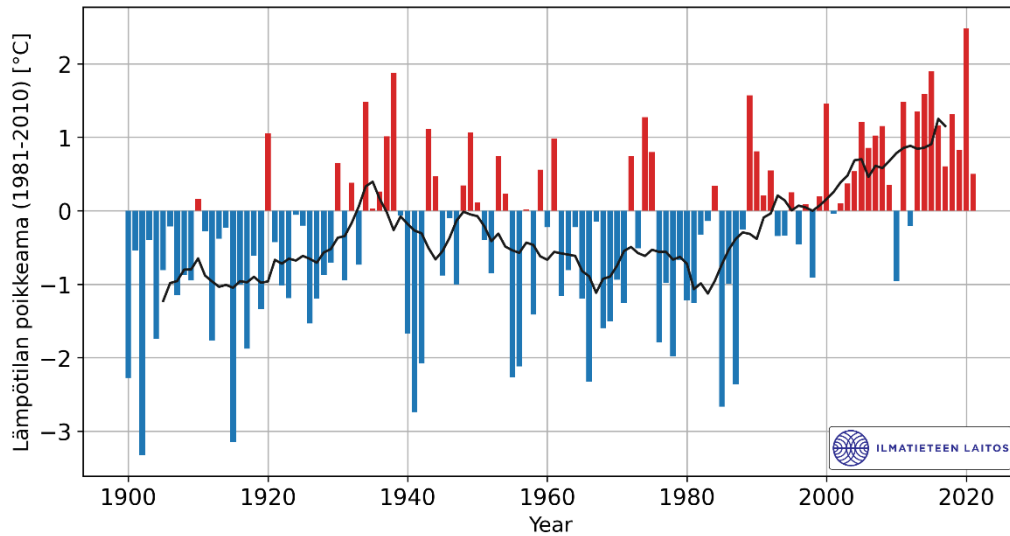
Suomen keskilämpötila on kohonnut viimeisen sadan-150 vuoden aikana noin 2 °C. Suomen keskilämpötila on kohonnut yli 2 °C 1800-luvun puoliväliin verrattuna⁶. Tämä on noin kaksi kertaa enemmän kuin mitä globaali keskilämpötila on noussut. 1800-luvun harvan säähavaintoverkon takia arvioon liittyy kuitenkin suurta epävarmuutta. Ruosteenoja ja Räisänen (2021) mukaan Suomen vuosikeskilämpötila on kohonnut noin 2°C 1900-luvun alkuun verrattuna.

Keskilämpötilan nousu on havaittavissa selvästi myös eri vertailukausien arvioissa. Kuviossa 1 esitetään Suomen vuosikeskilämpötilan poikkeama ilmastollisen vertailukauden 1981-2010 arvosta jaksolla 1900-2021, ja kuviossa 2 esitetään sama poikkeama uuden, vuonna 2021 käyttöön otetun⁷ ilmastollisen vertailukauden 1991-2020 arvosta jaksolla 1900-2021. Kuvioista nähdään, että Tähän pitäisi kirjoittaa molemmista kuvioista, että mitä näkyy ja päätulos (saavutettavuussyistä)

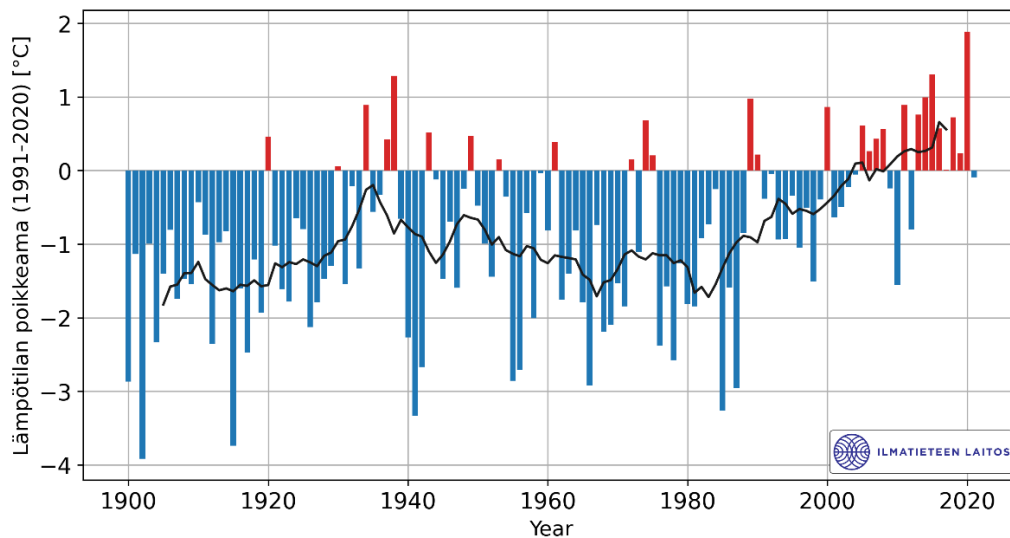
Kuvio 2. Suomen vuosikeskilämpötilan poikkeama jaksolla 1900-2021 ilmastollisen vertailukauden 1981-2020 arvosta. Punainen pylväs kuvaa vertailukauden keskilämpötilaa, eli ns. tavanomaista lämpimämpää ja sininen pylväs viileämpää vuotta. Musta viiva esittää keskilämpötilan 10 vuoden liukuvaa keskiarvoa (DOI: 10.35614/ISSN-2341-6408-IVK-2021-00). (Ilmastokatsaus... valmisteilla)

⁶ Mikkonen et al., 2015 arvioi muutosta pitkien aikasarjojen perusteella

⁷ Jokinen et al., 2021: Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1991-2020. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2021:8. <http://hdl.handle.net/10138/336063>



Kuvio 3. Suomen vuosikeskilämpötilan poikkeama jaksolla 1900-2021 ilmastollisen vertailukauden 1991-2020 arvosta. Punainen pylväs kuvaa vertailukauden keskilämpötilaa, eli ns. tavanomaista lämpimämpää ja sininen pylväs viileämpää vuotta. Musta viiva esittää keskilämpötilan 10 vuoden liukuvaa keskiarvoa (Ilmastokatsaus... valmisteilla)



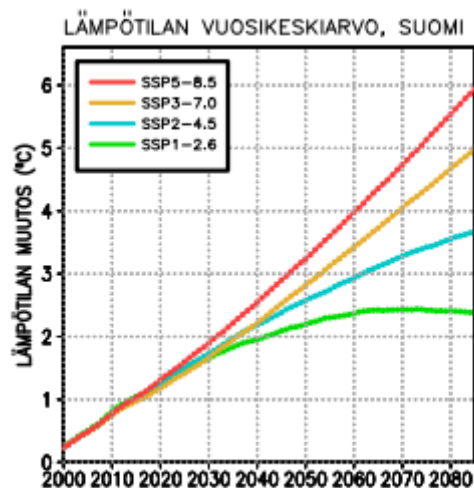
Keskilämpötilan havaittu muutoksen suuruus vaihtelee vuodenajan ja alueen mukaan. Uusimmalla ilmastollisella vertailukaudella (1991-2020) Suomen keskilämpötila oli noin 2,9 astetta, mikä on noin 0,6 astetta edellistä, eli vuosien 1981–2010

jaksoa lämpimämpi. Suurinta muutos on ollut joulukuussa, pienintä kesä- ja loka-kuussa. Taulukko 1 nähdään neljän ilmastollisen vertailukauden lämpötilan vuodenaika- ja vuosikeskiarvoja kolmella eri havaintoasemalla.

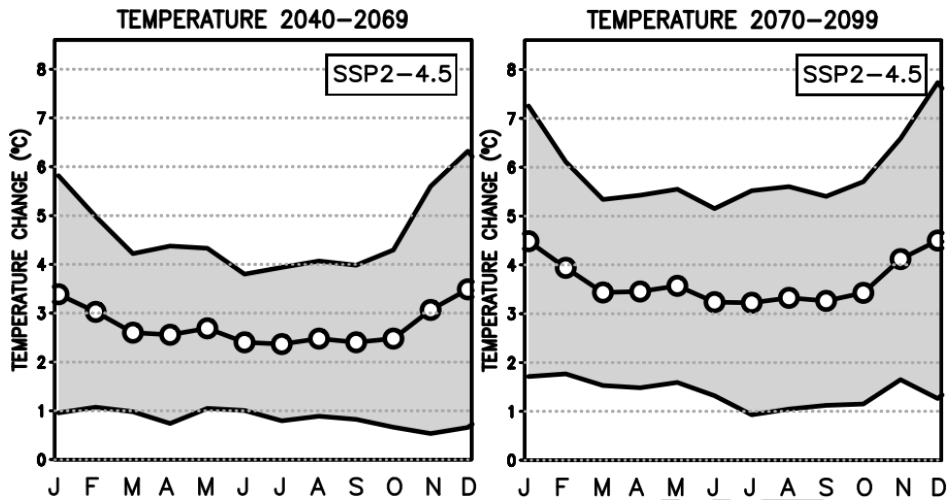
Uusimpien CMIP6 ilmastoskenaarioiden mukaan Suomen ilmasto lämpenee tällä vuosisadalla noin 2–6 astetta skenaariosta riippuen (Kuvio 4). Lämpeneminen on marras-helmikuussa voimakkaampaa kuin muina kuukausina (Kuvio 5). Alueelliset erot lämpenemisessä ovat hyvin vähäisiä lukuun ottamatta marras-joulukuuta, jolloin lämpeneminen on maan pohjoisosassa hieman voimakkaampaa eteläosaan verrattuna.

Lämpötilan vaihtelu vuorokauden sisällä, eli vuorokauden ylimmän ja alimman lämpötilan ero pysyy kesällä lähes muuttumattomana, mutta pienenee marras-huhtikuussa lämpötilan vuorokausiminimien lämmitessä voimakkaammin vuorokausimaksimeihin verrattuna.

Kuvio 4. Suomen vuosikeskilämpötilan muutos jaksolla 2000-2085 verrattuna jaksoon 1981-2010. Muutokset neljässä eri ilmastoskenaariossa perustuvat 28 maailmanlaajuisen ilmastomallin antamien tulosten keskiarvoihin.



Kuvio 5. Lämpötilamuutos kuukausittain vuosisadan puoliväliin (vasen) ja loppuun (oikea) mennessä SSP2-4.5 skenaariossa verrattuna jaksoon 1981–2010. Valkoiset ympyrät kuvaavat 28 CMIP6 ilmastomallin keskiarvoa ja harmaa varjostus muutoksen 90 % epävarmuusväliä.



Suomessa vuoden keskilämpötila nousee sadassa vuodessa noin 1,6 kertaa niin paljon kuin maapallolla keskimäärin. Voimakkaampi lämpeneminen johtuu ilmastojärjestelmän palauteilmiöistä. Korkeilla leveysasteilla ilmaston lämmitessä hupeneva jää- ja lumipeite kiihdyttää lämpenemistä, sillä sulaa maa ja avoin merenpinta heijastaa saapuvaa auringonsäteilyä heikommin ja entistä suurempi osa auringon säteilystä jää lämmittämään pintaa.

Lämpötilassa havaitut muutokset vaikuttavat suoraan sekä havaittuihin että ennakoituihin muutoksiin erilaisissa lämpötilaan perustuvissa indikaattoreissa. Näitä ovat esimerkiksi pakkas- ja hellepäivien määrä, termisten vuodenaikojen pituus, kasvukauden pituus ja lämpösusma, hallan todennäköisyyden muuttuminen, lämmityskauden pituus ja lämmitystarveluvut.

3.2 Talvet ovat lyhentyneet ja lumipeite siten vähentynyt

Suomen talvet ovat kokeneet merkittäviä muutoksia viime vuosikymmenien aikana. Termisen talven pituus⁸ on lyhentynyt kahdella viikolla etelä- ja länsirannikolla

⁸ Terminen talvi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila laskee pysyvämmiin 0 asteen alapuolelle ja kevät alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvämmiin 0 asteen yläpuolelle. [Termiset vuodenaikat - Ilmatieteen laitos](#)

edelliseen vertailukauteen nähden. Jaksoon 1961-1990 nähden termisen talven pituudesta on Ahvenanmaalla lähtenyt yli kuukausi pois.

Taulukko 1. Lämpötilan vuodenaika- ja vuosikeskiarvoja neljällä eri ilmastollisella, 30-vuoden mittaisella, vertailukaudella.⁹

Paikka	Helsinki Kaisaniemi				Jyväskylä Lentoasema				Sodankylä Tähtelä			
	61-90	71-00	81-10	91-20	61-90	71-00	81-10	91-20	61-90	71-00	81-10	91-20
Jakso												
Kevät	3,6	3,9	4,3	4,7	1,8	2,0	2,4	2,7	-1,9	-1,5	-1,2	-0,8
Kesä	15,9	15,9	16,2	16,6	14,5	14,6	14,8	15,1	12,3	12,4	12,6	13,1
Syky	6,3	6,2	6,6	7,1	3,2	3,1	3,5	4,0	-0,6	-0,8	-0,3	0,4
Talvi	-4,8	-3,8	-3,5	-2,5	-8,9	-7,9	-7,7	-6,5	-13,9	-13,1	-12,6	-11,4
Vuosi	5,3	5,6	5,9	6,5	2,6	3,0	3,3	3,8	-1,0	-0,8	-0,4	0,3

Talven lyhentyminen on johtanut etelässä myös lumipeitteen vähenemiseen. Pysyvä lumi eli talven pitkäkestoisimman yhtenäisen lumipeitteen jakso on lyhentynyt maan etelä- ja keskiosassa edelliseen vertailukauteen nähden 1-2 viikkoa. Jaksoon 1961-1990 nähden muutos on vielä suurempi: pysyvän lumipeitteen pituus on etelä- ja länsirannikolla pienentynyt jopa yli kuukaudella.

Ilmaston lämpenemisen seurauksena talvella entistä suurempi osa sademäärästä saadaan lumen sijasta vetenä. Tämä osuus kasvaa etenkin alkua- ja loppupalvesta, mutta vuosisadan lopulla eteläisimmässä Suomessa myös tammi-helmikuun sateista voidaan saada yli puolet vetenä. Tämä johtaa lumisateiden kokonaismäärän pienemiseen huolimatta siitä, että talven kokonaissademäärät jonkin verran kasvavatkin. Lumisateet vähenevät lounaissaaristossa kolmanneksella jo vuosisadan puoliväliin mennessä ja jäävät alle puoleen nykytilanteesta vuosisadan lopulla. Toisaalta Lapissa muutoksen arvioidaan jäävän selvästi pienemmäksi, vuosisadan lopullakin vajeat 20 % (Räisänen, 2016).

⁹ Ilmastollinen vertailukausi - Ilmatieteen laitos

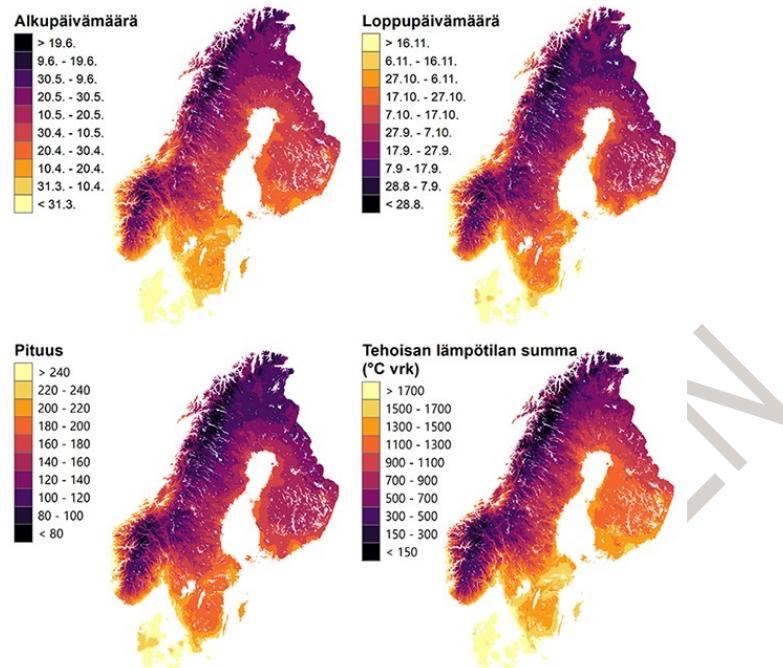
Talvisten lämpötilavaihteluiden odotetaan pienenevän, sillä eniten lämpenevät kireimmät pakkaset. Nykyilmastossa (1980-2009) -27 °C alittavia lämpötiloja esiintyy laajalti Itä- ja Pohjois-Suomessa lähes joka talvi ja Etelä-Suomen sisämaassakin noin kahdena talvena kolmesta. Vastaavasti kuluvan vuosisadan puolivälin paikkeilla (2040 – 2069 RCP4.5) näin kireiden pakkasten arvioidaan olevan Etelä- ja Länsi-Suomessa jo hyvin harvinaisia. Lähes jokatalvisia ne olisivat enää vain Keski-Lapin kylmimmillä seuduilla (Asikainen et al., 2019).

Mihin sektoreihin vaikuttaa? [Lisätään myöhemmin]

3.3 Terminen kasvukausi pitenee

Terminen kasvukausi alkaa jakson 1990-2019 keskiarvona eteläisessä Suomessa paikoin jo huhtikuun puolivälissä, laajalti Keski-Suomessa toukokuun alkupuolella ja pääosassa Lappia toukokuun loppuun mennessä (Kuvio 5). Termisen kasvukauden loppu taas koittaa Lapissa ja paikoin myös Itä-Suomessa syyskuun aikana, Keski-Suomessa lokakuun alkupuolella ja Etelä-Suomessa lokakuun loppupuolella, rannikolla paikoin vasta marraskuun puolella. Termisen kasvukauden aikana kertyvä tehoisan lämpötilan summa, jonka yksikkö on vuorokausiaste °Cvrk, vaihtelee Suomessa huomattavasti, etelä- ja lounaisrannikon noin 1600 °Cvrk ja Käsivarren Lapin paikoin jopa alle 500 °Cvrk välillä (Aalto et al., 2021). Tehoisaa lämpösummaa kertyy päiviltä, jolloin vuorokauden keskilämpötila on +5 asteen yläpuolella. Summaan lasketaan kasvukauden aikana vuorokauden keskilämpötilan viiden asteen ylittävä osa. Korkein Suomessa sääasemalla mitattu kasvukauden lämpösumma on 1974 °Cvrk Turussa vuodelta 2018.

Kuvio 6. Termisen kasvukauden keskimääräisen alkupäivämäärän, loppupäivämäärän, pituuden ja sen aikana kertyneen tehoisan lämpösumman alueellinen vaihtelu Pohjois-Euroopassa perustuen vuosien 1990 – 2019 havaintoihin.



Termisen kasvukauden pituus ja sen tehoisa lämpösumma on muuttunut Suomessa viimeisen 70 vuoden aikana (1950-2019). Kasvukauden alku on aikaistunut maan länsiosien paikoin reilusta parista viikosta itäosien paikoin vain muutamaan päivään. Kasvukauden lopun osalta suurimmat muutokset sijoittuvat Lappiin ja maan itäisimpiin osiin. Näillä alueille kasvukauden loppu on siirtynyt paikoin jopa parilla viikolla myöhäisemmäksi. Maan länsiosassa muutos on puolestaan jäänyt vähäisemmäksi, paikoin vain muutamaan päivään. Muutosten epätasainen jakautuminen alun ja lopun osalta tasoittaa kasvukauden kokonaispituudessa havaittujen muutosten alueellista jakaumaa. Valtaosassa maata terminen kasvukausi on täten pidentynyt noin kahdella viikolla, mutta paikoin esimerkiksi rannikkoalueilla jopa lähes kuukaudella. Pidentyneen kasvukauden myötä myös sen aikana kertynyt tehoisa lämpösumma on kasvanut. Muutos on ollut Lapin noin 100 °Cvrk:n ja rannikkoalueiden reilun 300 °Cvrk:n välillä (Aalto et al., 2021).

Ilmaston lämpeneminen muuttaa kasvukauden alkamis- ja päättymisajankohtaa sekä sen kestoja entisestään. Alueellisen ilmastomallin tuloksiin perustuen kasvukausi pitenee Suomessa etelä- ja länsirannikoiden alueilla enimmillään yli 3 kuukautta vuosisadan loppuun mennessä. Keski- Itä- ja Pohjois-Suomessa kasvukausi pitenee keskimäärin 1–2 kuukautta ilmastomallista riippuen.¹⁰ CMIP5 ilmastomallisimulaatioiden

¹⁰ Ruuhela ym., 2022 (forthcoming – MMM rahoittama raportti)

mukaan termisen kasvukauden aikana kertyvän tehoisan lämpösumman odotetaan kasvavan niin, että jaksolla 2020-2049 sitä kertyisi keskimääräisenä kasvukautena eteläisimmässä Suomessa saman verran kuin Baltian eteläosissa keskimäärin jaksolla 1971-2000. Vastaavasti vuosisadan lopulla (2070-2099) tehoisaa lämpösummaa voi kertyä Etelä-Suomessa jo samoissa määrin kuin Puolan ja Ukrainan tienoilla jaksolla 1971-2000. Etelä-Suomessa 1971-2000 tyypillisesti kertyviä lämpösummia taa- sen saataisiin vuosisadan lopulla Etelä-Lapissa (RCP4.5) tai jo lähes koko maassa Käsivartta lukuunottamatta (RCP8.5) (Ruosteenoja et al., 2016).

Kasvien kasvamisen ajanväliä kuvaavaa termistä kasvukautta käytetään mm. metsätalouden ja metsien olosuhteiden ja kasvun arviointiin.

3.4 Sateisuudessa trendi ja suunta eivät ole yhtä selkeitä kuin lämpötilassa

3.4.1 Keskimääräiset sateet

Ilmastonmuutoksen liittyvä trendi keskimääräisissä sadehavainnossa ei ole yhtä selkeä kuin lämpötilassa. Sateessa voi esiintyä suurta vaihtelua pienelläkin alueella ja vuosien välillä, joten sadehavaintojen edustavuuteen ja luotettavuuteen liittyy enemmän epävarmuutta kuin lämpötilahavaintoihin.

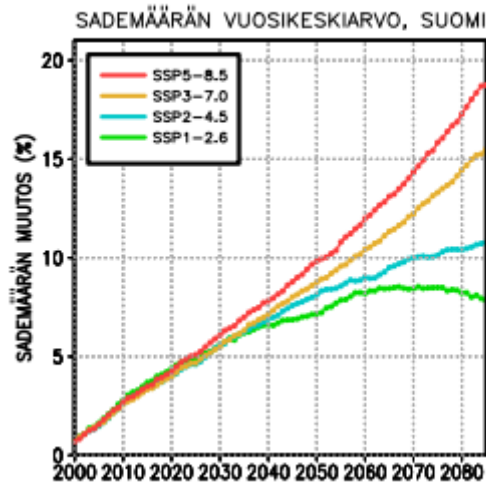
Suomen keskimääräinen vuosisademäärä oli jaksolla 1991-2020 noin 609 mm. Vuosisademäärät ovat kasvaneet edelliseen eli 1981-2010 jaksoon nähden Suomessa noin 2 %, mutta muutos ei ole tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan jaksoon 1961-1990 nähden kasvua on tapahtunut noin 9 %, mikä on tilastollisesti merkitsevää. Kasvu on ollut suurinta talvikuukausina joulukuusta helmikuuhun ja painottunut maan pohjoisosaan. Elokuussa sademäärät ovat Suomessa puolestaan keskimäärin pienentyneet. Taulukossa 2 nähdään neljän ilmastollisen vertailukauden sademäärän vuodenaika- ja vuosikeskiarvona kolmella eri havaintoasemalla.

Taulukko 2. Sademäärän vuodenaika- ja vuosikeskiarvoja neljällä eri ilmastollisella, 30-vuoden mittaisella, vertailukaudella.

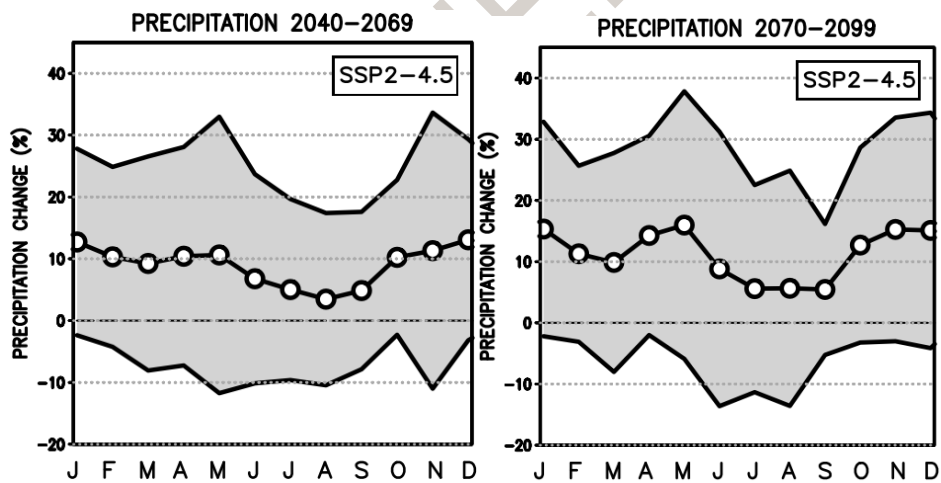
Paikka	Helsinki Kaisaniemi				Jyväskylä Lentoasema				Sodankylä Tähtelä			
	61-90	71-00	81-10	91-20	61-90	71-00	81-10	91-20	61-90	71-00	81-10	91-20
Jakso												
Kevät	103	106	107	106	112	112	115	108	83	92	100	102
Kesä	175	189	200	199	225	226	229	212	183	181	196	192
Syky	210	207	202	198	182	180	175	176	146	137	134	142
Talvi	132	141	146	149	120	121	124	126	87	99	97	108
Vuosi	621	643	655	653	639	639	643	622	499	509	527	543

CMIP6 ilmastoskenaarioiden mukaan vuotuinen sademäärä Suomessa kasvaa tällä vuosisadalla skenaariosta riippuen 8-19 % (**Error! Reference source not found.**). Sateisuudessa muutokset ovat suurempia talvella kuin kesällä. Kesän sateisuuden osalta arviot ovat kuitenkin varsin epävarmoja, sillä osa ilmastomalleista tuottaa myös sademäärää laskevia tuloksia (**Error! Reference source not found.**). Alueellisesti sademäärä lisääntyy maan pohjoisosassa enemmän kuin eteläosassa, erityisesti huhti- ja marraskuun välisenä aikana.

Kuvio 7. Suomen vuosittaisen sademäärän muutos jaksolla 2000-2085 verrattuna jaksoon 1981-2010. Muutokset neljässä eri ilmastoskenaariossa perustuvat 28 maailmanlaajuisen ilmastomallin antamien tulosten keskiarvoihin.



Kuvio 8. Sademäärän muutos kuukausittain vuosisadan puoliväliin (vasen) ja loppuun (oikea) mennessä SSP2-4.5 skenaariossa verrattuna jaksoon 1981–2010. Valkoiset ympyrät kuvaavat 28 CMIP6 ilmastomallin keskiarvoa ja harmaa varjostus muutoksen 90 % epävarmuusväliä.



Ilmastonmuutoksen myötä talviajan vesisateita esiintyy entistä pohjoisempana ja lumisateet voivat olla poikkeuksellisen rankkoja.

3.4.2 Rankkasateet

Rankkasateiden yleisyyteen ja niiden voimakkuuksiin liittyy sekä nykyilmaston että tulevan ilmaston osalta suurempia epävarmuuksia keskimääräisten sademäärien tarkasteluun verrattuna, Rankkasateet liittyvät tyypillisesti kuurosateisiin ja erityisesti rajuilmoihin. Niiden suhteellisen pienialaisuuden ja lyhytikäisyyden vuoksi ne voivat jäädä kokonaan mittausverkoston ulottumattomiin tai ainakin niiden voimakkain sade osuu jonnekin muualle kuin havaintoaseman kohdalle. Pitkälti samasta syystä johtuen myös ilmastomalleilla on vaikeuksia rankkasateiden mallintamisen kanssa.

Perustuen viimeisen noin 50 vuoden sadehavaintoihin, tilastollisesti kerran viidessä vuodessa esiintyvä sateen vuorokausimaksimi on Suomessa laajalti 30 – 45 mm. Vuorokausisateen viiden vuoden toistuvuustaso on noussut tarkasteluaikana yleisesti 0 – 10 %, nousun ollessa tilastollisesti merkitsevää vain osalla analysoiduista mittausasemista. Vuorokausisateen vuosimaksimin osalta suurin osa tilastollisesti merkitsevän positiivisen trendin omaavista mittausasemista sijaitsee maan itäosassa, Pohjanmaan rannikolla ja paikoin Lapin länsiosassa. Suomessa vuoden korkein vuorokausisademäärä osuu useimmiten heinä-elokuulle, kattaen reilut 50 % vuosista. Myös kesä- ja syyskuu ovat varsin yleisiä ajankohtia, vajaan 30 % vuosista. Vuosimaksimin osuinen näiden kuukausien ulkopuolelle on täten selvästi harvinaisempaa (Dyrddal et al. 2021).

Lyhyempien kuin yhden vuorokauden sadetapahtumien ja niissä kertyneiden sademäärien osalta havaintoajasarjat ovat vielä suhteellisen lyhyitä, mikä hankaloittaa näiden sadetapahtumien todennäköisyyksien ja mahdollisten trendien kattavaa arviointia. Vuosien 2000 – 2018 havaintoaineiston pohjalta arvioituna kerran 10 vuodessa saavutettava tuntisadanta on maan etelä- ja länsiosissa noin 20 – 35 mm ja itä- ja pohjoisosissa 15 – 25 mm (Olsson et al., 2022).

Rankkasateiden suuren alueellisen vaihtelun ja siihen liittyvien epävarmuuksien vuoksi tulevia muutoksia rankkasateissa on tarkasteltu hieman Suomea suuremman alueen aluekeskiarvon muutoksina. Itämeren ympäristöä tarkasteltaessa alueellisten EURO-CORDEX ilmastomallisimulaatioiden mukaan tilastollisesti kerran kymmenessä vuodessa esiintyvän vuorokausisateen arvioidaan lisääntyvän alueen pohjoisosien (60. pohjoisen leveysasteen pohjoispuoli) maa-alueilla. Mallijoukon keskiarvona muutoksen arvioidaan olevan siirryttäessä jaksosta 1981-2010 jaksoon 2071-2100 skenaariosta riippuen talvella noin +10 % (rcp4.5) tai +20 % (rcp8.5) ja kesällä noin +15 % (rcp4.5) tai +25 % (rcp8.5) (Christensen et al., 2022).

Hiljalleen yleistyvät korkearesoluutioiset alueelliset ilmastomallit, jotka kykenevät suoraan simuloimaan konvektiivisia sateita perinteisen parametrisonnin sijaan, tulevat parantamaan arvioita pienialaisten rankkasateiden muutoksista tulevaisuudessa.

Hulevesitulvat esitetään luvussa 6.1.1.

3.4.3 Viistosateet

Viistosade eli tuulen mukana pystypinnalle päätyvä sadevesi on merkittävä tekijä lähes kaikissa rakennusten julkisivuille vauriota aiheuttavissa mekanismeissa. Vesisaateen ja rännän muodossa tuleva sademäärä on Suomen etelärannikolla 10 % suurempi kuin Etelä-Suomen sisämaassa, 17 % suurempi kuin Keski-Suomessa ja 40 % suurempi kuin Lapissa. Sade tulee rannikoilla myös keskimäärin voimakkaamman tuulen saattamana kuin muualla maassa. Täten myös tuulen huomioiva nk. viistosaderasitus on etelärannikolla 24 % suurempi kuin Etelä-Suomen sisämaassa, 64 % suurempi kuin Keski-Suomessa ja 135 % suurempi kuin Lapissa. Viistosaderasitus on etelään suuntautuvilla julkisivuilla huomattavasti pienempi kuin pohjoisen puoleisilla, etelärannikolla jopa 3,5 kertaa suurempi.

Ilmaston lämmitessä yhä suurempi osa sateesta tulee vetenä tai räntänä lumen sijaan. Täten, vaikka muutosten tuulisuudessa odotetaan jäävän tulevaisuudessa vähäisiksi, viistosaderasituksen arvioidaan lisääntyvän vuosisadan loppuun mennessä etelärannikolla keskimäärin 34 %, Etelä-Suomen sisämaassa 31 %, Keski-Suomessa 44 % ja Lapissa 58 % nykyilmastoon verrattuna.

3.4.4 Jäätävät sateet

Jäätävät sateet ovat Suomessa verrattain harvinaisia, Varsinkin todennäköisyys runsaalle jäätävän sateen kertymälle on nykyilmastossa hyvin pieni. Pintoja liukastava jäätävä tihku on sen sijaan jokavuotinen ilmiö.

ERA-Interim uusanalyysin mukaan Suomessa jäätävän sateen tilanteita esiintyy keskimäärin vuosittain lounaisrannikon alle puolesta tapauksesta sisämaan reiluun yhteen tapaukseen ja Länsi-Lapin paikoin reiluun kahteen tapaukseen. Runsaampia kertymiä (yli 5mm/6h) Suomessa esiintyy hajanaisesti noin 0 – 20 % vuotuisella todennäköisyydellä (Kämäräinen et al., 2018).

Ilmastomallisimulaatioiden mukaan jäätävien sateiden odotetaan pääosin lisääntyvän Suomessa, muutoksen ollessa kuitenkin varsin maltillista. RCP8.5 skenaariossa jäätävien tapausten arvioidaan lisääntyvän jaksoon 2071-2100 mennessä etenkin Lapissa, keskimäärin noin puolikkaalla tapauksella vuodessa. Myös maan itäosissa esiintyy tilastollisesti merkitsevää tapausten kasvua, tosin vähemmän kuin Lapissa. Muualla maassa muutokset ovat vähäisiä ja maan lounais- ja eteläosissa tapausten määrä voi myös laskea. Jäätävien sateiden esiintyminen on nykyilmastossa yleisintä keväisin ja syksyisin, mutta tulevaisuudessa jäätäviä sateita arvioidaan esiintyvän todennäköisimmin talvella.

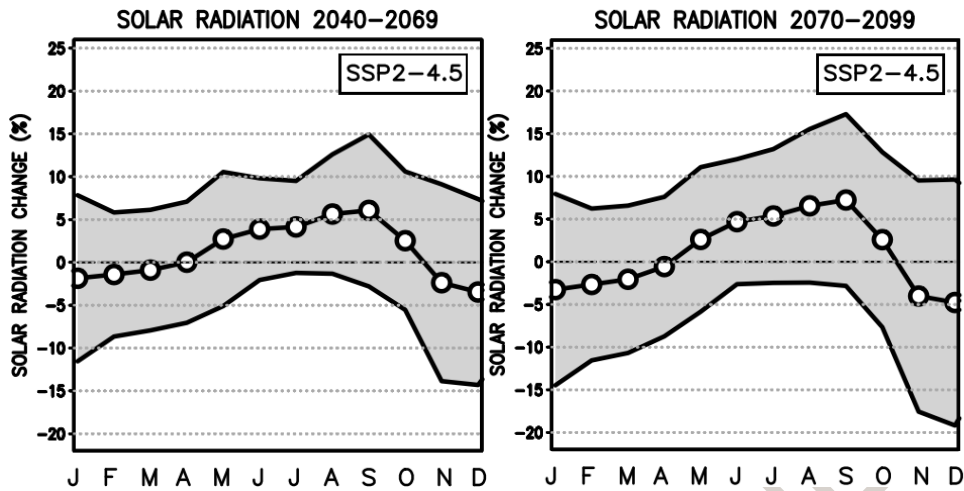
3.5 Auringonsäteily muuttunee

Ilmastonmuutoksen seurauksena maanpinnalle saapuvassa auringonsäteilyssä tapahtuu muutoksia pilvisyyden ja ilmakehän epäpuhtauksissa tapahtuvien muutosten seurauksena.

Uusimpien CMIP6 ilmastomallisimulaatioiden keskiarvon mukaan auringonsäteily vähenee muutaman prosentin marras- ja huhtikuun välisenä aikana ja lisääntyy noin 5 % touko- ja lokakuun välisenä aikana vuosisadan loppuun mennessä (Kuvio 9). Arvioihin liittyy kuitenkin suurta epävarmuutta jopa muutoksen suunnan suhteen varsinkin talvipuolella vuotta¹¹. Näyttää kuitenkin siltä, että ero talvien ja kesien valoisuudessa kasvaa entisestään.

Kuvio 9. Maanpinnalle tulevan auringonsäteilyn muutos kuukausittain vuosisadan puoliväliin (vasen) ja loppuun (oikea) mennessä SSP2-4.5 skenaariossa verrattuna jaksoon 1981–2010. Valkoiset ympyrät kuvaavat 28 CMIP6 ilmastomallin keskiarvoa ja harmaa varjostus muutoksen 90 % epävarmuusväliä.

¹¹ Ruosteenoja, K. and K. Jylhä, 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. *Geophysica*, 56, 39–70



Edellisen mallisukupolven (CMIP5) tuloksiin verrattuna auringonsäteilyn muutoksen arviot poikkeavat läpi vuoden 1–4 prosenttiyksikköä valoisampaan suuntaan. Niinpä mallien ennustama talvien pimeneminen on nyt lievempää ja aurinkoisen kesäsään yleistymisen vahvempaa kuin aiemmissä arvioissa.¹²

Muutokset auringonsäteilyssä vaikuttavat muun muassa aurinkoenergian saatavuuteen, kesäisin haihduntaan ja kuivuuteen, aurinkosuojauksen tarpeeseen ja koettuun termiseen mukavuuteen sekä talvisin, yhdessä lumettomien päivien lisääntymisen kanssa, mielenterveyteen.

3.6 Kuivuuden arvioidaan kasvavan

Pitkittyneet kuivuusjaksot ovat Suomessa verrattain harvinaisia, sillä vuositasolla sadanta ylittää haihdunnan koko maassa.

¹² Ruuhela ym., 2022 (forthcoming, MMM raportti)

Kuivuutta on monenlaista, ja pääpiirteissään kuivuus voidaan jakaa neljään luokkaan: meteorologinen, hydrologinen, maataloudellinen ja sosio-ekonomi-¹³. Meteorologinen kuivuus määritellään pelkästään sadannan perusteella. Maanviljelyllinen kuivuus ottaa huomioon kasvien Hydrologinen kuivuus Siksi kuivuuden arviointiin on suositeltavaa käyttää useita indikaattoreita.

Suomessa meteorologisen kuivuusriskin arvioidaan ilmastonmuutoksen johdosta kasvavan. Mikäli kuivuuden indikaattorina käytetään vesihöyryn osapaineen vajeusta ilmassa (VPD = vapor pressure deficit), CMIP6 ilmastomallit ovat yksimielisiä siitä, että kuivuus kasvaa suurimmassa osassa Suomea lukuun ottamatta Luoteis-Suomea. VPD kertoo, kuinka paljon ilmaan vielä mahtuisi vesihöyryä, ennen kuin se alkaa tiivistyä. VPD riippuu ilman lämpötilasta ja kosteudesta, ja se kuvaa kuivuutta maanpinnan lähetyvillä.¹⁴

Maanviljelyn näkökulmasta ilmastonmuutoksen vaikutuksista keväällä, kasvun kannalta kriittisessä kasvukauden alkuvaiheessa, esiintyvään kuivuuteen on osin ristiriitaisia tuloksia: kuivuus voi lisääntyä¹⁵ tai siinä ei välttämättä tapahdu muutoksia¹⁶. Kuvien kausien todennäköisyyden kuitenkin arvioivaan kasvavan¹⁷, mutta tuloksiin liittyy edelleen epävarmuutta.

Maaperän pinnanläheisen (ylin 10 cm) kerroksen kosteuden osalta jakson 1961-2005 ilmastossa harvinaisen kuivan maaperän tilanteiden odotetaan yleistyvän vuosisadan loppuun mennessä (2070-2099, RCP8.5) kaikkina vuodenaikoina. Nykyilmastossa kerran kymmenessä vuodessa koettava kuivuus yleistyisi eniten keväällä, mutta Pohjois-Suomessa myös kesällä, jolloin vuosisadan lopulla vastaava tilanne koettaisiin 3-5 vuotena kymmenestä (Ruosteenoja et al., 2018).

Kuivuus vaikuttaa metsäpalariskin kasvuun (Luku X) ja sen myötä pelastustoimeen (Luku XY), vesihuoltoon (Luku XYZ),

¹³ Wilhite & Glantz [Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions \(unl.edu\)](#)

¹⁴ Ruuhela ym (forthcoming, MMM rahoittama raportti)

¹⁵ Seasonal soil moisture and drought occurrence in Europe in CMIP5 projections for the 21st century | SpringerLink (Ruosteenoja ym., 2018)

¹⁶ Peltonen-Sainio ym. (2021) Climate change, precipitation shifts and early summer drought: An irrigation tipping point for Finnish farmers? - ScienceDirect

¹⁷ Sustainability | Free Full-Text | Severe Drought in Finland: Modeling Effects on Water Resources and Assessing Climate Change Impacts (mdpi.com)

Ilmastonmuutos lisää todennäköisyyttä pitkiin kuivuuskausiin ja alhaisiin vedenpintoihin.

3.7 Helleaallot

Tuoreimman ilmastollisen vertailukauden 1991 – 2020 tilastojen mukaan hellepäivien (vuorokauden ylin lämpötila yli 25 °C) keskimääräinen lukumäärä on suurimmillaan eteläisen Suomen sisämaassa yli 16 kpl, etelärannikolla hieman vähemmän. Hellepäivien keskimääräinen lukumäärä laskee melko suoraviivaisesti kohti pohjoista, ollen Keski-Suomessa laajalti 10 – 14 kpl, Oulun korkeudella sekä eteläisessä Lapissa 6 – 10 kpl ja maan pohjoisimmissa osissa 0 – 6 kpl. Suurin yksittäisellä säähavaintoasemalla mitattu vuotuinen hellepäivien lukumäärä on 48 kpl Kouvolan Utissa vuonna 2010, ja pisin yhtämittainen hellejakso on 31 päivää Kouvolan Anjalassa vuonna 2021. Hellepäivien lukumäärä vaihtelee kuitenkin vuosittain suuresti, sillä vuodesta 1961 alkaen niiden päivien vuotuinen lukumäärä, jolloin jossain päin Suomea on mitattu hellettä, vaihtelee kolmesta päivästä 65 päivään.

Helleaaltojen lukumäärässä ja niiden voimakkuudessa on havaittu kasvua viime vuosikymmeninä. Heinä-elokuun helleaaltojen lukumäärää ja niiden intensiteettiä, eli helleajan ylityksen kumulatiivista astesummaa hellejakson aikana, on tarkasteltu ERA5-uusanalyysin perusteella vuosilta 1979-2020. Hellejaksopäivien määrä on lisääntynyt Suomen alueella laajalti noin 0,5 – 1 päivällä per vuosikymmen pitkittyneiden hellejaksojen (vähintään 6 perättäistä hellepäivää) osalta, ja niiden kumulatiivinen intensiteetti 1 – 3 °C per vuosikymmen. Lyhyempien hellejaksojen osalta (vähintään 3 perättäistä hellepäivää) vastaavat trendit ovat 1 – 2 päivää per vuosikymmen ja 2 – 4 °C per vuosikymmen (Rousi et al., 2022).

Suomessa tukalasta helteestä varoitetaan vuorokauden ylimmän lämpötilan ollessa yli 27 °C ja vuorokauden keskilämpötilan ollessa yli 20 °C. Vastaavat rajat erittäin tukalalle helteelle ovat yli 30 °C ja yli 24 °C, sekä äärimmäisen tukalalle helteelle yli 35 °C ja yli 28 °C. Ilmastomallisimulaatioiden tuloksia hellepäivien ja hellejaksojen osalta tarkasteltaessa onkin yleensä mielekkäämpää käsitellä vuorokauden keskilämpötilan pohjalta määritetyjä hellerajoja suurelle tutumpien vuorokauden ylimpään lämpötilaan perustuvien helteen määritelmien sijaan. Tämä siksi, että ilmastomallit tyypillisesti simuloivat vuorokauden keskilämpötilaa paremmin kuin vuorokauden maksimilämpötilaa.

CMIP5 ilmastomallisimulaatioiden (RCP4.5) tulosten mukaan hellejaksojen lukumäärän, niiden intensiteetin sekä niiden pituuden odotetaan kasvavan. Edellisen vuosisa-

dan ja kuluvan vuosisadan oloja kuvaavien ilmastomalliaineistojen välillä vuorokausikeskilämpötilan 20 °C ylittävien päivien määrä kasvaa keskimäärin maan eteläosassa 19 päivästä 43 päivään ja maan pohjoisosassa neljästä päivästä 13 päivään. Erittäin tukalan helteen rajan 24 °C ylitykset lisääntyisivät vastaavasti maan eteläosassa noin kahdesta päivästä 10 päivään ja pohjoisosassa keskimäärin 0,3 päivästä 1,7 päivään. Äärimmäisen tukalan helteen rajan 28 °C ylityksistä taasen tulisi maan eteläosassa kerran kymmenessä vuodessa tapahtuvan ilmiön sijaan keskimäärin yhtenä päivänä vuodessa ylitettävä vuorokausikeskilämpötila.

Vaikka lukumäärällisesti kasvu on suurinta maan eteläosassa, niin suhteellinen muutos on suurinta maan pohjoisosassa. Hellejaksojen (vähintään kolme peräkkäistä kynnysrajan ylittävää päivää) osalta sekä niiden keskimääräinen vuotuinen lukumäärä että pituus kasvavat. Maan eteläosassa yli 20 °C hellejaksojen keskimääräinen lukumäärä kasvaa 2,7 kappaleesta 4,3 kappaleeseen ja niiden keskimääräinen pituus 6,1 päivästä 9,4 päivään, eli kumpikin noin puolitoistakertaistuvat. Maan pohjoisosassa vastaavasti lukumäärä kasvaa 0,7 kappaleesta 1,8 kappaleeseen ja pituus 5,0 päivästä 6,3 päivään (Kim et al., 2018).

3.8 Joki- ja talvitulvat

Tulvien luonnollinen vaihtelu on suurta, mutta Etelä- ja Keski-Suomessa jokien talviviltaamien on havaittu kasvaneen ja kevättulvien aikaistuneen (Tuomenvirta ym., 2018). Vuotuisen tulvahuipun keskimääräisen ajankohdan on myös havaittu aikaistuneen, selvimmän lounaisrannikolla (Blöschl et al., 2017).

Muutoksilla sademäärissä, sateiden olomuodossa ja lumipeitteessä on huomattavia vaikutuksia jokien virtaamiin ja tulvien esiintymiseen. Kasvavat sademäärät pyrkivät lisäämään jokien virtaamia, mutta lumipeitteen oheneminen puolestaan voi hillitä lumen sulamista seuraavia kevättulvia. Pääsääntöisesti ilmastomuutoksen myötä kevättulvat pienenevät ja talvitulvat yleistyvät, mutta vaikutukset vaihtelevat vesistön sijainnista ja sen hydrologisista ominaisuuksista riippuen.

Tarkasteltaessa ilmastomuutoksen vaikutusta Kemijoen, Lieksanjoen ja Kymijoen virtaamiin, Kemijoen kevään tulvahuipun odotetaan aikaistuvan ja hieman madaltuvan. Pohjois-Suomen jokien osalta virtaamien odotetaan kuitenkin jatkossakin olevan suurimmillaan keväisin. Vastaavasti Lieksanjoen alueella kevättulvien odotetaan vaihenevan jo selvemmin ja talviviltaamien kasvavan selvästi. Kymijoen alueella virtaamien odotetaan kasvavan talvella ja yleisemminkin Etelä- ja Lounais-Suomen joissa keskimääräisen virtaamahipun arvioidaan asettuvan tulevaisuudessa talveen (Veijalainen ym., 2018).

3.9 Tuulisuus ja kovat tuulet eivät juurikaan muutu

Säähavaintojen mukaan keskimääräinen tuulisuus on ollut lievässä laskussa viime vuosikymmeninä¹⁸. Uusanalyyseissä¹⁹, eli säähavaintojen ja sääennustemallin avulla tuotettu alueellisesti ja ajallisesti kattava arvio ilmakehän tilasta menneisyydessä, taasen korostuvat vuosikymmenien väliset vaihtelut tuulisuudessa. Viime vuosikymmenistä 1990-luku on osoittautunut useamman keskimääräistä tuulisemman vuoden jaksoksi, jolloin tuulet olivat myös tavallista äärevämpiä, korostaen 90-luvun myrskyytyä²⁰. Toisaalta tuloksissa korostuu tuulen voimakas vaihtelu vuosi- ja vuosikymmentasolla, jolloin ilmastollisten anomalioiden ja trendien tarkastelu on suuresti riippuvainen valitusta tarkastelujaksosta.

Metsien tuulituhoilte potentiaalisten päivien lukumäärässä ei ole havaittavissa tilastollisesti merkitsevää trendiä. Toisaalta uusanalyysien mukaan kesäisten rajuilmojen syntyä edistävissä olosuhteissa on havaittu viime vuosikymmenien aikana positiivinen trendi. On kuitenkin epäselvää, missä määrin tämä on heijastunut syvään konvektioon liittyvien puuskatuulien trendeihin. Valitettavasti tilastot rajuilmoihin liittyvien syöksyvirtausten ja trombien esiintymismääristä ja niiden voimakkuuksista ovat Suomessa vajavaisia, lähinnä kyseisten ilmiöiden tarkan havainnoinnin vaikeuden takia. Tieto näistä ilmiöistä perustuu lähinnä ihmishavaintoihin aiheutuneista vahingoista²¹.

Yleisesti ottaen ilmastomuutoksen tuulen nopeudessa aiheuttamien muutosten arvioidaan tulevaisuudessa olevan vähäisiä. Tuoreimpien CMIP6 ilmastomallisimulointien tulosten mukaan 26 ilmastomallin keskiarvona muutos tuulen keskimääräisessä nopeudessa on skenaariossa SSP2-4.5 lähellä nollaa sekä jaksolla 2040-2069 että 2070-2099. Kuten Kuvio 10 nähdään, tuloksissa on ilmastomallijoukon kesken suurta hajontaa, jopa muutoksen suunnan suhteen. Muutoksen 90 % epävarmuushaarukka

¹⁸ Laapas, M. and Venäläinen, A. (2017), Homogenization and trend analysis of monthly mean and maximum wind speed time series in Finland, 1959–2015. *Int. J. Climatol*, 37: 4803-4813.

¹⁹ Selitys ja viite

²⁰ Laurila, TK, Sinclair, VA, Gregow, H. *Climatology, variability, and trends in near-surface wind speeds over the North Atlantic and Europe during 1979–2018 based on ERA5*. *Int J Climatol*. 2021; 41: 2253– 2278.

²¹ Gregow, H., Rantanen, M., Laurila, T.K. and Mäkelä, A. (2020) Review on winds, extratropical cyclones and their impacts in northern Europe and Finland. Helsinki, Finland: Technical report. Finnish Meteorological Institute, Reports 2020, p. 3.

on vuosisadan loppuun mennessä yleisesti noin –10 %:sta +10 %:iin. Selvin muutos-signaali on mahdollinen keskituulien hienoinen heikkeneminen kesällä.²²

Edellisen mallisukupolven CMIP5 ilmastomallisimulointien mukaan eri tuulensuuntien välisissä osuuksissa voi ilmetä muutoksia. Johdonmukaisin signaali löytyy syksyisten länsituulien osuuden kasvamisesta ja itätuulien osuuden vähenemisestä, muutoksen ollessa selvintä voimakkaiden tuulien osalta²³.

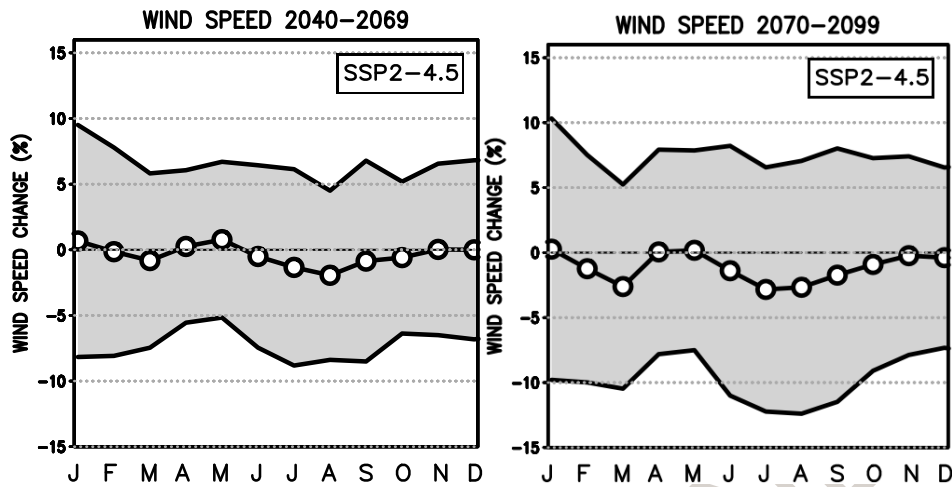
Arviot myrskyisyyden muutoksista tulevaisuudessa sisältävät hyvin paljon epävarmuuksia. Ilmastomallien epävarmuudet ovat erityisen suuria juuri Pohjois-Atlantilla, alueella missä valtaosa Suomeen saapuvista myrskyistä syntyy ja kehittyy. Voimakkaiden matalapainemyrskyjen kokonaismäärän on kuitenkin arvioitu laskevan Pohjois-Atlantilla, saman pätiessä myös voimakkaimpien myrskyjen intensiteettiin.

Rajuilmoja, ja niihin liittyviin ilmiöihin kuten ukkoset, trombit ja syöksyvirtaukset, koskeviin muutosarvioihin liittyy paljon epävarmuutta. Kesien lämpeneminen lisää siinänsä ilmakehän kykyä tuottaa etenkin voimakkaimpia rajuilmoja, mutta korkea lämpötila ei yksinään riitä, sillä muidenkin tekijöiden ilmakehässä pitää olla otollisia. Ilmastomallien tarkkuus on vielä rajallinen rajuilmojen tarkkaan simulointiin, mutta joka tapauksessa nykytiedon valossa näyttää siltä, että lähivuosisikymmeninä ei ole odotettavissa suuria muutoksia ukkosten, trombien ja syöksyvirtausten esiintymiseen Suomessa. Lähivuosisikymmeninä ilmiöiden esiintymisessä korostuu edelleenkin suuri vuosien välinen vaihtelu ja satunnaisuus, etenkin voimakkaimpien tapausten osalta. Vuosisadan loppuun mennessä ilmastomallisimulaatiot osoittavat kuitenkin voimakkaiden ukkosmyrskyjen yleistyvän 5–40 % Pohjois-Euroopassa ja sen myötä myös riski niihin liittyvien voimakkaiden puuskatuulien esiintymiselle kasvaa (Gregow ym., 2020).

Kuvio 10. Keskimääräisen tuulen nopeuden muutos kuukausittain vuosisadan puoliväliin (vasen) ja loppuun (oikea) mennessä SSP2-4.5 skenaariossa verrattuna jaksoon 1981–2010. Valkoiset ympyrät kuvaavat 26 CMIP6 ilmastomallin keskiarvoa ja harmaa varjostus muutoksen 90 % epävarmuusväliä.

²² Ruosteenoja, K. and K. Jylhä, 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. *Geophysica*, 56, 39–70

²³ Ruosteenoja, K., Vihma, T., & Venäläinen, A. (2019). Projected Changes in European and North Atlantic Seasonal Wind Climate Derived from CMIP5 Simulations, *Journal of Climate*, 32(19), 6467-6490



3.10 Merenpinnan nousu riippuu sijainnista

“Merenpinnan keskimääräinen korkeus eli keskivedenkorkeus Suomen etelärannikolla riippuu 1) maailmanlaajuisesta merenpinnan korkeudesta ja sen muutoksista, 2) keskimäärin vallitsevista tuulista sekä 3) maan kohoamisesta. Muutoksia ei ole mahdollista ennustaa tarkasti, etenkin koska ei ole lainkaan selvää, miten jäätiköiden sulaminen ja meriveden lämpölaajeneminen lopulta näkyvät merenpinnan korkeudessa ja miten nämä vaikutukset jakautuvat maapallon eri osiin.

Itämeren suhteellinen merenpinnan korkeus nousee sulamisveden lisääntymisestä merissä, veden laajentumisesta lämpenemisen johdosta, vallitsevista tuulista, tai maan painumisesta ja kohoamisesta. Pohjoisella Itämeren alueella maan kohoaminen on edelleen nopeampaa kuin merenpinnan nousu, jonka johdosta merenpinnan keskimääräinen korkeus alueella alenee edelleen. Arviot Itämeren merenpinnan noususta vuoteen 2100 vaihtelevat, mutta todennäköiset vaihteluvälit arvioidaan olevan 29-56 cm (RCP2,6) ja 61-110 cm (RCP8,5)^{24,25}.

Tällä hetkellä arvioidaan, että merenpinta nousee lähellä sulavia mannerjäätiköitä (esim. Grönlanti) vähemmän kuin kauempana, koska jäätikön sulaminen paikallisesti hieman heikentää maan painovoimakenttää. Näin ollen esimerkiksi Itämerellä Grön-

²⁴ Mäkelä ym. (2016), s. 21

²⁵ HELCOM (2021), s. 31

lannin mannerjäätikön sulamisen vaikutukset ovat huomattavasti pienemmät kuin kaupunana Grönlannista. Aihetta tutkitaan maailmalla laajasti, ja uutta tietoa on odotettavissa lähivuosina”²⁶

Suomenlahden merenpinta nousee vuosisadan loppuun mennessä keskimäärin n. 30 cm ja korkeimman arvion mukaan jopa 90 cm.

Tämänhetkisten arvioiden mukaan vuoteen 2100 mennessä keskimääräinen merenpinta nousee Suomenlahdella n. 30 cm, korkeimman arvion ollessa n. 90 cm”²⁷ Skenaarioita meriveden pinnannoususta päivitetään säännöllisesti ja ne on syytä ottaa huomioon rannikkoalueiden suunnittelussa ja rakentamisen ohjauksessa yhtenä tulvariskeihin vaikuttavista osatekijöistä²⁸

3.11 Meritulvariski muuttuu

Merivesitulvat johtuvat pitkäaikaisen merenpinnan nousun lisäksi lyhytaikaisemmista ilmiöistä, kuten myrskytuulista, ilmanpaineen vaihtelusta sekä Itämeren vedenpinnan edestakaisesta ominaisheilahtelusta.

Merenpinnan korkeuden noususta johtuen, Itämeren alueelle kohdistuu myös meritulvariskiä. Merenpinnan nousun lisäksi meritulvat syntyvät myrskytuulista, ilmanpaineen vaihtelusta ja Itämeren vedenpinnan edestakaisesta ominaisheilahtelusta. Pohjanlahdella arvioidaan kerran sadassa vuodessa (1% vuosittainen todennäköisyys) esiintyvän tulvakorkeuden laskevan vuoteen 2050 asti maankohoamisen seurauksena. Vuoteen 2100 mennessä arvioidaan, että tulvakorkeus kasvaa miltei kaikilla merialueilla verrattuna nykytilanteeseen²⁹.

Meritulvan riski on kasvussa ja on vuosisadan lopulla Suomenlahdella selkeästi suurempi kuin nyt, mikä johtuu pääasiassa meriveden lämpölaajenemisesta ja mannerjäätiköiden sulamisesta.

Tämänhetkisen arvion mukaan keskimäärin kerran sadassa vuodessa (1% vuosittainen todennäköisyys) esiintyvä tulvakorkeus voi Pohjanlahdella laskea nykyhetkestä vuoteen 2050 saakka maankohoamisen seurauksena.

²⁶ Mäkelä ym. (2016), s. 21

²⁷ Tuomenvirta ym. (2018), s. 8

²⁸ Tuomenvirta ym. (2018), s. 35

²⁹ Tuomenvirta ym. (2018), s. 35

Vuoteen 2100 mennessä tulvakorkeuksien arvioidaan kasvavan lähes kaikilla merialueilla verrattuna nykytilanteeseen (kuva 3.4). Arvio perustuu uusimpiin kansainvälisiin skenaarioihin valtamerien pinnannoususta.

“How extremes will change is uncertain, as they depend on the path of future low pressure systems. In the southern Baltic Sea, extremes that are rare today will become more common due to mean sea level rise”³⁰

3.12 Itämeren jääpeiteaika lyhenee, mutta jäätilanteet voivat olla haastavia myös tulevina vuosikymmeninä

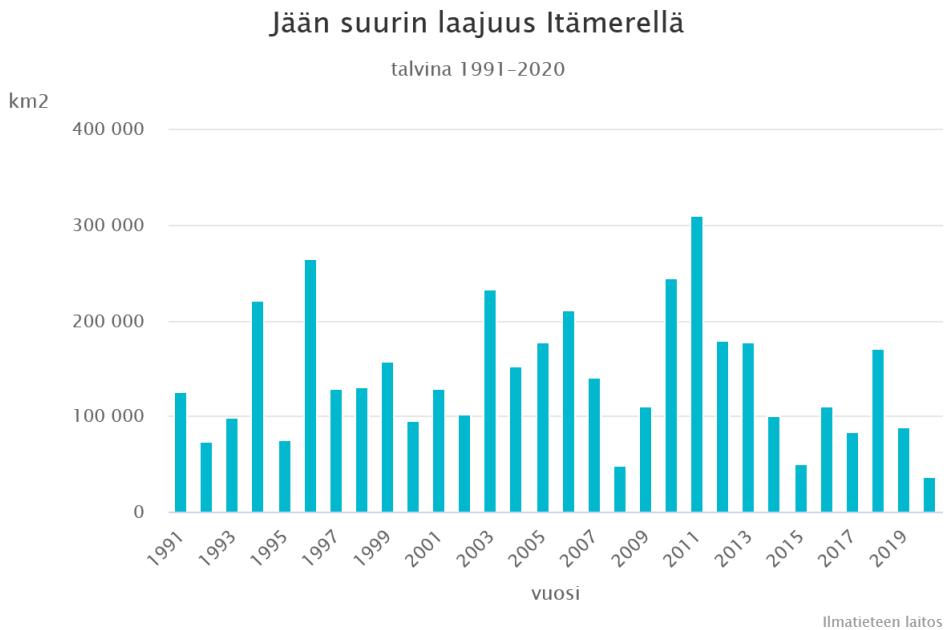
Ilmastonmuutos vaikuttaa merijään esiintyvyyteen ja laajuuteen. Merijäähän vaikuttaa eniten ilman lämpötilan muutokset, mutta jään alueellisiin esiintyvyyteen ja levinneisyyteen vaikuttaa myös tuuli.

Itämeren jääpeitteen suurimman laajuuden vaihteluväli talvina 1991–2020 oli 37 000 – 309 000 km². Keskimäärin suurin laajuus oli tuona 30 vuoden jaksolla 141 000 km².

Kuvio 11. Jään suurin laajuus Itämerellä.³¹

³⁰ HELCOM (2021), s. 31

³¹ <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaatilastot>



Viimeisen sadan vuoden aikana jäätalvet ovat lauhtuneet. Jaksot ovat lyhentyneet (18-41 päivää) ja jään kattavuus pienentynyt noin 30%. Trendi jääpeitteen maksimilaajuuden vähenemisessä on noin $-6400 \text{ km}^2/10\text{v}$ ja 2060-luvulta eteenpäin tyypillisenä talvena jääpeite laajimmillaankin jää alle $80 \times 10^3 \text{ km}^2$.

Jäätilanne tulee olemaan hyvin erilainen Itämeren eri osissa. Esimerkiksi Selkämerellä ja läntisellä Suomenlahdella tilanne talvien lyheneminen vähentää jääpeitettä. Sen sijaan esimerkiksi itäisellä Suomenlahdella, vaikka jäätilanne helpottuu, niin tilanne vaatii jäänmurtokalustolta erilaista sopeutumiskykyä. Perinteiset jäänmurtajat eivät voi toimia poikkeuksellisella tuulella eikä uusissa jäätilanteissa, vaan tarvitaan uudenlaista kalustoa. Joudutaan liikkumaan myös avoimella merellä. Edestakaisin sahaavat kylmät ja leudot jaksot aikaansaavat merenkulkua hankaloittavat jääolot. Meri, jossa on paksu jää, on helpompi hallita, kuin nykyiset vaihtelevat olot.

Merijään muutosten merkitys on suurempi Itämeren pohjoisosassa, erityisesti laivaliikenteen kannalta. Merenkululle muutos tarkoittaa vähentynyttä tarvetta jäänmurtajille ja vähemmän rajoituksia merenkulun reitteihin. Keskimääräisesti pienempi jääpeite ei tosin tarkoita, että ankarat jäätalvet tai ajojää hävisivät kokonaan^{32, 33}.

³² HELCOM (2021), s. 23

³³ Luomaranta et al., 2014. Multimodel estimates of the changes in the Baltic Sea ice cover during the present century, Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography, 66:1, DOI: [10.3402/tellusa.v66.22617](https://doi.org/10.3402/tellusa.v66.22617)

Esimerkiksi Itämeren jääpeitteen maksimilaajuus ja ankarien jäätalvien todennäköisyys pienenevät vuoteen 2050 samalla, kun leudot ja erittäin leudot jäätalvet yleistyvät³⁴. Keskimääräinen jäänpaksuus puolestaan vähenee 30–40 cm vuoteen 2060 mennessä³⁵. Pohjanlahden jäätalvannetta selvittäneen tutkimusten tulosten perusteella Perämeren pohjoisosa jäätyy jokaisena talvena 2050-luvulla. Jään paksuus on tuolloin enimmillään 80 cm ja mediaani on 50 cm. Mallinnusten perusteella Selkämeren eteläosassa on 2050-luvulla yli 50 %:n todennäköisyys jään esiintymiselle ja paksuuden mediaani on yli 10 cm. Jäätalven pituus lähellä 2050-lukua voi Perämeren pohjoisosassa ylittää usein 150 päivää, mutta muualla pituus on lähempänä sataa päivää ja vaihtelee hyvin paljon.³⁶

3.13 Vyörymät ja maan vajoaminen

Säähän liittyvien **maanvyöryjen** riski Suomessa on pieni. Runsaat jatkuvat sateet tai rankat lyhytkestoiset sateet voivat laukaista maavyöryjä, mikäli rinteiden kaltevuus on suuri. Suomessa on vähän asutusta tai riskialtista toimintaa jyrkissä rinteissä alltiina rankkasateiden laukausemien maanvyöryjen riskeille.

Maanvyöryjen kaltainen riski talvipuolella vuotta ovat **lumivyöryt**. Lumivyöryille otollinen tilanne jyrkissä rinteissä kehittyy talven kuluessa, jos lumipeitteeseen syntyy erilaisia kerroksia ja sulamis-jäätymissykliä vuoksi jäinen kerros, jonka päällä irtolumi liikkuu helposti. Otollisessa säätilanteessa lumivyöry voi käynnistyä joko itsestään tai ulkoilijan laukaisemana. Ilmastonmuutoksen seurauksena Lapissa lämpötilan vaihtelun molemmilla puolilla talvisin yleistyvät ja siten lumivyöryille otolliset säätilanteet yleistyvät.

3.14 Sumu

Sumun kehittymiseen vaikuttavat säätilanteeseen liittyvät useat meteorologiset tekijät, ja niiden lisäksi paikallisilmastoon liittyviä tekijöitä kuten pinnanmuodot, vesistöt sekä vuoden- ja vuorokauden ajat. Ilmastomallit eivät kykene simuloimaan riittävällä tarkkuudella sumujen esiintymisessä tapahtuvia muutoksia ilmaston muuttuessa. Epäsuorasti voidaan kuitenkin esittää arvioita, että syksyisin sumujen todennäköisyys kasvaa

³⁴ Luomaranta ym. 2010 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/24433>

³⁵ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

³⁶ Anttoni Erkkilä 2021. Jäätalanne Pohjanlahdella menneinä ja tulevana lähivuosisikymmeninä. Pro gradu.

erityisesti vesistöjen läheisyydessä, kun jään muodostumien vesistöissä viivästyy nykyisestä ja kosteutta siirtyy vesistöistä ilmaan.

Sumu voi huonon näkyvyyden vuoksi lisätä onnettomuusriskiä lähinnä maantie- ja meriliikenteessä. Suuri osa säähän liittyvistä meripelastustehtävistä tapahtuu sumutilanteissa veneilijöille, joilla on puutteelliset navigointitaidot. Ilmaston muuttuessa veneilykausi myös pitenee, mikä osaltaan lisää riskejä.

KESKENERÄINEN

4 [Ilmastoriskien hallinnan ja sopeutumisen hallinnolliset vastuut]

[Viimeistellään myöhemmin]

4.1 Vastuu sopeutumisesta on jokaisella hallinnonalalla

Ilmastonmuutoksen moniulotteinen ja poikkisektoraalinen asiakokonaisuus on haastavaa hoitaa nykyisenlaisella toimialoihin perustuvalla hallintoperinteellä. Usein toimialoilta puuttuu sopeutumistyössä selkeästi määritellyt vastuut, käytännöt ja toimintaohjeet, mikä vaikeuttaa monien toimien toteuttamista. Hallinnon siiloutuminen nähtiin myös suurena haasteena sopeutumistyölle, niin toimialojen sisällä, kuin myös välillä. Toisaalta sopeutumistyön poikkihallinnollisuus voi parhaimmillaan toimia siiloutuneita rakenteita yhdistävänä tekijänä.

Yhteistyössä on paljon kehittämisen varaa sekä toimialojen sisällä että niiden välillä. Hallinnonalojen siiloutuminen voi haastaa sopeutumisen edistämistä, mutta yhteistyöhön panostamalla voidaan toisaalta myös ratkoa siiloutumisen aiheuttamia haasteita. Yleisellä tasolla yhteistyötä halutaan lisätä ja kehittää: sopeutumisesta vastaavan ministeriön toivottiin koordinoivan sopeutumisyhteistyötä aiempaa enemmän, toimialojen sisäistä ja välistä yhteistyötä toivotaan tehtävän lisää sekä kansainvälistä yhteistyötä niin kansainvälisten organisaatioiden (esim. IPCC ja IPBES) välillä kuin boreaalisen kasvillisuusvyöhykkeen maiden välillä halutaan edistää. Arvioinnissa nousi esille myös tarve tiiviimmästä yhteistyöstä järjestökentän ja yksityisen sektorin toimijoiden kanssa.

Ilmastonmuutoksen suorien vaikutusten tunnistamisen lisäksi toimialojen keskinäisriippuvuudesta kumpuavien välillisten vaikutusten ja vaikutusketjujen tunnistaminen on keskeistä tehokkaan ja ennakoivan ilmastotyön mahdollistamiseksi.

Välillisillä vaikutuksilla tarkoitetaan vaikutuksia, jotka toimialojen kytkeytyneisyyden myötä kohdistuvat epäsuorasti useiden toimialojen toimintaan. Välilliset vaikutukset voivat olla luonteeltaan yksisuuntaisia (esim. liikenneverkon toimintavarmuus vaikuttaa eri elinkeinojen logistiikkaketjujen toimintaan) tai kaksisuuntaisia (esim. maa- ja

metsätalouden muutokset vaikuttavat luonnon monimuotoisuuden tilaan, ja vastavuoroisesti luonnon monimuotoisuuden tila vaikuttaa useiden luonnonvara-alojen toimintaedellytyksiin). Toimialarajat ylittävät vaikutusketjut ovat tyypillisesti moniulotteisia ja vaikutukset ovat usein jäljitettävissä useiden toimialojen yli. Toimialojen kytkeytyneisyyden myötä on myös tyypillistä, että toimiala sijaitsee vaikutusketjun keskivaiheilla, eli toimiala on riippuvainen yhdestä tai useammasta toimialasta ja vastavuoroisesti sen toiminnasta ovat riippuvaisia jotkin toiset toimialat. Esimerkiksi luonnonvara-alojen haastattelussa korostui, että luonnonvara-alojen toimintaan vaikuttaa keskeisesti energian toimitus- ja huoltovarmuuteen sekä liikenteeseen ja logistiikkaan vaikuttavat asiat sekä osittain myös matkailun muutokset esim. luonto- ja erämatkailun kasvaessa. Vastaavasti toimialalla tapahtuvien muutosten todettiin vaikuttavan muun muassa terveyteen ja vesivaroihin.

Toimialarajat ylittävien vaikutusten tunnistaminen ja arviointi koettiin verrattain haastavaksi haastateltujen toimesta, ja esimerkiksi vesialan haastattelussa todettiin että epäsuoria vaikutuksia ei ole käsitelty riittävästi. Vaikutusten tunnistamista ja niistä käytävää keskustelua hankaloittaa osaltaan se, ettei käytetty terminologia ole yhdenmukaista (haastatellut käyttivät toimialarajoja ylittävistä vaikutuksista eri määreitä kuten välillinen, epäsuora, poikkileikkaava, poikkihallinnollinen, keskinäisriippuvuus, kerrannaisvaikutus). Useilla toimialoilla myös tunnistettiin hallinnonalojen siiloutuminen yhdeksi keskeiseksi välillisten vaikutusten tunnistamista ja niihin vastaamista vaikeuttavaksi tekijäksi.

Eniten välillisiä vaikutuksia tunnistettiin suhteessa yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittisiin toimialoihin kuten vesihuolto, sähkön- ja energiantuotanto ja niiden toimitusvarmuus sekä liikenne ja tietoliikenne. Näihin kohdistuvien esim. sään ääri-ilmiöistä kuten myrskyistä, kuivuudesta ja tulvista sekä poikkeuksellisista tykkylumitilanteista johtuvien riskien todettiin haastatteluissa nopeasti vaikuttavan elinkeinoelämän eri osa-alueisiin sekä sosiaali- ja terveydenhuoltoon. Yhteiskunnan muuttuessa entistä teknisemmäksi, riippuvuus teknologiasta ja sen tarvitsemasta häiriöttömästä sähkönjakelusta kasvaa entisestään. Ilmastomuutoksen hillinnän tavoitteisiin liittyvien muutosten kuten ajoneuvokannan sähköistymisen sekä energiankäyttömuotojen muutokset fossiilisista energianlähteistä bioenergiaan nähtiin mahdollisesti lisäävän järjestelmien haavoittuvuutta erilaisille sään ääri-ilmiöiden aiheuttamille häiriöille. Myös elintarvikehuollon turvaaminen perustuu riittävän omavaraiseen maataloustuotantoon, joka on altis sään ääri-ilmiöiden vaikutuksille. Maatalouteen liittyen varautumisketjuna tunnistettiin erityisesti kasvinjalostuksen mahdollisuudet parantaa käytössä olevien kasvilajien ilmastokestävyyttä muuttuvassa ilmastossa sekä uusien lajikkeiden hyödyntämistä niiden viljelyn mahdollistuessa. Haastatteluissa arvioitiin, että yhteiskunnan kannalta kriittisten toimintojen osalta häiriöihin on varauduttu verrattain hyvin huoltovarmuustyön kautta. Myös puutteita tunnistettiin, esimerkiksi harvinaisempiin

riskeihin varautumisessa sekä yksittäistä toimijaa tai toimialaa laajemmassa alueellisen tason riskien tarkastelussa, jossa juuri toimialojen kytkeytymisen tarkastelu nähtiin tärkeänä.

4.2 Kokonaisturvallisuuden malli

Valmiuslaissa (1552/2011) säädetään viranomaisten varautumisesta poikkeusoloihin ja viranomaisten toimivaltuuksista poikkeusolojen aikana. Valmiuslain 13 §:n mukaan varautumista johtaa ja valvoo valtioneuvosto sekä kukin ministeriö toimialallaan. Kukin ministeriö yhteen sovittaa varautumista omalla toimialallaan.

Kokonaisturvallisuus on suomalaisen varautumisen yhteistoimintamalli, jossa yhteiskunnan elintärkeistä toiminnoista huolehditaan viranomaisten, elinkeinoelämän, järjestöjen ja kansalaisten yhteistyönä. Kokonaisturvallisuuden yleiset periaatteet linjataan yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa³⁷. Uhkien realisoitumiseen voi myös ilmastonmuutos olla myötävaikuttavana tekijänä. Uhkamallit päivitetään osana kansallista riskiarvioita kolmen vuoden välein.

Keskeinen osa kokonaisturvallisuutta on yhteiskunnan resilienssin parantaminen, mihin liittyen tulee ottaa huomioon kaikki tässä raportissa mainitut riskit ja haavoittuvuudet. Ilmastonmuutoksen globaalit ja kotimaassa ilmenevät seuraukset uhkaavat myös Suomen turvallisuutta. Vaikka vaikutukset eivät ole yhtä äkillisiä tai mittasuhteiltaan suuria kuin ilmastonmuutokselle alttiimmilla alueilla, ne edellyttävät silti ennakoitua ja käytännön toimintaa varautumisen edistämiseksi. Vuosien ja joskus jopa vuosikymmenien päähän ajoittuvia uhkia on parhaiten mahdollista lievittää jo ennalta, parantamalla koko varautumisen järjestelmän kykyä kohdata ilmastonmuutos.

Ilmastonmuutoksesta aiheutuvat häiriöt vaikuttavat yhteiskunnan elintärkeisiin toimintoihin. Häiriöt koskevat usein monia toimintoja ja viranomaisia, jolloin viranomaisten välinen toimiva yhteistyö on erittäin tärkeää. Varautumista on toteutettava tiiviisti ilmastonmuutoksen hillinnän ja siihen sopeutumiseen tähtäävien suunnitelmien rinnalla.

Kokonaisturvallisuuden malli tarjoaa valmiin, erittäin käyttökelpoisen viitekehyksen ilmastonmuutoksen uhkiin varautumiseen. Se mahdollistaa uudenlaisten, ei-sotilaallisten uhkien käsittelyn ja pitkäjänteisen ennakoinnin. Lisäksi kokonaisturvallisuuden

³⁷ Valtioneuvosto (VN) 2017. yhteiskunnan turvallisuusstrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös. https://turvallisuuskomitea.fi/wp-content/uploads/2018/02/yTS_2017_suomi.pdf

mallin mukainen eri alojen keskinäinen tiedonvaihto ja yhteistoiminta tukevat kokonaisvaltaista, monialaista varautumis- ja sopeutumistoimintaa.

4.3 Toimialarajat ylittävät kysymykset entistä tärkeämpiä

Yksittäinen ilmatoriski koskettaa vain harvinaisissa tapauksissa ainoastaan yhtä toimialaa, jonka johdosta on otettava huomioon, miten riskit ylittävät toimialojen rajoja. Toimialojen verkottuneisuus vaikeuttaa sekä suorien ja välillisten vaikutusten tunnistamista ja käsittelemistä. Jos toimialarajat ylittäviä riskejä ei huomioida sopeutumistoi-
mien suunnittelussa ja toteutuksessa, voi syntyä tilanne, jossa yhdellä hallinnonalalla tehty sopeutumistoimi voi tahattomasti lisätä toisen hallinnon- ja toimialan haavoittuvuutta tai vähentää hillintätoimien vaikutusta. Esimerkiksi rakennusten lisääntynyt mekaaninen viilentäminen voi lieventää hellejaksojen aiheuttamia kielteisiä terveydellisiä seurauksia samaan aikaan, kun hiilidioksidipäästöt lisääntyvät. Ottamalla paremmin huomioon toimialarajat ylittävät ilmatoriskit voidaan siten edistää sopeutumistyötä systemaattisemmin.

Uuden ilmastolain (HE 27/2022 vp) mukaan tuleekin jatkossa tehdä hallinnonala- ja toimialakohtaisten riski- ja haavoittuvuustarkastelujen lisäksi poikkileikkaavia tarkasteluja. Poikkileikkaavien ilmatoriskitarkastelujen tavoitteena on tunnistaa, kuinka ilmastomuutoksen vaikutukset ja niistä aiheutuvat seuraukset leikkaavat olemassa olevia toimialarajoja. Lisäksi tarkasteluilla voidaan paremmin havaita mahdollisia eri hallinnonaloilla tapahtuvien sopeutumistoi-
mien välisiä synergioita ja ristiriitoja.

Kansallisen sopeutumis suunnitelman 2022 väliarvioinnissa kiinnitettiin huomiota toimialojen välisiin kytköksiin (Mäkinen ym. 2019). Arvioinnin perusteella kytkösten tunnistamisessa on huomattavaa vaihtelua hallinnonalojen kesken. Osalla hallinnonaloilla kytkökset on tunnistettu runsaasti ja huomioidaan myös käytännössä. Toisaalla toimialarajat ylittäviä riskejä ei ole juurikaan huomioitu ja toiminta koettiin monesti siiloutuneeksi. Myös kansallisen sopeutumispolitiikan edistymisestä tehdyssä kokonaisarviossa (Hildén ym. 2022) huomioitiin sopeutumistyön läpileikkaavuuden tuomat haasteet. Arviossa kehittämiskohteina mainitaan mm. poikkihallinnollisen yhteistyön lisääminen ja tarkempien välillisiin ja toimialarajat ylittäviin vaikutuksiin ja vaikutusketjuihin keskittyvien tarkastelujen tuottaminen.

Läpileikkaaviin ilmatoriskeihin on kiinnitetty huomiota myös kansainvälisesti eri mitta-
kaavassa, ja poikkihallinnollisia tarkasteluja on toteutettu eri maissa erilaisin painopis-

tein ja lähestymistavoin. Esimerkiksi Ruotsissa julkaistiin vuonna 2022 kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumisen asiantuntijaneuvoston raportti (Första rapporten från nationella expertrådet för klimatanpassning). Raportissa valotetaan ilmatoriskien läpileikkaavuutta ensisijaisesti keskittyen vesihuoltoon ja ihmisten terveyteen liittyviin poikkihallinnollisiin haasteisiin. Raportissa mainitaan myös yksittäisten toimialojen kohdalla mahdolliset vuorovaikutteiset riskit.

Iso-Britannian vuonna 2022 toteutuneessa kansallisessa ilmatoriskiarviossa (UK Climate Risk Independent Assessment CCRA3) ilmatoriskien läpileikkaavuutta tarkasteltiin tarkasti. Jokaisen uhkatekijän kohdalla arvioitiin riskien vuorovaikutteisuutta muihin toimialoihin ja vuorovaikutteisten riskien suuruutta. Itse arviointi läpileikkaavista riskeistä perustui erilliseen tilaustutkimushankkeeseen, jossa tärkeimmät ilmatoriskikykökset analysoitiin. Koko riskiarvion budjetti oli n. 1,8 miljoonaa puntaa.

Saksassa kansallinen ilmatoriskiarvio julkaistiin vuonna 2015 (Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel). Arviossa riskejä tarkasteltiin sekä toimialakohtaisesti että läpileikkaavasti. Läpileikkaavuutta tunnistettiin hyödyntämällä verkostoanalyysin kaltaista lähestymistapaa, jonka tuloksena syntyi mm. vuorovaikutuskartta eri toimialojen välisistä yhteyksistä.

5 Riskit luontoympäristössä

5.1 Itämeri

Ilman lämpötilan tavoin myös veden lämpötila jatkaa nousemistaan. Meret ovat tärkeässä roolissa ilmastonmuutoksessa, sillä suurin osa ilmaston lämpenemisen aiheuttamasta lämmöstä on varastoitu merissä. Veden lämpötilan nousulla on myös merkittävät vaikutukset meriekosysteemiin. Reunameret ympäri maailmaa ovat lämmenneet nopeammin kuin avomeret, ja kaikista reunameristä, Itämeri on lämmennyt eniten³⁸.

Itämeren veden lämpötilan nousulla on vaikutuksia lajistokoostumukseen. Monet veden kemialliset ja fysikaaliset prosessit muuttuvat, ja esimerkiksi viileään veteen sopeutuneet lajit todennäköisesti taantuvat eteläisempien lajien runsastuessa. Pintaveden lämpötilan nousu muuttaa planktonin lajistokoostumusta ja suosii esim. nopeasti lisääntyviä pienikokoisia eläinplanktonlajeja, kuten rataseläimiä ja vesikirppuja. Myös hajottajabakteerien aktiivisuus lisääntyy, mikä kiihdyttää ravinteiden ja hiilen kierräystä pintavesikerroksessa.

Itämeren jääpeitteen häviäminen vaikuttaa haitallisesti sekä Itämeren ekosysteemin pienimpiin että suurimpiin eliöihin. Merijään mikrokooppisissa suolavesikäytävissä elävät levät ja bakteerit menettävät monin paikoin elinympäristönsä.

Myös itämerennorpat (*Pusa hispida botnica*) joutuvat ahdinkoon, koska ne poikivat keväisille ahojaille. Lämpenemisen voimistumisen katsotaan olevan itämerennorpan suurin uhkatekijä tulevaisuudessa, ja sen levinneisyysalue voi tulevaisuudessa rajoittua Perämerelle. Ilmastonmuutoksen vaikutukset harmaahylkeeseen eli halliin (*Halichoerus grypus*) ovat lievemät, koska halli pystyy poikimaan myös maalle ja merijään vähetessä sen talviset ruokailualueet saattavat jopa laajentua³⁹.

Ravinteiden valuminen Itämereen todennäköisesti lisääntyy ilmastonmuutoksen seurauksena. Talven sademäärän lisääntyminen myötävaikuttaa ravinteiden huuhtoutu-

³⁸ HELCOM (2021), s. 21

³⁹ Ilmasto-opas, ”Itämeren erityispiirteet saattavat kadota ilmaston muuttuessa”

mista valuma-alueista jokien kautta mereen ja rannikkovesiin. Nämä vaikutukset näkyvät ruokojen lisääntymisenä ja umpeenkasvuna sekä rantaan ajautuvien rehevöityneiden rihmalevien lisääntymisenä⁴⁰.

Kesäaikainen lämpeneminen puolestaan lisää sinilevien eli syanobakteerien kasvua⁴¹. Sinilevät tarvitsevat kasvuunsa sekä typpeä että fosforia – ne pystyvät sitomaan itseensä ilmasta veteen liuennutta typpikaasua, joten vain fosforin saanti rajoittaa niiden esiintymistä.⁴²

Talviaikaan lisääntyvät sateet ja paljas maa lisäävät ravinteiden huuhtoutumista maa-alueilta, mikä lisää ravinteikkaissa vesissä viihtyviä leviä, kuten silmä-, panssarisiima-, tarttuma-, ja nieluleviä⁴³. Itäisellä Suomenlahdella veden laatu näyttää tällä hetkellä paranemisen merkkejä, mutta esimerkiksi Saaristomerellä ja Selkämerellä kehitys näyttää heikkenevän. Ravinteiden huuhtoutumisen ja rehevöitymisen osalta voi olla eroja eri merialueilla⁴⁴.

Lisääntyvä hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä on yksi merkittävimmistä syistä Itämeren happamoitumiselle. Meren happamoituminen voi vaikuttaa meressä eläviin organismeihin ja erityisesti niihin, joiden ulkoinen tukiranka muodostuu kalsiumkarbonaattista⁴⁵.

Ilman lämpötilan nousu aiheuttaa meren helleaaltoja, joilla on suoria ja epäsuoria vaikutuksia luontotyyppeihin, lajeihin ja populaatioihin maa- ja vesiekosysteemeissä. Itämeren alueella ilman lämpötila on noussut viime vuosisadan aikana ja tahti on kiihtynyt viimeisten vuosikymmenten aikana. Lämpötilan nousussa on vuosikymmeniä kestäviä vaihtelua, etenkin talvien aikana, mutta ilman lämpenemistä on havaittavissa kaikissa kausissa ja erityisesti keväisin⁴⁶. Lämpeneminen todennäköisesti muuttaa Itämeren lintupopulaatioita. Talvilämpötilojen nousun takia alueella talvehtivia lintuja esiintyy nykyään pohjoisempana kuin aikaisemmin⁴⁷. Viimeisen kymmenen vuoden aikana lämpöaallot ovat iskeneet Itämeren alueelle ja samalla lämpöaaltojen pituus näyttää pitenevän. Muutokset äärimmäisessä lämpötilassa voivat vaikuttaa biologiseen ja ihmisten toimintaan merkittävämmiin kuin muutokset keskilämpötilassa⁴⁸.

⁴⁰ Kontula ja Raunio (2018), s. 76

⁴¹ Viitasalo & Bonsdorff (2022)

⁴² Ilmasto-opas, ”Itämeren erityispiirteet saattavat kadota ilmaston muuttuessa”

⁴³ Ilmasto-opas, ”Itämeren erityispiirteet saattavat kadota ilmaston muuttuessa”

⁴⁴ Kontula ja Raunio (2018), s. 76

⁴⁵ HELCOM (2021), s. 29

⁴⁶ HELCOM (2021), s. 21

⁴⁷ Ilmasto-opas, ”Itämeren erityispiirteet saattavat kadota ilmaston muuttuessa”

⁴⁸ HELCOM (2021), s. 21

5.2 Muut vesiekosysteemit

Ilmastonmuutoksella on sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia vesien tilaan.

Voidaan osoittaa, että järvien jääpeiteaika on lyhentynyt ja järvien lämpötilakerrostuneisuus on muuttunut vuosisyklin aikana lämpötilojen ja sateiden muutosten sekä tulvien ajankohtien muutosten myötä. Ilmastonmuutoksen osuuden erottaminen muista tekijöistä, kuten esim. maankäytön ja muun ihmistoiminnan vaikutuksista, on kuitenkin hyvin vaikeaa.

Veden lämpötilan noustessa ja kasvukauden pidentyessä **vesistöjen perustuotanto voi lisääntyä, rehevöityminen voimistua ja leväkukintojen määrä kasvaa**. Vesien bakteerimäärät voivat myös lisääntyä. Järvien kesäaikainen lämpötilakerrostuneisuus pitenee ja voi voimistua lämpötilan noustessa. Pohjalle vajoavan orgaanisen aineksen määrän lisääntyminen lisää todennäköisesti hapen kulutusta. Myös hapenkulutus voi kasvaa, jos lähellä pohjaa olevan vesikerroksen lämpötila kasvaa. Toisaalta jääpeitekauden lyheneminen voi olla happitilanteen kannalta eduksi⁴⁹.

Ilmastonmuutos vaikuttaa vesieliöiden levinneisyyteen ja runsauden vaihteluun sekä ihmisten käyttämiin ekosysteemipalveluihin, kuten kalastukseen ja virkistyskäyttöön, mutta arviot ovat vielä melko epävarmoja. Alustavien arvioiden mukaan sisävesiluonto tulee muuttumaan merkittävästi erityisesti arktisella alueella. Paikoin lisääntyvä rehevöityminen ja mahdolliset vieraslajit voivat aiheuttaa riskejä vesistöjen ekosysteemeille. Eteläiset, lämmintä vettä suosivat lajit leviävät pohjoiseen, ja pohjoiset, kylmää vettä suosivat lajit katoavat tai pakenevat kauemmas pohjoiseen. Vaikka lajien kirjo pohjoisilla alueilla lisääntyy, muutoksen kokonaisvaikutukset tulevat olemaan haitallisia⁵⁰.

Pienet vesistöt, purot ja lammet ovat erityisen herkkiä lämpötilastressille. Pahimmillaan purot voivat kuivua lähes kokonaan, mikä voi vahingoittaa niiden ekologiaa. Hydrologisen kausirytmien muutosten on havaittu vaikuttavan muun muassa pohjaeliöiden lajikoostumukseen erityisesti pienvesissä. Tulvien vähenemisen ja kesän kuivuuden yleistymisen myötä kosteana säilyvät rantavyöhykealueet kapenevat ja niiden kasvillisuuden lajirunsaus vähenee⁵¹.

Lisääntyvä sadanta vaikuttaa luontotyyppeihin eri tavoin. Sadannan kasvu arvioidaan lisäävän vesien tummumista, mutta paikalliset vaihtelut ovat suuria valuma-alueen ominaisuuksien, maalajien ja maankäytöstä johtuen. On laskettu, että kymmenen

⁴⁹ Veijalainen ym. (2021), s. 6

⁵⁰ Veijalainen ym. (2021), s. 6

⁵¹ Veijalainen ym. (2021), s. 6

prosentin kasvu sadannassa lisää hiilen kulkeutuvuutta vähintään 30 %. Vesien tummuminen puolestaan vaikuttaa vesistöjen perustuotantoon lisäämällä vähähappisia olosuhteita ja muuttamalla valo-olosuhteita^{52, 53}.

Hydrologisten ääri-ilmiöiden lisääntyminen todennäköisesti voimistaa metallien ja happamuuden huuhtoutumista maaperästä erityisesti happamilta sulfaattimailta. Seurauksena **vesiekosysteemien ja kalakantojen todennäköisyys altistua myrkyllisille metalliyhdisteille kasvaa**. Pitkien kuivien kausien ja niitä seuraavien rankkasateiden jälkeen esiintyy korkeita myrkyllisten yhdisteiden pitoisuuksia. Erityisesti vähäjärvisillä valuma-alueilla, joissa virtaaman vaihtelut ovat nopeita, ongelma voi korostua⁵⁴.

Odotetaan talviaikainen valunnan kasvavan, talvitulvien yleistyvän ja kevättulvien pienenevän ilmastonmuutoksen johdosta. Muutokset valunnassa vaikuttavat **ravinteiden huuhtoutumiseen ja kiintoaineen kulkeutumiseen vesistöihin**. Sisävesiluontotyyppisiin nämä muutokset vaikuttavat monella tavalla. Ilmastonmuutos nähdään yhtenä tulevaisuuden uhkatekijänä yli 80 %:lla arvioituista sisävesi- ja rantaluontotyypeistä. Tunturialueen vesistöihin arvioidaan kohdistuvan voimakkaimmat vaikutukset. Esiintymiseltään vaikutukset arvioidaan kohdistuvan Lounais-Suomessa esiintyviin luontotyyppisiin sekä karuihin ja kirkasvetisiin järviin⁵⁵.

Metsäalueiden ravinnekuormituksen muuttumista on toistaiseksi tutkittu vähemmän kuin peltojen. **Metsäalueiden ravinnekuormitusriski todennäköisesti lisääntyy** kasvavan valunnan ja rankkasateiden vuoksi, koska merkittävä osa metsäalueiden ravinteista huuhtoutuu vesistöihin tulva-aikana⁵⁶.

Avoimien luontotyyppien umpeenkasvu selittyy monilla tekijöillä. Leudot sateiset talvet, lisääntyvä ilmakehän hiilidioksidipitoisuus ja ilmakehästä tuleva rehevöittävä typpilaskeuma edistävät dyyneillä sammalien ja puiden kasvua ja kiihdyttävät umpeenkasvua⁵⁷. Myös meren- että sisävesien rantaniityillä on odotettavissa ilmaston lämmetessä umpeenkasvua vähentyneen jäiden kulutusvaikutuksen johdosta. Ilmaston lämpeneminen myös kiihdyttää kasvillisuuden kasvua ja ravinteiden vapautumista, mikä voi vauhdittaa umpeenkasvua erityisesti hoitamattomilla perinnebiotoopeilla⁵⁸.

⁵² Veijalainen ym. (2021), s. 8

⁵³ de Wit ym. (2016), s. 430

⁵⁴ Veijalainen ym. (2021), s. 16

⁵⁵ Kontula ja Raunio (2018), s. 327

⁵⁶ Veijalainen ym. (2021), s. 17

⁵⁷ Kontula ja Raunio (2018), s. 76

⁵⁸ Kontula ja Raunio (2018), s. 327

5.3 Kalakannat

Äärimmäiset sääilmiöt, kuten kesäiset hyvin kuumat jaksot, ovat merkittävimpiä ilmastomuutoksen vaikutuksia vesiekosysteemeihin. Yleisesti ottaen kalalajien kyky sietää muuttuvia olosuhteita vaihtelee, ja jotkin lajit ja elinvaiheet ovat haavoittuvampia kuin toiset.

Veden lämpötilan nousu haittaa kylmän veden lajien, kuten lohen ja siian menestymistä, ja hyödyttää kalalajeja, jotka viihtyvät lämpimämmässä ja ravinteikkaammassa vesissä. Talvien jäätömyys voi myös heikentää kalojen, esimerkiksi siian ja muikun, lisääntymismenestystä. Vielä tällä hetkellä merkittävimpien kalastuksen kohdelajien kannat ovat valtaosin hyvässä tilassa. Silakka- ja kilohailikannat ovat edelleen vahvat, samoin ahven-, muikku-, särkikala- ja kuorekannat sekä Saaristomerta lukuun ottamatta kuhakannat. Eniten ongelmia on vaelluskalakannoilla. Vaellusesteistä kärsivien vaelluskalojen tilanne on heikko, useampi laji on uhanalainen eikä kestä kalastusta.

Lämpötilan nousu on hyödyttänyt monien keväällä ja kesällä kutevien kalojen lisääntymistä. Hapen liukeneminen ilmasta veteen on kuitenkin heikompaa ilman lämpötilan noustessa. Äärimmäisen lämpimissä lämpötiloissa tämä voi johtaa hapenpuutteen, ja seuraukset voivat olla vakavia. Kuumina kesinä veden kerrostuneisuus voi olla voimakasta. Tällöin muodostuu lämmin vesikerros, jossa hapen liukeneminen ilmasta on heikkoa ja kalat, jotka eivät siedä lämmintä pintavettä, joutuvat siirtymään syvemmälle. Samanaikaisesti monet muut vesiympäristön lajit hyötyvät lämpenemisestä, ja niiden aktiivisuuden lisääntyessä ne kuluttavat entistä enemmän vesistön happea, myös pohja-alueelta. Tämä aiheuttaa ongelmia pohjalla eläville kaloille, mutta myös niille kaloille, jotka ovat siirtyneet syvempiin vesiin välttääkseen lämpimät pintavedet. Veden lämpötilan nousu vaikuttaa myös kalalajien alueelliseen jakautumiseen.

Ilmastomuutoksen arvioidaan lisäävän rehevöitymisen vaikutuksia vesistöissä, sillä veden lämpötilan nousu pahentaa rehevöitymistä. Rehevöityneiden olosuhteiden lisääntyessä syntyy lisäriski happikadolle ja laajoille leväkukinnoille, kun hajoavat levät kuluttavat happea pohja-alueilta ja lisäävät ravinteiden liukenemista pohjasedimentistä. Tämä johtaa niin sanottuun sisäiseen kuormitukseen, jossa rehevöitymisprosessi jatkuu, vaikka vesiin ei virtaisikaan ravinteita ulkoisista lähteistä. Tämä prosessi koskee Itämeren sekä Suomen pieniä, eristyksissä olevia lampia ja sisävesistöjä.

5.4 Riskit metsissä kasvavat

Ilmastonmuutos muuttaa Suomen metsiä. Keskilämpötilan nousu ja ilmakehän kohonnut hiilidioksidipitoisuus ovat kiihdyttäneet metsien kasvua. Tuhoriskiä metsiin aiheuttavat sekä abioottiset (mm. tuuli, lumi, kuivuus, metsäpalot) että bioottiset tuhonaiheuttajat (mm. juurikäätä, kirjanpainaja, muut hyönteiset ja eläimet). Suomessa metsien terveydentila on säilynyt toistaiseksi pääasiassa hyvänä, eikä laajamittaisia metsätuhoja ole esiintynyt.

Häiriötekijät, kuten myrskyt ja metsäpalot, ovat myös luonnollinen osa metsien kiertokulkua. Myrskyt ja lahopuut Metsäpalojen väheneminen 1960-luvulla on johtanut monien metsäpalosidonnaisten luontotyyppien ja lajien vähenemiseen. Vuosittainen metsäpaloala Suomessa, noin 600 hehtaaria, on noin 5 prosenttia 1920 ja -30 lukujen tasosta. Paloala laski merkittävästi 1960-luvulla, ja on siitä asti pysynyt nykyisellä, alhaisella tasolla. Metsätuhojen torjunnassa keskitytään siis erityisesti laajamittaisten ja voimakkaasti leviävien tuhojen ehkäisyyn. (Lindberg & Lehtonen, 2022⁵⁹)

Merkittävämpiä tuhoja Suomen metsissä ovat viime vuosina aiheuttaneet abioottiset tekijät, erityisesti tuuli ja lumi. Tuulituhojen arvioidaan lisääntyvän tulevaisuudessa, erityisesti routakauden lyhenemisen ja talviaikaisen sadannan lisääntyessä, jolloin puiden vastustuskyky tuulituholle on pienempi. Lumituhoja on viime vuosina esiintynyt uusilla alueilla, ja niiden arvioidaan kasvavan.

Bioottiset tekijät, eli erilaiset tuholaiset ja sienitaudit, ovat kasvava uhka Suomen metsille. Routaisuuden väheneminen ja sen myötä lisääntyvät talvella tapahtuvat tuulituhot sekä pidentyvä kasvukausi luovat suotuisat edellytykset useille merkittävä tuhoa aiheuttavien hyönteisten ja sienien lisääntymiselle. Esimerkiksi kuivuus ja tuulituhot heikentävät erityisesti kuusikoiden elinvoimaisuutta, ja kirjanpainaja hyödyntää heikentyneitä puita lisääntymisessään. Kirjanpainaja on jo aiheuttanut paikallisia tuhoja eteläisen ja keskisen Suomessa varttuneissa kuusikoissa, erityisesti Uudella maalla ja Kaakkois-Suomessa. Juurikäätä hyötyy kasvukauden pidentymisestä.

Ilmaston lämpenemisen myötä vieras- ja tulokaslajit voivat osaltaan lisätä metsiin kohdistuvia riskejä. Kasvituotteiden kansainvälinen kauppa lisää metsiä tuhoavien vieraslajien riskiä, ja niiden selviytymismahdollisuudet Suomessa kasvavat olosuhteiden muuttuessa. Tulokaslajit, kuten okakaarnakuoriainen ja havununna, sen sijaan leviävät ilmaston lämmetessä luontaisesti Suomeen.

⁵⁹ Ilmastokatsaus 6/2022 by Ilmastokatsaus, Ilmatieteen laitos - Issuu

Ilmastonmuutoksen kytkeytyminen hirvien ja muiden sorkkaeläinten, sekä myyrrien aiheuttamaan tuhoriskiin on epävarmaa. Vähälumiset talvet kuitenkin mahdollistavat erityisesti kauriiden ja peurojen siirtymisen pohjoisemmaksi.

Kuusi on pääpuulajeistamme erityisen herkkä ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Sen viljely on Suomessa lisääntynyt merkittävästi, koska hirvieläinten aiheuttamat tuhot mäntyille ja lehtipuille ovat vähentäneet niiden käyttöä metsien uudistamisessa.

Tällä on vaikutusta metsätalouden harjoittamiseen (luku x).

Lisääntyvä kuivuus lisää metsäpalojen riskiä. Metsäpalot on tähän mennessä onnistuttu pitämään kurissa tehokkaan palontorjunnan, tiheän metsätieverkoston sekä metsien hoidon avulla. Myös Suomen metsien rakenne on tehokas vähentämään metsäpalariskiä, sillä metsikkökuviot erityisesti Etelä-Suomessa ovat pieniä. On myös muistettava, että ihmisen toiminta metsissä on merkittävä tekijä metsäpalariskin syntymiseen.

Lisääntyvällä metsäpalariskillä on vaikutusta metsätalouden harjoittamiseen (luku x), pelastustoimeen (Luku x) ja pahimmassa tapauksessa myös ihmisten terveyteen (luku x) ja rakennettuun ympäristöön (Luku y) ja siten omaisuusvahinkoihin.

Ilmastonmuutoksen metsiin kohdistuvia riskejä on käsitelty tarkemmin vuonna 2020 julkaistussa Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta - raportissa⁶⁰.

5.5 Luonnon monimuotoisuus

Ilmastonmuutoksen myötä ekosysteemit kohtaavat monia muutoksia, jotka vaikuttavat myös ihmisille tärkeisiin hyödykkeisiin ja luonnonympäristön tarjoamiin palveluihin. Luonnon monimuotoisuus tukee useiden ekosysteemipalvelujen säilymistä. Kun luonnon monimuotoisuus köyhtyy, ekosysteemin kyky tuottaa ekosysteemipalveluja voi

⁶⁰ Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta (Lehtonen ym., 2020)

heiketä. Monet ekosysteemipalvelut ovat myös riippuvaisia elinympäristöjen, eliölajien ja lajien sisäisen perinnöllisen monimuotoisuuden säilymisestä. Luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen voi vaikuttaa muun muassa sopivien viljelykasvien, tuotantoeläinten ja lääkeaineiden käytettävyyteen ja saatavuuteen. Ilmastonmuutoksen myötä on odotettavissa muutoksia ekosysteemien toimintaan ja niiden tuottamiin palveluihin⁶¹.

Luonnon monimuotoisuuden kohdistuu erilaisia vaikutuksia riippuen paikallisista olosuhteista, lajeista ja elinympäristöistä. Keskilämpötilan nousu, kovien pakkaskausien väheneminen ja vuodenaikojen siirtyminen ajallisesti ovat jo aiheuttaneet laaja-alaisia muutoksia Suomen luonnonympäristöön ja luonnon monimuotoisuuteen. Monet etelän alkuperäiseen lajistoon kuuluvat lajit voisivat löytää suotuisat elinolosuhteet pohjoisempaan lämpenevään ilmaston myötä. Tiettyjen eteläisten lajien, kuten perhosten ja lintujen, esiintyvyys on lisääntynyt ja lajit ovat levinneet pohjoisemmaksi. Esimerkiksi lintuyhteisöt ovat viimeisten 20 vuoden aikana siirtyneet koilliseen. Samaan aikaan pohjoista alkuperää olevien lajien määrä on vähentynyt Etelä-Suomessa.

Kun eliölajit reagoivat ilmastonmuutokseen ne voivat siirtyä toisille alueille, sopeutua uusin olosuhteisiin, tai reagoida molemmiin keinoihin. Yksi sopeutumisen keino on elinkiertoaivojen ajoittumisen muutokset, jolloin esim. se aika vuodesta, kun tietty laji esiintyy tai kukkii, muuttuu. On myös tunnistettu, että muutokset tiettyjen lajien runsaussuhteissa heijastuvat lajiyhteisöjen koostumukseen. Eri lajeille ja paikallisilla populaatioilla osoittavat verraten erilaisia vasteita, jolloin ei voida olettaa, että suurin osa siirtyisi samansuuntaisesti ja -tahtisesti paikassa tai ajassa^{62, 63, 64}. Esimerkiksi on todettu, että viimeisten 40 vuoden aikana tapahtuneet muutokset vaikuttavat eri lajeihin eri tavalla, ja että vasteet ovat voimakkaampia eri maan osissa. Joillekin lajeille lämpimämpi ilmasto on ollut hyödyksi, ja niiden esiintymät ovat runsastuneet lämpötilan noustessa. Toisille taas ilmasto on jo muuttumassa liian lämpimäksi, mikä ilmenee näiden lajien esiintyvyyden kutistumisena. Ilmaston muuttuessa olosuhteet voivat siis

⁶¹ Ympäristöministeriö (2016), s. 18-19

⁶² Antão L.H., Weigel B., Strona G., Hällfors M., (+21 authors), Laine A.-L. (2022): Climate Change reshuffles northern species within their niches. *Nature Climate Change*

⁶³ Hällfors M.H., Pöyry J., Heliölä J., Kohonen I., Kuussaari M., Leinonen R., Schmucki R., Sihvonon P., and Saastamoinen M. (2021): Combining range and phenology shifts offers a winning strategy for boreal Lepidoptera. *Ecology Letters* 24(8): 1619-1632. <https://doi.org/10.1111/ele.13774>

⁶⁴ Hällfors M.H., Antão L.H., Itter M., Lehikoinen A., Lindholm T., Roslin T., Saastamoinen M. (2020): Shifts in timing and duration of breeding for 73 boreal bird species over four decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117 (31): 18577-18565. <https://doi.org/10.1073/pnas.1913579117>

muuttua yksittäisille lajeille enemmän tai vähemmän edulliseksi, ja näitä eri suuntiin tapahtuvia muutoksia havaittiin eniten pohjoisessa⁶⁵.

Eliölaajien vasteet ilmastonmuutokseen vaikuttavat sekä niiden esiintymiseen eri alueille ja aikoina vuodesta, myös populaatioiden paikalliseen runsauteen. Koska lajit elävät vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, muutokset yhden paikallisen populaation runsaudessa, tai ylipäättään sen esiintyvyydessä, väistämättä kytkeytyy takaisin toisiin lajeihin. Tällöin lajit, jotka vaikuttavat toisiinsa eivät enää kohtaa samassa paikassa, samaan aikaan tai tarpeeksi runsaina. Näiden takaisinkytkentöjen kertautuessa myös riski kasaantuvat, jolloin takaisinkytkennät itsessään voivat heikentää kantoja ja vuorovaikutuksen puute rappeuttaa ekosysteemien tuottamia palveluja ilman että ilmastonmuutos vaikuttaa suoraan lajin elinkykyyn. Tutkimukset ovat myös osoittaneet, että muutostahti voi vaikuttaa ekosysteemien kykyyn vastata mutkoihin suotuisasti, siis niiden kykyyn ylläpitää populaatioita esim. sopeutumalla⁶⁶.

5.5.1 Vieraslajit

Vieraslajien vaikutus luontaisesti esiintyviin lajeihin on tällä hetkellä merkittävintä Etelä-Suomessa. On kuitenkin ennakoitu, että vuosisadan loppuun mennessä vaikutukset tulevat näkymään laajemmin. Kun ilmasto muuttuu ja lämpenee, ja varsinkin talvet muuttuvat leudoimmiksi, monet tähän mennessä heikosti lisääntyvät ja leviävät vieraslajit onnistuvatkin runsastumaan ja voivat muuttua haitallisiksi vieraslajeiksi. Eriyisesti ihmisvaikutteisissa ympäristöissä vieraslajit voivat jo nyt syrjäyttää alkuperäisiä lajeja, ja vaikutuksen odotetaan lisääntyvän myös vesistöissä⁶⁷. Tästä johtuen useat luontaisesti esiintyvät lajit voivat syrjäytyä, jolloin näiden lajien monimuotoisuus vähenee, kun paikallisia populaatioita katoaa. Haitallisen vieraslajin asuttama alue myös köyhdyttää paikallista eliöyhteisöä, kun useat luontaisesti esiintyvät lajit syrjäytyvät yhden haitallisen lajin valtaamalta alueelta. Yhdessä nämä kaksi vieraslajeista aiheutuneet vaikutukset uhkaavat luonnon monimuotoisuutta ja siihen liittyviä ekosysteemipalveluita.

⁶⁵ Antão L.H., Weigel B., Strona G., Hällfors M., (+21 authors), Laine A.-L. (2022): Climate Change reshuffles northern species within their niches. *Nature Climate Change*

⁶⁶ Chaparro-Pedreza, P.C. 2021. Fast environmental change and eco-evolutionary feedbacks can drive regime shifts in ecosystems before tipping points are crossed. *Proc. R. Soc. B* 288: 20211192. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1192>

⁶⁷ Tuomenvirta ym. (2018)

5.6 Luonnonsuojelualueet ja luontotyypit

Kun Suomen ilmasto muuttuu ja kun lajit siirtyvät, runsastuvat tai vähenevät, myös maisema muuttuu. Pienilmasto Suomen nykyisillä luonnonsuojelualueilla on todettu muuttuvan⁶⁸. Sekä kesän että talven lämpöolojen ennustetaan muuttuvan voimakkaasti vuosisadan loppuun mennessä. Kasvukauden aikaisen lämpösumman muutosnopeus tulee olemaan suurin Etelä-Suomen alavilla suojelualueilla. Toisaalta nykyisenkaltaisen talvi-ilmaston ennustetaan häviävän kokonaan monilta suojelualueilta Pohjois-Suomessa. Keskimääräisen (RCP4.5) ja voimakkaan (RCP8.5) ilmastoskenaarion mukaan vuosisadan loppupuolella enää hyvin harvoilla Natura-alueilla esiintyy samanlaisia kesä- ja talvilämpöoloja kuin nykyään. Tällaisia Natura-alueita luonnehtii laaja korkeusvaihtelu ja maastonmuotojen monipuolisuus, jotka jonkin verran puskuroivat ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Etenkin tasamaiden Natura-alueilla tulevaisuuden olosuhteet tulevat eroamaan suuresti nykyisistä⁶⁹. Tämä tarkoittaa, että luonnonsuojelualueet eivät välttämättä pysty tarjoamaan elinympäristöä eliöstölle, luontotyypeille ja luontoarvoille, joiden suojelemiseksi suojelualueet alun perin perustettiin. Luonnontilaisina alueina ne kuitenkin tarjoavat elintilaa ilmastonmuutokseen reagoiville lajeille sekä tilaa kasvattaa populaatioita.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset luontotyyppeihin ovat ensi sijassa laadullisia. Nykytiedon valossa luontotyyppiäsiintymiä voi myös hävitä ilmastonmuutoksen seurauksena. Esimerkiksi rannikon hauru- ja meriajokasvallit ja primäärisuknessioon liittyvät luontotyypit, tuntureiden lumenpysymät ja -viipymät sekä pohjoisen palsat ovat uhattuina muuttuvan ilmaston takia. Häviämistävaarassa olevien luontotyyppien lisäksi ilmastonmuutokselle herkeimmiksi luontotyypeiksi on tunnistettu muun muassa virtavesien latvapurot, Tunturi-Lapin pienvedet, perinnebiotoopit, tunturikoivikot, tunturikankaat, eteläiset aapasuot, lähteet ja lähdesuot sekä avoimet ja puoliavoimet kallioluontotyypit. Luontaisten abioottisten ja bioottisten häiriöiden ennustetaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen myötä. Tämän arvioidaan vaikuttavan positiivisesti metsäluontotyyppien rakenteeseen muun muassa lisäämällä kuolleen puun sekä runsaslahopuustoisten nuorten suknessiovaiheiden ja lehtipuiden määrää⁷⁰.

Kun luontotyyppi häviää tai sen laatu heikkenee, taustalla toimivat samat prosessit kuin yllä kuvatussa lajien monimuotoisuuden hupenemisessa: lajien tietynlainen verkosto tietyssä elottomassa maisemarakenteessa muodostaa luontotyypin. Kun monimuotoisuus häviää alueelta niin myös sen ylläpitämä luontotyyppi heikkenee. Laadultaan heikoilla elinalueilla lajit eivät pysty ylläpitämään tarpeeksi isoja populaatioita, jonka takia

⁶⁸ Suomen ympäristökeskus > Suojelualueiden pienilmasto muuttuu voimakkaasti (syke.fi) (SUMI-hanke)

⁶⁹ Suomen ympäristökeskus > Suojelualueiden pienilmasto muuttuu voimakkaasti (syke.fi) (SUMI-hanke)

⁷⁰ Aapala ym. (2020), s. 40

monimuotoisuus heikkenee, ei pelkästään luontotyyppien kadotessa vaan myös niiden haurastuessa.

KESKENERÄINEN

6 Yhteiskunnallis-taloudellinen riski- ja haavoittuvuustarkastelu

Tässä selvityksessä riski- ja haavoittuvuustarkastelu esitetään hallinnon- ja toimialoitain. Toimialajaotteluna käytetään soveltuvin osin EU:n NACE-toimialajaottelua, erityisesti pääluokkatasolla. Toimialajaottelu perustuu taloudelliseen toimintaan. Ilmastonmuutokseen liittyvät riskit ovat kuitenkin moninaisia, ja ne kohdistuvat ekosysteemeihin, ihmisiin ja yhteiskuntiin monin sellaisin tavoin, joita NACE-toimialaluokittelu ei suoraan kata. Sen vuoksi jokaisen toimialan kohdalla käsitellään riskejä ja haavoittuvuuksia myös muin soveltuvin osin. Esimerkiksi NACE-koodin Q TERVEYS- JA SOSIAALIPALVELUT taustalla on ensisijaisesti ilmastonmuutoksen ihmisiin ja yhteisöihin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset riskit, jotka heijastuvat terveys- ja sosiaalipalveluihin.

Huoltovarmuudella tarkoitetaan väestön toimeentulon, maan talouselämän ja maanpuolustuksen kannalta välttämättömien taloudellisten toimintojen ja järjestelmien turvaamista vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. Huoltovarmuustoiminnan tavoitteena on varmistaa, että kansalaisille tärkeät perusasiat toimivat myös poikkeusoloissa: sähköä, lämpöä, polttoaineita, elintarvikkeita ja puhdasta juomavettä riittää, sosiaali- ja terveydenhuolto toimii, viestintäverkot toimivat ja päivittäislogistiikka sekä maksuliikenne pelaavat.

Ilmastonmuutoksen sekä kansalliset että kansainväliset vaikutukset voivat vaikuttaa huoltovarmuuden turvaamiseen, sillä se pohjautuu toimiviin kansainvälisiin poliittisiin, taloudellisiin ja teknisiin yhteyksiin sekä näiden jatkuvuuteen. Ilmastonmuutoksen torjuminen ja siihen sopeutuminen huomioidaan huoltovarmuuden kehittämisessä ja toimenpiteissä.

6.1 Rakennettu ympäristö/yhdyskunnat ja rakennukset ja aineelliset vahingot

Vastuuministeriö: YM

Ilmastonmuutos asettaa rakennetulle ympäristölle monimutkaisia haasteita alueellisen ja vuodenaikaisen vaihtelun vuoksi. Toisaalta joudutaan edelleen varautumaan vuosivaihtelun kautta nykyisiin ja alueittain jopa kasvaviin

lumikuormiin, ja toisaalta rakennusten kosteusrasitus kasvaa sadannan kasvaessa ja sateen tullessa useina vuosina yhä enemmän vetenä.

Merkittävimmät rakennettuun ympäristöön kohdistuvat ilmatoriskit liittyvät lämpötilan vaihteluihin, sateisiin, tulviin, merenpinnan nousuun ja kuivuuteen.

Ilmaston lämmitessä talviaikaiset sulamis-jäätymissyklit vähenevät keskistä Suomea ja Lappia lukuun ottamatta, mutta vetenä ja räntänä tuleva viistosademäärä ennen syklejä lisääntyy.

Tämä puolestaan kasvattaa **pakkasrapautumisen riskiä** rakennuskannassa⁷¹. Pakkasrapautumisen lisäksi betonirakenteisiin kohdistuu **raudoitteiden korroosioriskiä**. Viistosateen rasiustaso on merkittävästi suurempi Etelä-Suomessa verrattuna Keski- ja Pohjois-Suomeen. Suhteellisen isompi viistosateen rasiustaso eteläisillä rannikkoalueilla selittyy sekä suuremmalla tuulenoimakkuudella että vesi- ja räntäsateiden isommalla määrällä⁷². Tulevaisuudessa nykyisen rannikkoilmaston kaltaisten olosuhteiden odotetaan leviävän laajemmin sisämaahan, mikä lisää sulamis-jäätymissykliä aiheuttamaa pakkasrapautumisen riskiä alueilla, joilla se on toistaiseksi ollut vähäisempää. Rakennusten julkisivujen ja parvekkeiden lisäksi myös muihin betonirakenteisiin, kuten siltoihin ja parkkihalleihin, kohdistuu pakkasrapautumisen riskiä⁷³.

Kasuvat vesimäärät ja hetkelliset sadannat lisäävät rakennusten piha-alueiden ja perustusten **kuivatuskapasiteettitarvetta**. Pohjarakenteiden stabiliteettiin voivat rakennuspaikkakohtaisesti huonontavasti vaikuttaa pohjaolosuhteiden vesipitoisuusmuutokset.

Suuret tuulennopeudet aiheuttavat yhä enemmän aineellisia vahinkoja rakennuksiin, mm. pintarakenteiden irtoamisen ja lähistöllä kaatuvien puiden kautta.

Myös **kuivuuden** ennakoitaan aiheutuvan riskejä rakennuskantaan. Pitkät kuivuusjaksoit voivat laskea pohjavesien pintoja ja aiheuttaa erityisesti savikkoisilla alueilla maaperän kutistumista. Tämä voi lisätä rakennusten vaurioitumisen ja putkirikkojen riskejä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia erityisesti pitkien kuivuusjaksojen esiintymiseen tunnetaan tosin vielä puutteellisesti eikä maaperän kantavuuteen liittyvien riskien muuttumisesta tulevaisuudessa ole nykyisellään riittäviä arvioita⁷⁴.

⁷¹ Tuomenvirta ym. (2018), s. 37

⁷² Vinha ym. (2022)

⁷³ Tuomenvirta ym. (2018), s. 37

⁷⁴ Tuomenvirta ym. (2018), s. 38

6.1.1 Hulevesitulvat ja kaupungit

Hulevesitulvat lisääntyvät sateisuuden ja läpäisemättömän pinnan lisääntymisen vuoksi. Ilmastonmuutos lisää myös rakennetun ympäristöön kohdistuvia tulvariskejä. Rakennetun ympäristön suurimmat tulvariskit liittyvät **vesistö- ja hulevesitulviin**, jotka rasittavat kaupunkien viemäriverkkoja ja aiheuttavat merkittäviä taloudellisia vahinkoja. Hulevesitulvariskit ovat suurimmat tiheimmin asutuilla alueilla, kuten Uudellamaalla. Viime vuosikymmeninä läpäisemättömien pintojen osuus rakennetussa ympäristössä on kasvanut voimakkaasti, mikä puolestaan lisää hulevesitulvariskiä⁷⁵. Tii- viimmän ja teknisemmän rakentamisen myötä myös haavoittuvuus kasvaa ja mahdollisten vahinkojen vaikutukset monimutkaistuvat⁷⁶.

6.2 Energian- ja sähköntuotanto ja -jakelu

Vaurioriskien vähentämiseksi ilmajohtoja on korvattu maakaapeleilla etenkin harvaan asutuilla alueilla⁷⁷.

Säähän liittyvät vaaratekijät, kuten tuuli- ja lumimyrskyt, salamaniskut ja tulvat ovat Suomen energiasektorin suurimmat sää- ja ilmatoriskit. Haasteita energiantuotannolle ja -jakelulle aiheuttavat myös pitkään kestävät sääjaksot, jotka usein osuvat samaan aikaan suhteellisen suuren energiankysynnän ja sähköjärjestelmien ylläpitoa vaativien olosuhteiden kanssa, kuten pitkät äärimmäisen kylmät jaksot, pitkäaikainen lumisade ja lumikuorma.

Myrskyt ja puiden latvuksiin kohdistuvat suuret lumikuormat ovat aiheuttaneet sähkökatkoja asiakkaille.

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa myös ydinvoimaloiden käytettävyyteen ja turvallisuuteen. Ydinvoimaloissa on lämpimien kesien aikana ollut jo ongelmia, kun merivesi on ollut liian lämmintä optimaaliseen jäähdytykseen. Tämä on johtanut osakuormituskäyttöön ja sadevesitasoihin.

⁷⁵ Tuomenvirta ym. (2018), s. 34

⁷⁶ Tuomenvirta ym. (2018), s.18

⁷⁷ Marko Kotilainen, Traficom 22.3.2022

Pitkät hyvin vähäiset sademäärät, jotka aiheuttavat hydrologista kuivuutta, vähentävät vesivoiman tuotantoa. Tällä on merkitystä Suomessa, koska vesivoimalla on keskeinen rooli säättövoiman lähteenä, ja laajemminkin, koska pohjoismaiset sademäärät määräävät suurelta osin sähkön hinnan pohjoismaisessa sähköpörssissä.

Energiainfrastruktuurin uudistaminen on hidasta pitkäaikaisten investointien vuoksi. Siksi esimerkiksi sääilmiöiden aiheuttamia sähkökatkoja tulee olemaan myös tulevaisuudessa, vaikka sähköverkkoon tehdyt investoinnit lisäävät sen sietokykyä sääilmiöitä vastaan.

Energiajärjestelmien on oltava joustavia, eikä niitä saa alimitoitaa, sillä hyvin kylmät talvet ovat mahdollisia vielä vuosisadan loppupuolella, jolloin lämmityskapasiteetin tarve on suuri erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa. Toisaalta lämpenevien kesien vuoksi rakennusten jäähdytystarvetta lisäävät helleaallot voivat vaikuttaa maassa joka puolella.

Uusiutuvien energialähteiden, erityisesti tuuli- ja aurinkoenergian, osuuden kasvu sähköntuotannossa lisää myös säästä johtuvaa tuotannon vaihtelua. Tuulivoimaloihin kohdistuvat sääriskit, esimerkiksi jäätymisestä johtuvat riskit, vaikuttavat hallittavilta. Bioenergian tuotantoon ja korjuuseen liittyy ilmastonmuutoksesta johtuvia riskejä: talvella pitkät lämpimät jaksot ja pakkasviiveet voivat vaikeuttaa pääsyä syrjäisille alueille, joiden maaperä on huonosti kantavaa.

Ilmastonmuutoksen tulevat vaikutukset riippuvat osittain siitä, miten energiajärjestelmä muuttuu meneillään olevan vihreän energiamurroksen seurauksena. Vaikutukset vaikuttavat todennäköisesti sekä energian tuotantoon, siirtoon, jakeluun että kuluutukseen.

6.3 Vesihuolto, terveys ja hyvinvointi

Vastuuministeriöt/-tahot: STM, MMM, YM ja TEM, ELY-keskukset

Tulvat, lisääntyvä pintavalunta, keskilämpötilan nousu, routaisuuden muutokset ja raakavesivarojen laadun vaihtelut voivat aiheuttaa tekniikkaan ja veden laatuun liittyviä ongelmia vesihuoltolaitoksille. Seuraukset kohdistuvat ihmisten hyvinvointiin ja terveyteen ja talouteen.

Kansainvälisesti vertailtuna Suomen vesihuolto on korkeatasoista ja Suomella onkin hyvät edellytykset sopeutua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin lisäriskeihin vesihuollossa.

Ilmastonmuutos voi lisätä vesivälitteisten epidemioiden riskiä, sillä sateiden lisääntyminen ja keskilämpötilan nousu heikentävät vesistöjen mikrobiologista laatua. Esimerkiksi helteinen sää voi lisätä *Vibrio* -sukuun kuuluvien bakteerien määrää lämpimissä suolapitoisissa rannikkovesissä⁷⁸. Lancet Countdown yhteistyössä kehitetty indikaattori rannikkoalueiden ilmastollisesta sopivuudesta *Vibrio* -bakteereille osoittaa sopivien alueiden määrän Suomessa kasvaneen 3%, kun verrataan vuosia 1982-1984 vuosiin 2018-2020⁷⁹.

Vesiepidemioiden uhkaan ja vesilaitosten toimintaan vaikuttavat myös ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät sään ääri-ilmiöt (mm. helteet, myrskyt ja kuivuus) sekä tulvariski⁸⁰, joka voi lisätä mm. *Cryptosporidiumin* esiintymistä⁸¹.

Kuivuus aiheuttaa veden riittävyysongelmia ja pohjavedenpintojen lasku aiheuttaa laatuongelmia. Esimerkiksi kesien 2018 ja 2020 kuivuudet ovat lisänneet tarvetta vesihuollon varautumiseen ja varavesitarpeen kartoittamiseen.

Myrskyt ja niiden aiheuttamat sähkökatkot aiheuttavat riskin erityisesti syrjäseuduilla sijaitsevien vesihuoltolaitosten sähkösaannille, vaarantaen vedenjakelun ja jätevesien johtamisen ja käsittelyn, mutta myös laajoihin useita vesihuoltolaitoksia koskeviin sähkökatkoksiin on varauduttava.

Suomen vesihuoltosektorilla on lähtökohtaisesti hyvät edellytykset sopeutua ilmastonmuutokseen. Vesilaitostoimijat ovat kyselyn perusteella hyvin tietoisia ilmastonmuu-

⁷⁸ Amato E. et al. Epidemiological and microbiological investigation of the large increase of vibriosis in northern Europe in 2018. Accepted for publication in *Eurosurveillance* 2022. doi: XXX

⁷⁹ European Climate and Health Observatory. Last Modified in Climate-ADAPT Feb 26 2021.

⁸⁰ Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) 2021. Toim. Meriläinen, P., Paunio, M., Kollanus, V., Halonen, J., Tuomisto, J., Virtanen, S., Karvonen, S., Hemminki, E., Kuusipalo, H., Koivula, R., Mäkelä, H., Huusko, S., Voutilainen, L., Huldén, L., Raulio, S., Keskimäki, I., Partonen, T., Mänttari, S., Viitanen, A-K., Kangas, P., Sarlio, S., Lyyra, K., Viljamaa, S., Mukala, K. Ilmastonmuutos sosiaali- ja terveyssektorilla – Sosiaali- ja terveysministeriön ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnitelma (2021–2031). Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2021:20.

⁸¹ Gertler et al. Outbreak of *cryptosporidium hominis* following river flooding in the city of Halle (Saale), Germany, August 2013. *BMC Infectious Diseases* 2015;15:88.

toksesta ja pitävät yleisellä tasolla ilmastonmuutosta uhkana Suomen vesiturvallisuudelle⁸². Lähes kaikki vesilaitokset (94 %) kokivat, että heidän vesilaitoksensa pystyy vastaamaan sään vaihteluiden asettamiin haasteisiin tällä hetkellä riittävästi. Vain harva vesihuoltolaitos kokee ilmastonmuutoksen uhkaavan oman laitoksen vesiturvallisuutta. Sähkökatkoihin on selvityksen perusteella varauduttu kohtuullisen hyvin.

Kuitenkin vain puolet selvitykseen osallistuneista laitoksista on varautunut esimerkiksi hellejaksoihin, pitkittyneeseen kuivuuteen, lauhaan talveen tai tulviin. Heikkoa varautumista voi selittää se, että vastaajat olivat pääasiassa pieniä pohjavesilaitoksia, joilla ei aiemmin ole ollut ongelmia mainittujen sääilmiöiden kanssa.

Suurimpana haavoittuvuutena vesihuoltoalalla on taloudellisten ja ajallisten resurssien niukkuus, erityisesti pienten vesilaitosten ja vesiosuuskuntien osalta. Vesihuoltolaitoksia on 1100, ja noin 80 suurinta toimijaa tuottaa noin 80 prosenttia kaikista palveluista.

Suomen Vesilaitosyhdistys ry on arvioinut vesilaitosten kokonaisinvestointitarpeen lähes kaksinkertaisuvan nykytilanteesta vuoteen 2040 mennessä⁸³. Merkittävin osa saarenausvelasta kohdistuu vesihuoltoverkostoihin. Jos rankkasateet lisääntyvät eikä vesihuoltoverkoston uusimistahtia kasvateta saneerausvelan kuittaamiseksi, nykyisten järjestelmien kapasiteetti tulee ylittymään yhä useammin. Saneerauksia tarvitaan jo nyt ja lisääntyvässä määrin tulevaisuudessa huonokuntoisen verkoston vuotojen vähentämiseksi, sekaviemäröinnistä eroon pääsemiseksi ja kapasiteetin turvaamiseksi⁸⁴.

Ilmastonmuutoksen vesilaitoksiin kohdistuvien riskien vähentäminen ja niihin varautuminen on avainasemassa sopeutumisen parantamisessa. Vesilaitosten on mahdollista varautua raakaveden määrällisiin ja laadullisiin riskeihin talousveden riskienhallintajärjestelmällä (Water Safety Plans) ja vastaavasti jäteveden viemäröinnin ja käsittelyn ennakoivalla suunnittelulla.

Vuonna 2019 käynnistetyllä kansallisella vesihuoltouudistuksella tavoitellaan turvallista ja laadukasta vesihuoltoa, myös ilmastonmuutokseen sopeutumisen osalta. Uudistuksessa mm. tarkistetaan vesihuoltolainsäädäntöä siten, että lainsäädäntö edistää aktiivisempaa ja systemaattisempaa sopeutumistoimintaa.

⁸² Ilmastonmuutos ja vesihuolto – varautuminen ja terveysvaikutukset (Suomen Ilmastopaneelin raportti 10/2019)

⁸³ Vesihuollon investointitarpeet vuoteen 2040. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 63

⁸⁴ Tulevaisuuden kestävä vesihuolto – ennakointi, ohjaus ja järjestäminen. Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 56/2018.

6.4 Liikennejärjestelmä ja –infrastruktuuri

6.4.1 Yhteenveto

Vastuuministeriö: LVM

Kaikki liikennemuodot ovat alttiita sääolosuhteille. Liikenteen häiriöt vaikuttavat edelleen muiden toimialojen toimintaan henkilöiden ja tavaroiden kuljetusten sekä tiedon jakamisen kautta. Liikenteen ja logistiikan sää- ja ilmatoriskien hallinta vaikuttaa merkittävästi yhteiskunnan toimintavarmuuteen, sillä liikenne yhdistää monia yhteiskunnan toimintoja, ja logistiikka on huoltovarmuuden kannalta kriittinen toiminto.

Toimintavarma ja turvallinen liikennejärjestelmä ja –infrastruktuuri on käytännössä kaiken ihmisten, yhteiskunnallisen ja taloudellisen toiminnon perusta. Sään ja ilmaston vaikutukset liikennejärjestelmään aiheuttavat onnettomuus-, vaurioitumis- ja myöhästymisriskejä, jotka kaikki aiheuttavat kustannuksia, arvonmenetyksiä ja terveydellisiä vaikutuksia toimijoille ja koko yhteiskunnalle⁸⁵. Ilmastonmuutos vaikuttaa kuljetusjärjestelmiin, liikenteen kehitysnäkyymiin, rata- ja tierakenteisiin, kunnossapitoon ja siten sopeutumistarpeeseen.⁸⁶

Sään ääri-ilmiöihin ja ilmastonmuutokseen liittyvät uhkat ja vaikutukset kohdistuvat väylien kunnossapitoon ja palvelutasoon (sis. kunnossapito, hoito ja korjaus, rakentaminen, tekniset järjestelmät, taitorakenteet, materiaalit, varaosat, maantielautat, talvi-merenkulku), liikenneverkkoihin kohdistuviin ulkoisiin palveluihin (viestiyhteydet, sää-, meri- ja olosuhdepalvelut), liikenteenohjauksen järjestämiseen sekä toiminnan johtamiseen ja oman toiminnan varmistamiseen.⁸⁷

Sään ääri-ilmiöt voivat aiheuttaa liikenteelle vakavia haittoja tai onnettomuuksia. Sään liittyviksi uhkiksi väylänpidolle on tunnistettu

⁸⁵ Tuomenvirta, H., Haavisto, R., Hildén, M., Lanki, T., Luhtala, S., Meriläinen, P., Mäkinen, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Pilli-Sihvola, K., Pöyry, J., Sorvali, J. & Veijalainen, N. 2018. Sää- ja ilmatoriskit Suomessa - Kansallinen arvio

⁸⁶ Saarelainen & Makkonen 2007. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tienpidossa: esiselvitys

⁸⁷ Väyläviraston valmiussuunnitelma, Liite 6 Riskienhallintasuunnitelma

- talvimyrskyt (esim. paljon lunta tai pitkä pakkasjakso myrskyn jälkeen sekä merijään liike, puristus ja valliintuminen),
- kesämyrskyt (esim. ukkosmyrsky),
- nopeasti syntyvä laaja tulva, vedenpinnan äkillinen nousu,
- rankkasateet (ja niistä johtuvat sortumat)
- muut poikkeukselliset sääilmiöt (esim. nopeat lämpötilamuutokset tai pitkäkestoiset lämpimät jaksot), ja
- useampi yhtäaikainen laaja metsäpalo.⁸⁸

Väylävirasto on valmiussuunnitelmassaan tunnistanut luonnon ääri-ilmiöt yhdeksi toimintansa kannalta keskeisimmiksi uhkiksi tai vakaviksi häiriötilanteiksi. Ilmastonmuutoksen on tunnistettu voivan vaikeuttaa väyläverkon palvelutason saavuttamista ja säilyttämistä myös pitkällä aikavälillä. Palvelutaso voi heiketä, jos väyläverkon elinkaari jää ennustettua lyhyemmäksi, kun ankarat ilmasto-olot heikentävät väylien kestävyyttä ja kuntoa. Muuttuviin sääolosuhteisiin varautuminen ja sään ääri-ilmiöiden vaikutusten hallinta on tunnistettu toimintoriskiksi kaikkien liikennemuotojen näkökulmasta. Haavoittuvuudeksi on tunnistettu systemaattisen varautumistoiminnan puuttuminen muuttuviin sääolosuhteisiin liittyen (ojitukset, puunraivaus, tulvakohteet, satamien merivesitulvakohteet, poikkeuksellinen lumimyrsky jne.).⁸⁹ Ääri-ilmiöiden vaikutusten lisäksi pidemmän aikavälin vaikutusten ja muutosten, esim. lyhentyneiden talvien tai nousseiden lämpötilojen aiheuttamien toimenpiteiden ja rahoitustarpeiden tunnistaminen voi olla jopa tärkeämpää infran kannalta⁹⁰. Haavoittuvuudeksi on lisäksi tunnistettu, ettei ilmastotietoa onnistuta hyödyntämään riittävästi⁹¹.

Riski- ja haavoittuvuustekijät vaihtelevat liikennemuodosta riippuen. Näitä ovat esimerkiksi kulkuneuvojen ja kuljettajien ominaisuudet, väylien ominaisuudet ja muun liikenteen vuorovaikutus sekä käytettävissä oleva sää- ja kelitieto. Riski- ja haavoittuvuustekijät vaihtelevat myös alueittain.⁹² Sääilmiöiden tai -olosuhteiden aiheuttamat häiriöt voivat painottua liikennemuodoittain. Esimerkiksi Valio-myrsky (2015) ja Helena-rajuilma (2014) aiheuttivat enemmän häiriötä raideliikenteelle kuin tieliikenteelle, mutta tykkylumen aiheuttamia liikennehäiriötä havaittiin molemmille.⁹³ Mahdollisesti

⁸⁸ Väyläviraston varautumisen riskienhallintasuunnitelma

⁸⁹ Väyläviraston riskitaulukko 2021 toiminnot, Tekniikka ja Ympäristö

⁹⁰ Väyläviraston riskitaulukko 2021 toiminnot, Kunnossapito

⁹¹ Väyläviraston riskitaulukko 2021 toiminnot, Tekniikka ja Ympäristö

⁹² Tuomenvirta, H., Haavisto, R., Hildén, M., Lanki, T., Luhtala, S., Meriläinen, P., Mäkinen, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Pilli-Sihvola, K., Pöyry, J., Sorvali, J. & Veijalainen, N. 2018. Sää- ja ilmastoriskit Suomessa - Kansallinen arvio.

⁹³ Säili2016-hanke 2017

lisääntyvänä vaaratekijä on jäätävä sade, joka aiheuttaa liukkaita ja sähkölinjojen katkoksia ja siten liikennehäiriöitä⁹⁴.

Raide-, tie- ja meriliikenteen ohjauksesta sekä lennonvarmistuksesta vastaava Fintraffic on kartoittanut joulukuussa 2021 ensimmäistä kertaa ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä liikenteenohjauksen ja liikennetiedon osalta. Fintraffic on tunnistanut äärisää- ilmiöiden (kuten myrskyt, tulvat, sateet) vaikuttavan liikenteenohjauskeskusten tai yksiköiden kykyyn toimia ja voivan aiheuttaa vaurioita liikenneinfraan, rakennuksiin, keskusten laitteisiin ja tietoliikenneyhteyksiin. Riskejä voidaan vähentää infraan kohdistu- valla muutoksilla (suojaukset). Äärisääilmiöt voivat vaikeuttaa myös energiansaantia ja nostaa energian ja sähkön hintaa. Tähän voidaan varautua omilla kriittisten järjestel- mien varajärjestelyillä, energiatehokkaammilla ratkaisuilla ja hintojen suojamekanis- meilla.⁹⁵

Myös VR Yhtymä on tunnistanut riskiksi energiakustannusten nousun. Energian hinta on jo noussut ja tulee nousemaan edelleen eli on liikenteen hoitamiseksi ilmastonmuu- toksen aiheuttama taloudellinen riski.⁹⁶ Riskeiksi Fintraffic on lisäksi tunnistanut liiken- teenohjauksen palvelukysynnän laskemisen ilmastotoimien tai liikenteen tai liikkumi- sen muutosten myötä, äärisääilmiöiden aiheuttamat vaikeudet yksittäisille liikenne- muodoille, ilmastonmuutoksen aiheuttamat biologiset uhat, asumisvalintojen muutok- set, globaalin kustannusnousun (esim. vakuuttaminen), järjestelmien varaosien toimi- tusvaikeudet, liikenteenohjauksen palvelutuotannon monimutkaistumisen sekä ympä- ristöregulaation vaikutukset liikenteenohjauksen tapaan toimia ja sitä kautta liikenteen tehokkuuteen ja sujuvuuteen.

Uutta tietoa väyläverkon resilienssistä on saatu Väyläviraston selvityksessä, jossa tar- kastellaan sietokykyisen (resilientin) väyläverkon merkitystä, arvioidaan väyläverkon resilienssin mittaamisen ja hallinnan menetelmiä ja soveltuvuutta Suomeen sekä ha- vainnollistetaan, miten menetelmiä voidaan käyttää todellisissa kohteissa. Väylästä on eräs resilienssin mittari. Hyväkuntoinen väylästä kestää iskuja, shokkeja ja haitallisia ilmiöitä paremmin kuin huonokuntoinen. Perinteisten väylästä kunnostam- taiden (esim. tasaisuus, kantokyky) lisäksi olisi hyvä tarkastella väylän kestävyyttä koko elinkaaren aikana ja myös onko odotettavissa kunnan oletettua nopeampaa ale- nemistä. Väylästä, joka myös poikkeuksellisissa ja hankalissa olosuhteissa kykenee tuottamaan riittävää palvelutasoa, on häiriösietokykyinen eli resilientti. Esimerkiksi väylästä vioista tai palvelutason romahduksista johtuvat myöhästymiset tai matka-

⁹⁴ Kämäräinen ym. 2016a [http://rain-project.eu/wp-con- tent/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf](http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf)

⁹⁵ Ilmatoriskien tunnistaminen ja niihin sopeutuminen, ppt-esitys. Fintraffic 4.1.2022

⁹⁶ Jonna Juslin, VR yhtymä 5.1.2022

aikojen viivästyminen toimivat epäsuorina resilienssimittareina. Selvityksen mukaan ilmastomuutos liittyy kiinteästi liikennejärjestelmien toimivuuteen sekä väyläverkon ohjaukseen, suunnitteluun, rakentamiseen ja rahoitukseen. Muutokset vaikuttavat myös liikennevälineiden ja liikenteen käyttövoimien markkinoihin sekä käyttövoimien jakeluinfrastruktuuriin ja –palveluihin.⁹⁷

Väyläverkon tämänhetkinen ilmastokestävyys on arvioitu lähtökohtaisesti hyväksi mm. koska rakenteiden suunnittelussa käytettävät mitoituskuormat ovat verrattain isoja. Sillat ovat kriittisimpiä kohteita, ja niiden vauriot ovat myös hankalimpia korjata. Erilaisiin häiriötilanteisiin varautuminen on osa perustoimintaa niin liikenteen ohjauksessa kuin kunnossapidossakin. Ilmatoriskejä ei kuitenkaan tällä hetkellä arvioida koko toiminnan kattavasti. Väyläverkon muuttaminen ilmastokestävämmäksi on hidasta, koska parantamistoimet kohdistuvat vain hyvin pieneen osaan verkkoa. Korjausvelka heikentää väyläverkon ilmastokestävyttä.⁹⁸

Pitkäjänteinen liikennejärjestelmäsuunnittelu ja sen konkretisoituminen yhtäältä niin suunnittelu- kuin investointiohjelmina vahvistavat osaltaan väyläverkon ilmastokestävyttä. Myös korjausvelan vähentämiseen tähtäävä perusväylänpidon perussuunnitelma ja sen mukainen väylän hoito, korjaus ja parantamistoiminta vastaavat ilmastomuutokseen ja sen aiheuttamiin riskeihin sopeutumiseen.⁹⁹

Investointiohjelman hankkeet eivät yksittäisinä investointeina vaikuta ilmastomuutokseen sopeutumiseen, mutta hankkeiden suunnittelussa otetaan huomioon ilmastomuutokseen sopeutumisen edellyttämät toimet. Ohjelma sisältää ratojen ja tiesiltojen peruskorjaushankkeita, jotka perusväylänpidon lisänä mahdollistavat kunnossapito- ja korjausrahoituksen paremman riittävyys koko verkolle.¹⁰⁰ Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman 2021-2031 vaikutusten arviointiohjelmissa ilmastomuutoksen arvioidaan aiheuttavan merkittäviä riskejä liikennejärjestelmän toimintavarmuuteen sään vaihteluiden ja ääri-ilmiöiden lisääntymisen vuoksi.¹⁰¹

Hildén on tutkinut ilmastomuutoksen vaikutusten huomioimista hankkeiden ja suunnitelmien ympäristövaikutusten arvioinneissa eri aloilla. Ilmastomuutoksen vaikutuksiksi liikennehankkeisiin on mainittu helle- ja paloriskit, tulva- ja kuivuusriskit sekä

⁹⁷ Väyläverkon resilienssi. Väyläviraston julkaisu 2/2022. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/183662/vj_2022-2_vaylaverkon%20resilienssi_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y

⁹⁸ Ilmastomuutokseen sopeutumisen nykytilan kartoitus Väylävirastossa 2022

⁹⁹ LVM, Hanna-Maria Urjankangas 29.8.2022

¹⁰⁰ Valtion väyläverkon investointiohjelma vuosille 2022–2029 (vayla.fi)

¹⁰¹ Liikenne- ja viestintäministeriö 2021a. Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman vaikutusten arviointi. Liikenne- ja viestintäministeriön raportti 8.10.2021. [YHTEENVETO_20211012115006.pdf \(hankeikkuna.fi\)](https://www.yhteenveto.fi/hankeikkuna/20211012115006.pdf)

myrskyt, biologiset riskit (taudit, haitalliset vieraslajit, tuholaiset). Sopeutumisen huomiointi sen sijaan näyttää olevan yhä puutteellista¹⁰².

Liikennejärjestelmän nykytilasta ja kehittämistarpeista kerätään strategisen tason kokonaiskuva Liikennejärjestelmäanalyysiin. Traficom on julkaissut syksyllä 2021 uuden [Tieto.Traficom.fi](https://tieto.traficom.fi) -tietoportaalin, johon keskitetään ja jonka kautta kehitetään liikenteen ja viestinnän verkkoja sekä palveluita koskevien tietojen julkaisua. Tarkoituksena on tuoda uuteen palveluun myös liikennejärjestelmän turvallisuutta ja toimintavarmuutta koskevaa tietoa. Uudessa palvelussa on mahdollista koota eri teemojen, kuten esimerkiksi liikenteen ja viestinnän haavoittuvuuteen liittyviä tietoja yhteen näkymään.

¹⁰³[Tieto.Traficom.fi](https://tieto.traficom.fi) -tietoportaalin, johon keskitetään ja jonka kautta kehitetään liikenteen ja viestinnän verkkoja sekä palveluita koskevien tietojen julkaisua. Tarkoituksena on tuoda uuteen palveluun myös liikennejärjestelmän turvallisuutta ja toimintavarmuutta koskevaa tietoa. Uudessa palvelussa on mahdollista koota eri teemojen, kuten esimerkiksi liikenteen ja viestinnän haavoittuvuuteen liittyviä tietoja yhteen näkymään.

¹⁰⁴[Tieto.Traficom.fi](https://tieto.traficom.fi) -tietoportaalin, johon keskitetään ja jonka kautta kehitetään liikenteen ja viestinnän verkkoja sekä palveluita koskevien tietojen julkaisua. Tarkoituksena on tuoda uuteen palveluun myös liikennejärjestelmän turvallisuutta ja toimintavarmuutta koskevaa tietoa. Uudessa palvelussa on mahdollista koota eri teemojen, kuten esimerkiksi liikenteen ja viestinnän haavoittuvuuteen liittyviä tietoja yhteen näkymään.

¹⁰⁵

Kuitenkin tähän asti ilmaston lämpeneminen näyttäisi lisänneen jäätymis-sulamissykliä määrää ainakin vuositasolla, Tuomenvirran et al arviosta poiketen.

6.4.2 Tieliikenne ja -infrastrukturi

Vastuuministeriö/-tahot: LVM, Väylävirasto, Traficom, ELY-keskukset, Finntraffic

¹⁰² https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163178/YM_2021_18.pdfhttps://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163178/YM_2021_18.pdf

¹⁰⁵ Katja Lohko-Soner Traficom 2.12.2021

Äärimmäiset ja poikkeavat sääolosuhteet heikentävät tieliikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Tilapäisiä häiriötä tieliikenteeseen ilmenee, koska teille voi kaatua esteitä, näkyvyys ja pintakitka vähetä, sekä alikulut, tiet ja kadut tulvia.

Lähes kaikki sääilmiöt aiheuttavat häiriöitä tieliikenteelle. Myrskyt, rajuilmat, ukkonen, sumu, lumipyry sekä sateet ja tulvat vaikuttavat ajo-olosuhteisiin, kun esteitä voi kaatua teille ja näkyvyys ja pintakitka vähenevät¹⁰⁶. Nopeasti syntyvät laajat tulvat, myrskyt, sortumat ja pitkäkestoiset pakkasjaksot tai helteet sekä rankat lumi- ja vesisateet voivat aiheuttaa vakavia haittoja tai onnettomuuksia¹⁰⁷. Myös alikulut, tiet ja kadut voivat tulvia. Sään ääri-ilmiöt voivat johtaa myös maarakenteiden sortumiseen, viemäreiden tukkiutumiseen ja tien vierustan eroosioon¹⁰⁸.

Tieliikennettä hankaloittavat erityisesti talvella esiintyvät sääilmiöt, kuten voimakas lumentulo, lumipyryt, lumikuorman määrä ja jäätävä sade¹⁰⁹. Tieliikenteessä onnettomuudet voivat lisääntyä jopa 20 % talvea kohti talven sääolojen vaikeuden perusteella. Erityisen haasteellisissa olosuhteissa talviliikenneonnettomuudet saattavat kuitenkin lisääntyä päivän aikana jopa satoja prosentteja, jolloin vaikutukset erityisesti suurilla kaupunkiseuduilla voivat olla merkittäviä¹¹⁰.

Runsas lumentulo kaupunkialueilla voi hankaloittaa huoltoliikennettä merkittävästi. Varautuminen tähän olisi tärkeää. Ilmaston muuttuessa lämpötilavaihtelut ja jäätävät sateet lisääntyvät, eikä liukkauden torjunta pysy välttämättä tilanteissa mukana.¹¹¹

Pääteiden liukkaus voi johtaa onnettomuuksiin, jolloin liikenne ohjataan tai ohjautuu vaihtoehtoisille pienemmille teille, joilla olosuhteet voivat olla vielä huonommat ja onnettomuuksia voi tulla lisää. Ongelmana eivät pelkästään ole välittömät henkilövahingot, vaan väylien katkeaminen pitkäksi aikaa ja tärkeiden kuljetusten pysähtyminen.¹¹² Vaihtoehtoisten reittien käyttöönoton helppous ja välityskyky vaikuttavat haavoittu-

¹⁰⁶ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

¹⁰⁷ Väyläviraston valmiussuunnitelma, Liite1: Tienpidon valmiussuunnitelma

¹⁰⁸ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

¹⁰⁹ Groenemeijer ym. 2016 http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_RE-PORT_final.pdf

¹¹⁰ Otto Kärki, Väylävirasto 14.4.2022

¹¹¹ Katja Lohko-Soner, Traficom

¹¹² Katja Lohko-Soner, Traficom

vuuteen, sillä useat sääilmiöt (myrskyt, tulvat jne.) voivat katkoa teitä, jolloin liikenteessä olijoiden on osattava ja pystyttävä reagoimaan ja muuttamaan suunnitelmiaan sen mukaan. Onnettomuusriski huonoissa keli- ja sääolosuhteissa (erityisesti lumisaateella ja liukkailla tienpinnoilla) on korkeampi moottoriteillä kuin kaksi- ja monikaistaisilla teillä, vaikka muutoin moottoriteiden onnettomuusriski onkin alempi ¹¹³.

Ilmastonmuutos on tuonut mukanaan uusia haasteita, kuten kelirikko-ongelmat myös talvikaudella. ¹¹⁴ Talvella 2019-2020 (joka oli kaikkien aikojen lämpimin Suomessa?) kelirikkoa oli paikoin koko talven, jolloin teiden kantavuus oli heikompaa, mikä vaikeutti raskaita kuljetuksia ¹¹⁵. Keväällä 2021 kelirikko oli niin vaikea, että se haittasi elinkeinoelämän kuljetuksia. Esimerkiksi maitoauto ei päässyt hakemaan maitoa tiloilta Lapissa). Kelirikko on ongelma erityisesti alempiasteisella tieverkolla, jossa sorateiden märkyys pahentaa sitä.

Jäätymis-sulamissyklit toistuvat talvisin aiempaa tiheämmin ja ne rapauttavat päällysteiden lisäksi myös siltoja. ¹¹⁶ Sään muuttuminen lisää kosteusrasitusta ja aiheuttaa siltojen rapautumista. ¹¹⁷ Leutoina talvina teiden pinnat ovat alttiina märkyydelle ja liukaudentorjunta-aineille aiempaa useammin, mikä kuluttaa päällysteitä.

Kuumuus, kuten muutkin hankalat olosuhteet, voi aiheuttaa kuljettajien väsymystä, jalkakulku- ja pyöräilyvaurioita ja kulkuneuvojen vikoja sekä tien pinnan halkeilua ja siltojen ja muiden rakenteiden vauriota ^{118 119}. Kuivat ja kuumat kaudet heikentävät sorateiden pintarakennetta ja lisäävät pölyämishaittoja. Ilmastonmuutoksen myötä teiden romahtamisen riski kasvaa, kuljetusreittien tulvariski lisääntyy, ja pohjavedenpinnan nousun ja laskun aiheuttamat riskit ja ilmastonmuutoksen vaikutukset yleisesti lisääntyvät ¹²⁰.

Tienpitäjän (ELY-L) kannalta merkittävin riski on edelleen kulkuyhteyden katkeaminen kokonaan. Haavoittuvuutena voidaan pitää sitä, että erityisesti maaseutuelinkeinojen

¹¹³ Malin ym. 2017 <https://www.doria.fi/handle/10024/143844>

¹¹⁴ Ito_2018-01_talvihoidon_toimintalinjat_web.pdf (vayla.fi)

¹¹⁵ Elina Granqvist Väylävirasto

¹¹⁶ Eira Järviluoma, Lapin ELY

¹¹⁷ Katja Lohko-Soner. Traficom

¹¹⁸ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

¹¹⁹ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-clim>

¹²⁰ Saarelainen 2006 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41046> <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41046> <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41046>

harjoittajia on melko paljon yhden ainoan kunnollisen tieyhteyden takana.¹²¹ Iso osa maamme ruoasta ja luonnonvaroista (esim. maa-ainekset, puu) tulee vähäliikenteiseltä tieverkolta, josta suuri osa on sateisille talville ja kuiville kesille erityisen herkkää soratieverkkoa¹²². Tulvimisen aiheuttama vedenpinnan nousu, runsaiden sateiden aiheuttama tierakenteen vakavuuden tai kantavuuden menetys saattavat estää raskaiden ajoneuvojen liikennöinnin kokonaan. Muille toimialoille ja ihmisryhmille nämä aiheuttavat lähinnä matkojen ja matka-aikojen pidennystä, mutta eivät estä matkojen tekoa kokonaan.¹²³

Yhtenä tieliikenteen merkittävänä haavoittuvuustekijänä Suomessa on teiden heikko kunto, jota korjausvelka kasvattaa entisestään. Maanteille kohdistuva korjausvelka vuoden 2021 alussa on 1 539 milj. euroa, joka kasvoi vuoteen 2017 verrattuna 242 milj. euroa¹²⁴. Ilmaston muuttuessa paine tieinfrastruktuuriin oletettavasti kasvaa entisestään¹²⁵. Mikäli korjausvelka jatkaa samansuuntaista kehitystä, voivat tieliikenteen turvallisuuteen liittyvät riskit kohota ja teiden välityskyky pienentyä, mikä tarkoittaa myös taloudellisten kustannusten kasvua.¹²⁶ Korjausvelan kasvaminen ja kunnan rapautuminen voidaan ajatella resilienssin puutteeksi liikenneväylästä tarkasteltaessa. Ajan kuluessa väylästä sietokyky alenee, kun ilmasto ja liikennekuormitus rapauttavat väylästä. On nähtävissä, että ilmastonmuutos voi häiritä yhä enemmän kriittisiä järjestelmiä, nostaa käyttökustannuksia, pahentaa infrastruktuurin rahoitusvajetta ja aiheuttaa merkittäviä heijastusvaikutuksia yhteiskuntaan ja talouteen.

6.4.3 Tieliikenteen ja -infrastruktuurin tunnistettuja sopeutumistarpeita ja (toteutettuja) sopeutumistoimia

Erilaisiin sään ääri-ilmiöiden aiheuttamiin tieliikenteen häiriötilanteisiin varaudutaan kunnossapidon varasuunnitelmin, varakalustoin ja siirtämällä resursseja alueelta toiselle sekä ohjaamalla liikennettä korvaaville reiteille. Tieliikenteen sopeutumistyöhön liittyen on priorisoitu haavoittuvia ja tärkeitä teitä, kehitetty tiestön kuivatusta ja tulvariskien arviointimenetelmä, päivitetty Maanteiden talvihoidon toimintalinjat, huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutus talvihoitoluokkien korotustarpeeseen ja tehostettu liik-

¹²¹ Veli-Pekka Pelttari PIR-ELY

¹²² Elina Granqvist, Väylävirasto

¹²³ Veli-Pekka Pelttari PIR-ELY

¹²⁴ Virpi Anttilan puheenvuoro tienpitopäivässä 27.10.2021

¹²⁵ Ruotoistenmäki 2009 <https://www.doria.fi/handle/10024/139433>

¹²⁶ Tuomenvirta et al

kaudentorjuntaa maanteillä. Tiehankkeiden suunnitteluvaiheessa silta- ja muiden rakenteiden mitoituksessa ja materiaaleissa huomioidaan varautuminen ja sopeutuminen. On myös uusittu ohjeistus siltojen sääsuojien myrskynkestävyydestä sekä sora-
teiden kunnossapidon toimintalinjat.

6.4.4 Raideliikenne- ja -infrastruktuuri

Vastuuministeriö/-tahot: LVM, muita?

Äärisääilmiöt kuten tulvat, myrskyt, sortumat ja rankat lumi- ja vesisateet voivat aiheuttaa raideliikenteelle vakavia haittoja sekä onnettomuuksia.¹²⁷ Myös myrskytuulet, ukkonen ja merenpinnan nousu aiheuttavat liikennehäiriöitä ja turvallisuusongelmia.¹²⁸

Raideliikenteelle ja -infrastruktuurille merkityksellisiä vaaratekijöitä ovat jäätymis- ja sulamissyklin muutos sekä lämpötilan vaihtelut ja kuumuus. Ne aiheuttavat rakenteiden kuivatus- ja stabiliteettiongelmia (kuten routanousuja), virransyöttöhäiriöitä, kulunvalvonnan häiriötä ja uhkaavat raideliikenteen turvallisuutta.¹²⁹

Kuumuus voi aiheuttaa raiteeseen hellekäyrää¹³⁰ ja ylikuumentaa liikkuvan kaluston laitteistoja.¹³¹ Hellekäyrä aiheutuu teräksen lämpölaajenemisesta, kun kisko laajenee lämmön vaikutuksesta ja yrittää pakottaa kiskon irti kiinnityksestään ja siirtämään raideetta sivusuunnassa. Radoilla, joiden tukikerrokset ovat heikentyneet, hellekäyräriskit todennäköisesti kasvavat hellejaksojen pidentyessä ja sademäärien kasvaessa, mikä

¹²⁷ Rautatieliikenteen valmiussuunnitelma 1.6.2021

¹²⁸ Väylävirasto 2020. Rataverkon tavoiteltava kehityskuva vuoteen 2050. Väyläviraston julkaisu 43/2020. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/180412/vj_2020-43_978-952-317-798-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¹²⁹ Saarelainen & Makkonen 2008 <https://www.doria.fi/handle/10024/146430>

¹³⁰ Molarius ym. 2010 <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-2672-10.pdf>

¹³¹ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

voi lisätä radan kunnossapidon haasteita. Kunnostustöiden tekeminen hellejakson aikana vaatii lämpötilaseurannan. Kesällä 2021 hellekäyrä aiheutti tavarajunan kuuden vaunun suistumisen kiskoilta.¹³² Kylmällä kelillä kalusto ja ajojohdot voivat jäätä¹³³.

Suuret myrskyt saattavat kaataa puita raiteille junien eteen tai katkaista sähköradan ajolangat. Tuiskuava lumi voi jäädä vaihteiden kielien väliin ja estää vaihteen toiminnan.¹³⁴ Runsaat sateet voivat aiheuttaa maarakenteiden vettymistä ja eroosiota¹³⁵. Lisäksi sääriskit vaikuttavat raideliikenteen ajo-olosuhteisiin, kun näkyvyys ja pintakitka vähenevät¹³⁶ tai kun puita kaatuu raiteille tai sähkölinjoille.

Pintakitka voi vähentyä myös lehtikelin seurauksena. Lehtikelillä tarkoitetaan puiden pudottamien lehtien päätymistä raiteille ja liiskaantumista junan pyörien alle, jolloin pito vähenee.

Toteutuessaan sääriskit voivat aiheuttaa myöhästymisiä, viivästyksiä ja epäoptimaalisia toimintoja, kun esimerkiksi rahtit viivästyvät¹³⁷ tai junavuoroja joudutaan perumaan¹³⁸. Ne voivat aiheuttaa myös vaaratilanteita ja onnettomuuksia¹³⁹.

Näillä kaikilla on kustannusvaikutus toimitusketjujen ja myöhästymisten kautta¹⁴⁰. Kustannuksia syntyy myös rataverkon haltijoille, rautatieliikenteen harjoittajille ja esimerkiksi kaupunkien julkiselle liikenteelle korjauksista ja ylläpidosta¹⁴¹.

¹³² Onnettomuustutkintakeskus R2021-02, <https://turvallisuustutkinta.fi/fi/index/ajankoh- taista/tiedotteet/2022/rautateidentukirakenteidenkunnossapidossaparannettavaa.html>

¹³³ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

¹³⁴ Rautatieliikenteen valmiussuunnitelma 1.6.2021

¹³⁵ Saarelainen & Makkonen, 2008. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen radanpidossa. Esiselvitys

¹³⁶ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

¹³⁷ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

¹³⁸ Groenemeijer ym. 2016 http://rain-project.eu/wp-content/uploads/2016/09/D2.5_REPORT_final.pdf

¹³⁹ Katja Lohko-Soner Traficom

¹⁴⁰ Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

¹⁴¹ Enei ym. 2011 http://www.weather-project.eu/weather/downloads/Deliverables/WEATHER_Deliverable-2_main-report_20110614.pdf

Raideliikenteessä haavoittuvuuteen voivat vaikuttaa henkilö- ja tavaraliikenteen määrä ¹⁴² sekä käytössä oleva teknologia, kuten liikenteenohjaus ja turvalaitteet, sekä sähköverkot.

Yhtenä haavoittuvuustekijänä on yksiraiteisuus ja vaihtoehtoisten reittien puute. Vaihtoehtoisia reittejä on poikkeustilanteen sattuessa hyvin vähän, minkä vuoksi raideliikenteen infrastruktuuri on erityisen altista useiden sääilmiöiden vaikutuksille. ¹⁴³ Vaihtoehtoisten reittien käyttöönoton helppous ja välityskyky vaikuttavat haavoittuvuuteen, sillä useat sääilmiöt (myrskyt, tulvat jne.) voivat katkoa raideyhteyksiä, jolloin liikenteessä olijoiden on osattava ja pystyttävä reagoimaan ja muuttamaan suunnitelmiaan sen mukaan. Junien ajaminen on haasteellisinta ja altteinta sääriskien vaikutuksille enemmän nousuja ja laskuja sisältävillä rataosuuksilla erityisesti mäkeen jäämisen uhan vuoksi. ¹⁴⁴

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan haavoittuvuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös radan tyyppi (esim. päällysrakenneluokka), raiteiden kapasiteetti sekä rautatiemattilaisten tietoisuus sään ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja niiden välistä yhteydestä ¹⁴⁵.

6.4.5 Raideliikenteen ja -infrastruktuurin tunnistettuja sopeutumistarpeita ja (toteutettuja) sopeutumistoimia

Raideliikenteessä haasteellisiin sääoloihin varautumista varten on luotu toimintamallit yhteistyössä sidosryhmien kanssa, tulva- ja myrskytilanteisiin varautumista ja sääriskien hallintaa on tehostettu ja kuumuuden aiheuttaman hellekäyrän hallintatoimet on määritetty. Ratojen kuivatusta on parannettu, riskipuuston hallintaa kehitetty ja varavoimakalustoa uusittu.

¹⁴² Saarelainen & Makkonen 2008 <https://www.doria.fi/handle/10024/146430>

¹⁴³ Väylävirasto 2020. Rataverkon tavoiteltava kehityskuva vuoteen 2050. Väyläviraston julkaisuja 43/2020. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/180412/vj_2020-43_978-952-317-798-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¹⁴⁴ Tuomenvirta, H., Haavisto, R., Hildén, M., Lanki, T., Luhtala, S., Meriläinen, P., Mäkinen, K., Parjanne, A., Peltonen-Sainio, P., Pilli-Sihvola, K., Pöyry, J., Sorvali, J. & Veijalainen, N. 2018. Sää- ja ilmatoriskit Suomessa - Kansallinen arvio

¹⁴⁵ Lindgren ym. 2009 <https://bit.ly/2O1NjTr>

6.4.6 Merenkulku

Toimijat: LVM, Väylävirasto, Fintraffic..

Vaikka merenkulku altistuu sääolosuhteille jatkuvasti, ilmastonmuutoksen edetessä merenkulku hankaloituu ja huonot keliolosuhteet lisääntyvät.

Merenkulku on Suomen viennin ja tuonnin kannalta...

Ilmastonmuutoksen myötä merenkulun sää- ja ilmatoriskien hallinnassa huomioon otettavia vaaratekijöitä ovat erityisesti jääpeitteen muuttuminen¹⁴⁶. Ilmaston muuttuessa jäätalvet eivät välttämättä helpotu, vaan ne muuttuvat entistä vaihtelevammiksi ja vaikeammiksi ennustaa.¹⁴⁷ Merialueilla lisääntyvät jäätämislle (jään kertyminen alusten rakenteisiin) otolliset olosuhteet. Ohuempien jäiden valliintuminen ja sohjoontuminen on varsinkin helpompien talvien ongelma, jota jäätä entistä enemmän murtaavat uudet tuulipuistot tulevat lisäämään. Ahojääät ja sohjooyöt

Jäänmurto on meriliikenteen kuljetuksille välttämätön palvelu Suomen ilmaston ja maantieteellisen sijainnin vuoksi.¹⁴⁸ Kovan tuulen aiheuttama jäiden valliutuminen lisää jäänmurron tarvetta. Jäiden valliutuessa niiden läpi pääseminen edellyttää aina jäänmurtaja-avustusta, vaikka matka vallin läpi pääsemiseksi olisi lyhyt.

Kauppa-alusten ympäristösääntelystä johtuva, aiempaa heikompi teho ja itsenäisen jäissäkulkukyvyn heikkeneminen lisää tarvetta jäänmurrulle¹⁴⁹. Laajat, usein väylien läheisyyteen avomerelle sijoittuvat tuulivoimapuistot tulevat myös pidentämään jäänmurtajien avustusmatkoja, kun heikkotehoisia kauppalaivoja ei voi jättää tuulivoimaloiden rajaamiin "käytäviin". Myös tämä lisää jäänmurron tarvetta.¹⁵⁰

¹⁴⁶ Luomaranta ym. 2010 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/24433>

¹⁴⁷ https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163290/LVM_2021_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¹⁴⁸ https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163290/LVM_2021_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¹⁴⁹ Ilmastonmuutokseen sopeutumisen nykytilan kartoitus Väylävirastossa 2022

¹⁵⁰ Jarkko Toivola, Väylävirasto 27.5.2022

Jääpeitteen laajuus voi vuosittain vaihdella merkittävästikin, vaikka ilmasto lämpenee. Kovat tulleet vaikeuttavat jääkentän läpipääsyä lisäten epävarmuutta kuljetusten luotettavuudesta.¹⁵¹

Navigoinnille haasteita aiheuttavat erityisesti myrskytuulet, korkea aallokko, rankkasateet, lumipyryt, meriveden pinnan nopeat muutokset, alhainen lämpötila ja kova tuuli, sumu sekä merenpinnan nousun myötä tapahtuva sedimenttikerrosten ja matalikkojen sijainnin muuttuminen.¹⁵²

Sääolosuhteiden takia merenkulussa voi olla tarpeen liikkua tavallista hitaampaa nopeutta,¹⁵³ mikä on turvallisuuden kannalta tärkeää, mutta saattaa vaikuttaa esimerkiksi tavarakuljetusten kustannuksiin ja täsmällisyyteen. Tällä puolestaan on edelleen vaikutusta muihin toimialoihin.

Majakat ja turvalaitteet ovat alttiita suurille jääkuormille ja voimakkaalle säärasitukselle. Vaikka jääkentän koko pienenisikin, aiheuttaa kova tuuli jäiden puristumista valleiksi.

Toteutuessaan sää- ja ilmastoriskit aiheuttavat kustannuksia myös sisävesiliikenteelle¹⁵⁴. Saimaan alueella väyläsyvyydet on sidottu määritettyyn vedenpinnan alatasoon. Jos vedenpinnan taso laskee pitkän kuivan kauden takia alatasoon alle, vähentää se alusten käytössä olevaa väyläsyvyyttä ja sitä kautta alusten lastinottokykyä.¹⁵⁵

6.4.7 Merenkulun tunnistettuja sopeutumistarpeita ja (toteutettuja) sopeutumistoimia

Suomen merenkulun haavoittuvuutta säälle ja ilmastolle ei ole juuri tutkittu, mutta vuonna 2009 silloinen Merenkululaitos (nykyinen Väylävirasto) tarkasteli omien prosessiansa haavoittuvuutta ilmastonmuutokselle ja sopeutumisen edellyttämiä toimenpiteitä¹⁵⁶.

¹⁵¹ Katja Lohko-Soner, Traficom

¹⁵² SIETO-raportti

¹⁵³ Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

¹⁵⁴ Enei ym. 2011 http://www.weather-project.eu/weather/downloads/Deliverables/WEATHER_Deliverable-2_main-report_20110614.pdf

¹⁵⁵ Olli Holm, Väylävirasto 27.5.2022

¹⁵⁶ Merenkululaitos 2009 <http://www.doria.fi/handle/10024/142053>

Sopeutumistoimenpiteitä on osin toteutettu. Vesiväylänpidon riskinhallintatoimenpiteiksi on tunnistettu tietoisuus ilmastonmuutoksen ilmiöistä ja ennusteista sekä tilanteen kehittymisen seuranta. Turvalaitteiden ja eri järjestelmien toimintavarmuutta parannetaan koko ajan esim. lisäämällä turvalaitteiden kaukohallintaa. Lisääntynyt tieto ja tarkentuneet skenaariot ilmastomuutoksen etenemisestä ja vaikutuksista huomioidaan.¹⁵⁷

Väylävirastolla on merkittävä rooli logistisen järjestelmän toimintakyvyn turvaamisessa sekä maa- että meriliikenteessä. Väyläviraston meriliikenteeseen ja vesikuljetuksiin liittyvien tehtävien päämääränä on turvata osaltaan yhteiskunnan logistisen järjestelmän toimivuus ja tarvittavat tukipalvelut puolustus- ja turvallisuusviranomaisille. Meriliikenteen toimintaedellytykset ja merenkulun turvallisuus turvataan varautumalla normaaliolojen erilaisiin häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin laatimalla valmiussuunnitelmia ja harjoittelemalla yhteistyötä muiden merellisten toimijoiden kanssavalmiussuunnitelmia ja harjoittelemalla yhteistyötä muiden merellisten toimijoiden kanssa.¹⁵⁸

Satamien osalta tutkittua tietoa on hyvin vähän saatavilla, mutta esimerkiksi Selkämeren satamissa on jo korotettu laiturialueita ja tarkistettu alueviemäröintiä varautumistoimenpiteinä¹⁵⁹ ja HaminaKotkan sataman rakentamisessa on otettu huomioon meritulvavaara mm. viemäröinnin suunnittelussa¹⁶⁰. Euroopassa satamien sulkeminen voi joskus tulla kyseeseen,¹⁶¹ mutta kotimaista tutkimustietoa asiasta ei ole.

6.4.8 Lentoliikenteen sää- ja ilmatoriskit

Sää ja ilmasto ovat ilmailussa oleellisia, sillä noin 70–80 % lentoliikenteen myöhästymisistä on sään aiheuttamia¹⁶². Suomessa haasteita lentokenttien ylläpidolle ja ope-roinnille aiheuttavat erityisesti talviolosuhteet, mikä heijastuu lentoliikenteen sujuvuuteen ja edelleen turvallisuuteen. Esimerkiksi kiitoteiden liukkaus ja lämpötilavaihtelut

¹⁵⁷ Väyläviraston riskitaulukko 2021 toiminnot, Kunnossapito

¹⁵⁸ Väyläviraston valmiussuunnitelma 2021, Meriliikenteen valmiussuunnitelma

¹⁵⁹ Viljanen 2011 http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/raportit/muuttuva_selkameri.pdf

¹⁶⁰ Jarva & Nuottimäki 2014 http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/91_2014.pdf

¹⁶¹ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climate>

¹⁶² Ilmastonmuutos vaikuttaa myös lentoliikenteeseen - Ilmatieteen laitos - Atmos verkkolehti (atmoslehti.fi)

aiheuttavat työtä lentokenttähenkilöstölle ¹⁶³. Lumenpoisto kiitoteiltä vie aikaa ja saattaa jossakin määrin rajoittaa lentojen määrää. ¹⁶⁴ Lisäksi lentokoneille maassa tehtävät jäänpoistokäsittelyt tuovat usein lisäviiveitä, koska jäänpoistokapasiteetti on rajallinen ja aikataulusuunnittelu ei välttämättä huomioi jäänpoistotapahtumaa, joka ei toteudu kaikilla lennoilla.

Sää ja ilmasto aiheuttavat lentoliikenteeseen viiveitä, mutta isoin osa myöhästymisistä aiheutuu kuitenkin Euroopan ruuhkaisesta ilmatilasta. Myös sää ja erityisesti talviolosuhteet aiheuttavat viiveitä, mutta vähemmissä määrin. ¹⁶⁵

Ilmastonmuutos hankaloittaa lentoliikennettä ja lisää huonoja keliolosuhteita. ¹⁶⁶ Tunnistettuja säähän ja ilmastonmuutokseen liittyviä vaaratekijöitä lentoliikenteelle ovat SIETO-raportin mukaan rankkasateet, sadannan kasvu ja hulevesien lisääntyminen, sumu, lumi, tuuli ja ukkonen, kuumuus, lumimyrsky ja jäätävä sade. Lentoliikenteessä ilman lämpeneminen pienentää lentokoneen kokemaa nostetta, minkä vuoksi lentokoneiden painoa saatetaan rajoittaa ja jopa matkustajia jättää pois kyydistä ¹⁶⁷. Kuumuudella voi olla vaikutusta myös lentokenttien infrastruktuuriin. ¹⁶⁸

Ilmastonmuutos muuttaa yläilmakehän suihkuvirtausten sijaintia ja voimakkuutta. Tällä ei nykytiedon mukaan kuitenkaan ole suurta vaikutusta esim. Atlantin yli kulkevaan lentoliikenteeseen. ¹⁶⁹

Lentoliikenteen haavoittuvuuteen vaikuttaa lentoliikenteen määrä ¹⁷⁰. Hankalissa sääolosuhteissa lentäjien ja muun henkilöstön ammattitaito on tärkeää. Toteutuessaan

¹⁶³ Finavia 2017 <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/tutustu-pohjoisen-sankareihin-he-huolehtivat-etta-lentoliikenne-lappiin-sujuu>

¹⁶⁴ Tuomenvirta et al

¹⁶⁵ Katja Lohko-Soner Traficom

¹⁶⁶ Ilmastonmuutoksen haitalliset vaikutukset ja toimialojen haavoittuvuus, raportti (final) (mmm.fi)

¹⁶⁷ Lehtonen & Lång 2017 <https://atmoslehti.fi/saa/ilmastonmuutos-vaikuttaa-myos-lentoliikenteeseen/>

¹⁶⁸ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

¹⁶⁹ Irvine ym. 2016 <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.04.014>

¹⁷⁰ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

sääriskit aiheuttavat lentoliikenteen myöhästymistä ja peruutuksia ¹⁷¹ ja lisätöitä henkilöstölle ¹⁷². Liukkaiden olosuhteiden arvioidaan tulevaisuudessa lisääntyvän, mikä puolestaan lisäänee liukkaudentorjunta-aineiden käyttöä.

Kiitoratojen ja infrastruktuurin tulvavauriot ovat mahdollisia, kun hulevesien määrä ylittää viemärikapasiteetin ja kiitoteiden kuivatusjärjestelmien kuormittuvat ¹⁷³. Hulevesiverkostojen välityskapasiteetin riittämättömyys saattaa pidemmällä aikavälillä aiheuttaa tarvetta rakenteellisille sopeutumistoimille, kuten putkikokojen kasvattamiselle ja ylivuotoreittien lisäämiselle ¹⁷⁴.

Euroopan lennonvarmistusjärjestö EUROCONTROLin syyskuussa 2021 julkaiseman Euroopan lentoliikenteen ilmatoriskitutkimuksen ¹⁷⁵ mukaan äärimmäisten sademääräpäivien ja myrskyjen ennustetaan lisääntyvän Pohjois-Euroopassa ja vähentyvän Etelä-Euroopassa vuoteen 2050 mennessä. Keskimäärin myrskyistä johtuu jopa 7,5 prosenttia lennonaikaisista kokonaisviivästyksistä verkostotasolla, ja suuntaus on kasvava. Vuonna 2019 suurten myrskyjen välttämiseksi lennettiin arviolta yli miljoona ylimääräistä kilometriä (vieden yli 6000 tonnia polttoainetta ja aiheuttaen 19000 tonnia hiilidioksidipäästöjä. Toisaalta ennakoitujen tulevaisuuden muutokset tuulissa voivat lyhentää lentoaikoja ja säästää vuosittain arviolta 55 000 tonnia polttoainetta ja lähes 175 000 tonnia hiilidioksidia. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia matkailun kysynnälle ja arvioitiin, että Euroopan pohjoiset alueet muuttuvat matkailijoille suotuisammiksi erityisesti kesällä, mutta myös ympäri vuoden. ¹⁷⁶

Finavia on hulevesien hallinnan lisäksi tutkinut ilmastonmuutoksen vaikutuksia liukkaudentorjuntaan ja vesistötulvatilanteisiin sekä vaikutuksiin varautumista ¹⁷⁷. Lentotermien kunnossapidossa on lisäksi tunnistettu osa-alueita, jotka edellyttävät jatkoselvityksiä esim. liukkaudentorjunnan määrän ja/tai -keinojen tai lentokenttärakenteiden kestävyuden osalta. Kaiken kaikkiaan lentotermien haavoittuvuustarkastelussa

¹⁷¹ Leviäkangas ym. 2012 http://ewent.vtt.fi/Deliverables/D6/Ewent_D6_SummaryReport_V07.pdf

¹⁷² Vajda ym. 2011 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28592>

¹⁷³ EEA 2014 <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-of-transport-to-climat>

¹⁷⁴ Viitanen 2015 <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201510221688>

¹⁷⁵ EUROCONTROL study on climate change risks for European aviation | EUROCONTROL

¹⁷⁶ Katja Lohko-Soner Traficom

¹⁷⁷ Ilmastonmuutoksen vaikutukset lentotermien hulevesijärjestelmiin ja liukkaudentorjuntaan sekä vaikutuksiin varautuminen 2015, Helsinki-Vantaan lentotermien hulevesien hallinnan yleissuunnitelma 2016, Selvitys tulvien vaikutuksista Vaasan lentotermien toimintaan ja varautumissuunnitelma vesistötulvatilanteisiin 2017

keskeistä on hyvä sopeutumiskyky vaikutusten realisoituessa pitkäkhön ajan kuluessa.¹⁷⁸

6.4.9 Logistiikan ja jakelun sää- ja ilmatoriskit

Ilmastonmuutoksen vaikutukset sään ääri-ilmiöineen vaikuttavat posti- ja logistiikkatoimialaan globaalisti. Tavara- ja jakeluliikenteen merkitys ihmisten arjelle ja sen sujumiselle korostuu nykypäivänä. Mikäli sään ääri-ilmiöt vaikeuttavat tätä ketjua, näkyy se ihmisten arjessa monella eri tavalla.¹⁷⁹ Myös liikenteen infrastruktuurille ja kulkuneuvoille voi sääilmiöiden takia syntyä vahinkoa tai kulumista ja eri kulkumuotojen ylläpidolle aiheutuu haasteita ja lisäkustannuksia¹⁸⁰.

Logistiikkaketjuun kohdistuvia sää- ja ilmatoriskejä voidaan hallita esimerkiksi kuljetusketjujen suunnittelun ja aikatauluttamisen kautta, ottamalla huomioon sääolosuhteet ja niiden mahdollinen muuttuminen. Tavaraliikenteen logistiikkatiedon digitalisoiduessa vaihtoehtoisten logististen ketjujen suunnitteluun digitaalinen tieto ja sen jaettavuus toimijoiden kesken parantavat mahdollisuuksia suunnitella vaihtoehtoisia reittejä ja kuljetustapoja. Tietojen saatavuus, jaettavuus ja yhteensopivuus eri toimijoiden kesken ovat tässä avainasemassa. Tämä on tärkeää myös yksityisen sektorin toimijoiden näkökulmasta, jotta ne voivat mahdollisimman sujuvasti tehdä reittien uudelleensuunnittelua.

Esteettömyystyö ja esteettömyystieto voivat toimia henkilö- ja tavaraliikenteen vaihtoehtoisten matka- ja logistiikkaketjujen suunnittelun tukena. Esteettömät matkakettjut, joissa huomioidaan esimerkiksi pyörätuolin, ai muiden apuvälineiden kanssa liikkuvat, soveltuvat usein laajaan tarpeeseen ja epäjatkuvuuskohdat on niiden osalta tarkasteltu. Samalla kun esteettömyystieto lisää matka- ja kuljetusketjujen joustavuutta ja mahdollistaa vaihtoehtoisten reittien ja kulkumuotojen joustavan hyödyntämisen, esteettömyystietoon pohjautuvat palvelut voivat kuitenkin myös merkittävästi häiriintyä yllättävien sääilmiöiden johdosta, jolloin esimerkiksi runsaan vesi- tai lumisateen vuoksi henkilöiden tai ajoneuvojen pääsy pysäkillä tai pysäkiltä ajoneuvoon voi estyä. Tällaisiin häiriöihin varautumiseksi esteettömyystietoon tulisi yhdistää myös esimerkiksi väylien kunnossapito.¹⁸¹

¹⁷⁸ Martikainen, Jarkko, Finavia. sähköposti 3.12.2021

¹⁷⁹ Katja Lohko-Soner, Traficom

¹⁸⁰ mm. Doll ym. 2014 http://www.mowe-it.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/02/MOVE-IT_road_guidebook_final.pdf

¹⁸¹ Eero Hokkanen, LVM 26.4.2022

Postin, kuten muiden postiyriyten, täytyy postilain mukaan varautua poikkeusoloihin ja normaaliolojen häiriötilanteisiin ja postin- ja muun jakelun ja kuljetusten pitää toimia kriisin keskelläkin. Poikkeustilanteessa jakelussa etusijalle menevät yleiseen turvallisuuteen liittyvät lähetykset: verilähetykset ja laboratorionäytteet, viranomaisten tiedotteet ja muut viranomaisten määrittelemät palvelut.

Postin jakelu- ja logistiikkaliiketoiminnassa tärkeä rooli on niin henkilöstöllä kuin myös kiinteistöillä. Postin työntekijät, jotka ajavat vuodessa reilut 200 miljoonaa kilometriä, ovat alttiita voimakkaille sään ääri-ilmiöille. Kiinteistöille paikalliset voimakkaat rankkasateet ja myrskytuulet ovat jo aiheuttaneet erilaisia vahinkoja. Voimakkaat lämpötilavaihtelut aiheuttavat vaurioita terminaalien ja lajittelukeskusten pihuille. Hellejaksot puolestaan kuormittavat kiinteistöjen lämmönsäätöjärjestelmiä.¹⁸²

Liikenteen sähköistymisen myötä sähköntoimituksen laajat katkokset voivat vaikuttaa toimintavarmuuteen ja aiheuttaa vakavia ongelmia, jotka pitkään jatkuessaan voivat keskeyttää liikenteen ja kuljetukset lähes täysin. Sähkön varastointi on myös paljon hankalampaa kuin polttoaineiden. Myös polttoaineenjako on riippuvainen sähköstä.¹⁸³

Vaikka Postin painopiste on viime vuosina ollut ilmastonmuutoksen hillitsemisessä, on Posti varautunut poikkeusoloihin omalla varautumissuunnitelmallaan ja poikkeustilanneryhmällä, jonka tehtävänä on varmistaa Postin operatiivinen toiminta ja asiakkaiden palveleminen sekä viestiä tilanteesta aktiivisesti. Posti on tunnistanut kiinteistöihin kohdistuvia riskejä myrskyjen ja rankkasateiden (mm. kosteusrasitukset rakenteille, vesivuodot, sadevesikaivojen ja pumppaamoiden täyttyminen ja pihojen tulviminen, pohjavesien nousu ja sen hallinta, myrskyn aiheuttamat vauriot, ukkosvauriot, tulvat) sekä voimakkaiden lämpötilan vaihteluiden, lumen ja helteen osalta (lumikuormat ja kinostunut lumi, routavauriot piholla ja ajoväylillä, kriittisten konesalien ja laittilojen jäädytys sekä työskentelyolosuhteet).¹⁸⁴

Huoltovarmuuskeskus on käynnistänyt maaliskuussa 2021 Logistiikka 2030 -kehitysohjelman, jonka tarkoitus on tunnistaa logistiikan toimintaympäristössä tapahtuneet muutokset Suomessa ja kansainvälisesti. Ohjelmalla vahvistetaan kriittistä logistista infrastruktuuria sekä logistiikkapalveluiden toimintakykyä ja -edellytyksiä Suomessa. Ohjelman kehittämisaalueet ovat: 1) toimitusketjujen, kriittisen infrastruktuurin ja kriittis-

¹⁸² Noomi Jägerhorn, Posti 7.1.2022

¹⁸³ Katja Lohko-Soner. Traficom

¹⁸⁴ Noomi Jägerhorn, Posti 7.1.2022

ten palveluiden toimintakyvyn parantaminen, 2) toimijoiden varautumisen parantaminen, 3) yhteistyön kehittäminen yhteisten toimintamallien, verkostoyhteistyön ja harjoittelun avulla sekä 4) tiedon syventäminen.¹⁸⁵

Sähköisen liikenteen varautumistapoja ovat: 1. lyhyissä katkoissa latausasemilla olevat (akku)sähkövarastot ja soveltuvissa tilanteissa riippumaton, oma sähköntuotanto sekä diesel/kaasugeneraattorit 2. Etenkin raskaan kaluston monipuolinen käyttövoimavalikoima, 3. ylipäänsä sähköverkon laajuus ja monipuolisuus, ylläpito ja maakaapelointi.¹⁸⁶

6.4.10 Pyöräily

Lumettoman kauden piteneminen helpottaa pyöräilyä, mutta tuulisuus ja sateisuus voivat ajoittain vähentää sen houkuttelevuutta tulevaisuudessa. Maksimituulenopeuksien kasvaminen vaikeuttaa liikkumista etenkin rannoilla ja silloilla. Puuskittaisessa ja kovassa tuulessa kaatumis- ja loukkaantumisriski on suurempi varsinkin talviolosuhteissa.¹⁸⁷

Pyöräilyn edistämiseksi muuttuvassa ilmastossa on tärkeää huomioida sään ääri-ilmiöiden vaikutus väylien käytettävyyteen jo suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa¹⁸⁸. Lämpötilan muutosten (erityisesti alhaiset lämpötilat), sademäärän ja voimakkaan tuulen on havaittu vaikuttavan pyöräilyä vähentävästi.¹⁸⁹ Berliiniä koskeneessa tutkimuksessa arvioitiin toisaalta ilmastonmuutoksen kasvattavan pyöräilyn suosiota etenkin talvella, jos kaikki muut tekijät pysyvät ennallaan. Suomessa talvipyöräilyn suosiota on pyritty kasvattamaan esimerkiksi talvikunnossapitokokeiluilla.¹⁹⁰

Pidentyvä lumeton aika ja talvien lämpeneminen mahdollistavat pyöräilykauden jatkamisen pidemmälle syksyyn, kunhan väylien kunnossapitoon kiinnitetään huomiota¹⁹¹. Pidempi pyöräilykausi tasoittaa käyttäjämäärien kuukausivaihtelua ja voi lisätä käyttä-

¹⁸⁵ Logistiikka 2030 - Huoltovarmuuskeskus

¹⁸⁶ Katja Lohko-Soner. Traficom

¹⁸⁷ <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/pyoraily-voi-hyotya-lauhtuvista-talvista>

¹⁸⁸ Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

¹⁸⁹ The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings - ScienceDirect; Sustainability | Free Full-Text | How Would We Cycle Today If We Had the Weather of Tomorrow? An Analysis of the Impact of Climate Change on Bicycle Traffic (mdpi.com)

¹⁹⁰ CIVITAS ECCENTRIC Turku

¹⁹¹ <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/liikennesuunnittelu-sopeutuminen>

jämääriä. Tämä voi tuoda osaltaan tarvetta lisätä kapasiteettia esim. muuttamalla yhdistettyjä kävelyn ja pyöräilyn väyliä erotelluiksi, mikä tarkoittaisi useimmiten väylien leventämistarvetta. Pyöräiliikenteen ja kävelyn seudullisten verkkojen suunnittelun ja verkkohierarkian merkitys osana yhdyskuntasuunnittelun prosesseja korostuu tästä syystä.

Lauhtuvat talvet eivät kuitenkaan ole pelkästään hyvä asia pyöräiliikenteen kannalta. Jos yhä pohjoisempina talvilämpötilat pyörivät nollan ympärillä, eikä ”oikeaa talvea” tule, tulee etelässä nyt vahvemmin esillä olevat väylien liukkaudentorjunnan haasteetkin vahvemmin yhä pohjoisemmaksi. Liukkaudentorjunnalla on merkittävä vaikutus väylien käytettävyyteen pyöräiliikenteessä ja erityisesti jalankulussa. Routimisen muutokset voivat aiheuttaa pyöräilyväylien rakenteelle ja päällysteelle samoja ongelmia kuin tieliikenteen väylille.¹⁹²

6.4.11 Liukkaiden kelien lisääntyminen kasvattaa tapaturmariskiä

Ilmastonmuutoksen myötä yleistyvien liukkaiden kelien ja väestön ikääntymisen myötä liukastumistapaturmia on todennäköisesti jatkossa enemmän, ja niiden seuraukset voivat olla entistä vakavampia. Liukastumisissa ja kaatumisissa loukkaantuneiden määrä on jopa 30-kertainen verrattuna liikenneonnettomuuksissa loukkaantuneisiin. Talven äärisään aiheuttamilla riskeillä on tapahtuessaan suoria taloudellisia vaikutuksia sairaanhoidon ja sairauspoissaolojen kautta (liukastuminen)¹⁹³. Tapaturmista kertyy vuosittain merkittäviä kustannuksia, jotka voivat olla suurempia kuin talvikunnossapidon kustannukset¹⁹⁴.

Liukastumistapaturman taustalla vaikuttavat tyypillisesti liukkaat olosuhteet, talvikunnossapidon puutteet tai keliin sopimattomat kengät¹⁹⁵ sekä kiire¹⁹⁶. Suuri vaikutus on

¹⁹² Maija Rekola, Väylävirasto 30.5.2022

¹⁹³ Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

¹⁹⁴ Liukastumistapaturmat ja niiden ehkäisy toiminnallisen tasa-arvon ja yhdenvertaisuuden näkökulmasta. LVM 2022. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163848>

¹⁹⁵ Liukastumistapaturmat ja niiden ehkäisy toiminnallisen tasa-arvon ja yhdenvertaisuuden näkökulmasta. LVM 2022. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163848>

¹⁹⁶ Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

myös jalkakäytävien ja kävely- ja pyöräilyväylien kunnossapidolla ja oikea-aikaisella liukkauden torjunnalla. ¹⁹⁷

Liukastumistapaturmia ja niiden ehkäisyä koskeneen tutkimuksen tulosten perusteella suositellaan, että liukastumis- ja kaatumistapaturmien tilastointia tulisi parantaa. Lisäksi liikenneturvallisuustyötä tulisi laajentaa sisältämään jalankulkijoiden yksittäisönettomuudet. Myös Ilmatieteen laitoksen viranomaistoimintana toteutetun liukkaan jalankulkusään varoittamisen näkyvyyttä tulisi nostaa mediassa samalle tasolle muun säävaroittamisen kanssa. ¹⁹⁸

6.4.12 Tietoliikenteen sää- ja ilmatoriskit

Moni toiminto on nykyisin entistä riippuvaisempi tietoliikenteen toimivuudesta, ja riippuvuus toimivista tietoliikennejärjestelmistä on lisännyt yhteiskunnan alttiutta sään ääri-ilmiöiden vaikutuksille. Vuoden 2005 Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian mukaan tietoliikenteen haavoittuvuuteen liittyviä tekijöitä ovat mm. sähköverkon tyyppi (esim. ilmajohtoverkot) sekä yhteiskunnan toimintojen riippuvuus tietoliikenneverkosta ¹⁹⁹. Näiden lisäksi myös järjestelmien vikasietoisuuden varalaitteet ja varavoimakoneet vaikuttavat tietoliikenteen haavoittuvuuteen ²⁰⁰.

Tietoliikenteen sääriski aiheutuu erityisesti sen toiminnan mahdollistavan sähköjakeluverkon altistumisesta sääilmiöille. Sähköjakeluverkko on altis erityisesti myrskyille, rajuilmoille ja tykkylumelle. Kovan tuulen seurauksena voi ilmetä tietoliikennejärjestelmien häiriöitä. Häiriöt ovat usein seurausta sähkönsä jakelun katkoksista esim. sähkölinjoille kaatuneiden puiden takia ²⁰¹. Myös salamointi saattaa aiheuttaa häiriöitä ja vaurioittaa laitteita. Suuret lumimäärät voivat aiheuttaa tietoliikennejärjestelmien häiriöitä. Esimerkiksi tykkylumen johdosta sähkölinjojen päälle katkenneet puut ja puiden oksat

¹⁹⁷ Hippi ym. 2017 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224484>

¹⁹⁸ Liukastumistapaturmat ja niiden ehkäisy toiminnallisen tasa-arvon ja yhdenvertaisuuden näkökulmasta. LVM 2022. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163848>

¹⁹⁹ Maa- ja metsätalousministeriö 2005 <http://urn.fi/URN:ISBN:952-453-200-X>

²⁰⁰ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

²⁰¹ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

voivat johtaa pitkäkestoisiin sähkökatkoksiin. Tietoliikenneverkossa on varavoimajärjestelmiä, mutta tietoliikenteeseen heijastuvat silti sähkönjakelun häiriöt (ks. 6.2).

Tulvien ja maastopalojen vaikutukset tietoliikenneverkon laittiloihin voivat lisätä tietoliikennehäiriöiden riskiä. Maanvyörymät ja maan vajoaminen voivat vahingoittaa meri- ja maakaapeleita aiheuttaen häiriöitä tietoliikennejärjestelmiin. Pitkäkestoisen helteen seurauksena laittilojen jäähtyminen voi ylikuormittaa, josta voi seurata häiriöitä tietoliikennejärjestelmissä. Pakkautuneet ahtojäät voivat myös vaurioittaa maakaapeleita aiheuttaen häiriöitä sähköverkkoon ja tietoliikenneyhteyksiin.²⁰²

Ilman sopeutumistoimia vauriot ilmajohtoverkoille ja katkokset maakaapeleissa lisääntyvät ilmastonmuutoksen johdosta. Lisäksi vikojen korjaamisesta ja niihin varautumisesta aiheutuu lisäkustannuksia.²⁰³

Se osa tietoliikenteestä, joka kulkee satelliittien välityksellä, ei ole kovin altis sääolosuhteille.²⁰⁴

Tietoliikenteen häiriöt voivat heijastua myös muiden toimialojen toimintaan. Esimerkiksi vuoden 2010 rajuilmojen aiheuttamilla tietoliikennejärjestelmien häiriöllä oli välillisesti vaikutusta myös vesihuoltoon.²⁰⁵

ICT-ala kuluttaa energiaa ja materiaaleja, mutta sillä on merkittävä rooli ja potentiaali ilmasto- ja ympäristöhaasteisiin vastaamisessa kuten ilmastonmuutokseen sopeuttamista helpottavien ratkaisujen tuottamisessa.²⁰⁶

Suomen Erillisverkot -konserni on valtion kokonaan omistama erityistehtäväyhtiö, joka turvaa yhteiskunnan toimintaa ja kriittistä viestintää kaikissa olosuhteissa. Erillisverkot tuottaa yhteiskunnan turvallisuutta ja toimivuutta tukeville organisaatioille ICT-palveluja kriittiseen viestintään, tilannejohtamiseen ja kriittisen infrastruktuurin suojaamiseen. Erillisverkot on tunnistanut ilmastonmuutoksen voivan aiheuttaa taloudellisia vaikutuksia seuraavasti:

²⁰² Katja Lohko-Soner, Traficom

²⁰³ Sorvali, J. 2013 <https://bit.ly/2tLHp0f>

²⁰⁴ Maa- ja metsätalousministeriö 2005 <http://urn.fi/URN:ISBN:952-453-200-X>

²⁰⁵ Onnettomuustutkintakeskus 2010 <http://www.turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/muutonnettomuudet/tutkintaselostuksetvuosittain/muutonnettomuudet2010/s22010yheina-elokuun2010rajuilmat.html>

²⁰⁶ ICT-alan ilmasto- ja ympäristöstrategia (hankeikkuna.fi)

- Kasvavia kustannuksia energiaverojen ja -siirtymän vuoksi: Ilmastomuutoksen vaikutusten vähentämisestä aiheutuvat suorat/epäsuorat muutokset sähkön ja polttoaineiden hinnassa ja verotuksessa sekä mahdollinen hiilidioksidivero. Myös geopolittiset tekijät ja niiden aiheuttamat vaikutukset energiatuotantoon ja -siirtymään.
- Muutokset maapallon keskilämpötilassa, sään ääri-ilmiöt ja pandemiat: Ilmastomuutoksen sään ääri-ilmiöt voivat aiheuttaa uhkia mobiiliverkoille mm. sähkökatkoina. Toisaalta sään ääri-ilmiöistä toipuminen on Erillisverkkojen tuottamalle yhteiskunnan toimintavarmuutta lisäävälle palvelulle mahdollisuus. Tarve palveluille kasvaa myös pandemioiden myötä. Häiriö- ja poikkeustilanteiden määrän kasvun arvioidaan lisäävän henkilöstökustannuksia sekä verkkojen ylläpitokustannuksia. Vakavan häiriötilanteen kustannukset voivat vaihdella tuhansista euroista miljooniin euroihin.

Erillisverkot tarjoaa palveluillaan myös ratkaisuja ilmastonmuutokseen sopeutumiseen, esimerkiksi parempana varautumisena ja niistä toipumisen edistämisenä sään ääri-ilmiöihin, kuten myrskyihin, tulviin ja metsäpaloihin.²⁰⁷

Digitalla ei ole tehty varsinaisia ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja seurauksiin liittyviä riski- ja haavoittuvuustarkasteluita. Erinäisiä keskusteluita ja pohdintoja aiheesta on kuitenkin käyty osana yhtiön liiketoimintaan liittyvien huoltovarmuustoimintojen vuoksi. Huoltovarmuustekijöistä johtuen Digita on varautunut erilaisiin häiriöihin, mutta niiden osalta ei ole erikseen eritelty mikä häiriö on ilmastonmuutoksen aiheuttama.²⁰⁸

Traficomien määräys viestintäverkkojen ja -palvelujen varmistamisesta sekä viestintäverkkojen synkronoinnista ja määräys viestintäverkkojen suojaamisesta määrittelevät varautumista ja sopeutumista koskevat velvoitteet²⁰⁹. Operaattoreiden on huolehdittava siitä, että niiden toiminta jatkuu mahdollisimman häiriöttömästi myös normaaliolojen häiriötilanteissa sekä valmiuslaissa tarkoitetuissa poikkeusoloissa. Määräyksellä viestintäverkon sähköisestä suojaamisesta tehdään pakolliseksi tietyt yleisen viestintäverkon ja yleiseen viestintäverkkoon liitetyn viestintäverkon suojaustoimenpiteet, joilla verkko saadaan sietämään ja kestäämään ilmastollisia ja toisten verkkojen aiheuttamia ylijännitteitä. Määräysten tarkoituksena on parantaa viestintäverkkojen ja -pal-

²⁰⁷ Erillisverkot vuosikertomus 2020

²⁰⁸ Digita sähköposti Juha Ourila 13.12.2021

²⁰⁹ Tekninen toimivuus teletoiminnassa | Traficom

veluiden luotettavuutta ja resilienssiä niin haastavissa sääolosuhteissa kuin normaalioloissa sekä ehkäistä viestintäverkkoa aiheuttamasta vaaraa odottamattomissa tilanteissa. Traficom koordinoi ja seuraa operaattoreiden määräysten noudattamista.²¹⁰

6.5 Kasvinviljely ja kotieläintalous, riistatalous ja niihin liittyvät palvelut

6.5.1 Lisääntyvä kuivuus rajoittanee kasvukauden pidentymisen hyötyjä

RCP4.5-skenaarion mukaan vuosisadan loppuun mennessä kasvukausi pitenee (Luku 3.3), mutta kuivuuden lisääntyminen (Luku 3.5) rajoittaa pitenevän kasvukauden hyötyjä. Kuivuuden lisääntyminen alkukeväästä ja loppusyksystä haittaa kasvien kasvua ja kesä-heinäkuun voimakkaasti lisääntyvä kuivuus lisää todennäköisesti kasvikuolemia ja metsäpaloja, erityisesti hemi- ja eteläborealisilla kasvillisuusvyöhykkeillä.

Tulokset vahvistavat käsitystä kuusien kuivuusriskien kasvusta. Pidempi ja kuivempi kasvukausi voi suosia myös metsien tuholaisien leviämistä. Kasvien sairastuessa, riski tuholaisinvaasioille on yhä suurempi.

Kuivuus aiheuttaa haasteita peltokasvien viljelylle, ...

6.5.2 Pelto- ja puutarhaviljely

Yleiskatsaus

Maatalous on toimiala, jossa toimijat ovat joutuneet kautta aikojen sopeutumaan vuosittain vaihteleviin säätiloihin, muuttuneeseen ilmastoon ja niiden myötä satovaihtelui-

²¹⁰ Marko Kotilainen, Traficom 22.3.2022

hin. Satovaihtelu on erityisesti peltoviljelylle tyypillinen, pohjoisesta si-jainnista ja pohjoisista sääolosuhteista johtuva ilmiö. Puutarhatalous ja eläintuotanto ovat vähemmän alttiita säästä ja ilmastonmuutoksesta johtuvalle tuotannon vaihtelulle.

Ilmastonmuutos aiheuttaa ruoan alkutuotannolle, ruoka- ja ravitsemusturvalle ja elintarvikehuollolle, maaseudun elinvoimaisuudelle sekä vesistöille kuitenkin lisähaasteita. Ilmastonmuutos lisää peltoviljely- ja puutarhakasvien tuotannon haasteita heikentämällä satomääriä ja –laatua. Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen vaikutukset maatalouden toimintaedellytyksiin, kannattavuuteen ja kilpailukykyyn tulevat lisääntymään. Samalla ravinne- ja maaperän orgaanisen aineksen valumat heikentävät vesistöjen tilaa entisestään.

Eryityisesti pitkällä aikavälillä sekä Suomeen kohdistuvat että maailmanlaajuiset ilmastonmuutokseen liittyvät uhkat voivat vaikuttaa Suomen elintarvikehuoltoon sekä ruoka- ja ravintoturvaan. Ilmastonmuutos voi johtaa globaaliin ruoansaatavuuden heikkenemiseen, sekä hintojen nousuun ja pitkällä aikavälillä hintakriisiin. Joidenkin tärkeiden tuontituotteiden ja elintarvikkeiden saatavuus voi romahtaa ilmastonmuutoksen seurauksena kokonaan. Ilmastonmuutos voi vaikuttaa elintarvikehuollon kaikkiin osiin, mutta Suomessa ja maailmanlaajuisesti suurin uhka kohdistuu alkutuotannolle.

Peltoviljely ja vesienhallinta

Peltoviljelylle haasteita aiheuttavat lisääntyvät rankkasateet ja liian märät pellot, Etelä-Suomen lyhentyvät tai puuttuvat routajaksot, ja erityisesti yhtä aikaa ilme-nevä kasvukauden aikainen korkea lämpötila ja kuivuus, ja siten lisääntyvä haihdunta. Nämä ilmiöt haittaavat muun muassa kasvien kasvua, vähentävät maan kantavuutta ja lisäävät maan tiivistymisriskiä, sekä lisäävät kasvitautilien riskiä. Muun muassa roudattomuus, lumipeitteen väheneminen ja lämpöjaksot keväällä hankaloittavat syysviljojen selviämistä. Ilmastonmuutos lisää maaperän eroosiota ja ravinnevalumia ja heikentää siten maaperän viljavuutta.

Suomessa maanviljely on ilmasto-olosuhteiden vuoksi mahdotonta ilman ojitusta, eikä tuottava viljely ole mahdollista ilman toimivaa kuivatusta. Salaojitus ja muu paikalliskuivatus sekä peruskuivatusuomat muodostavat kuivatusjärjestelmän, joka on luonut suotuisat kasvuolosuhteet viljelykasveille. Lisäksi se on mahdollistanut tehokkaan konekaluston käytön ja oikein toteutettuna vähentänyt vesistö- ja ilmasto-kuormitusta. Vastaavasti metsäojitus on parantanut maan kuivatustilaa puuston kasvun kannalta edullisemmaksi, minkä ansiosta metsätalousskäytössä oleva pinta-ala on lisääntynyt Suomessa merkittävästi.

Ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät rannkasateet asettavat isoja haasteita maa- ja metsätalouden vesienhallintajärjestelmille. Rannkasateiden lisääntyminen johtaa tilanteisiin, joissa kuivatusjärjestelmät eivät riitä, eikä veden kyllästävä maaperä ime vettä. Pitkäaikainen veden kerääntyminen ja maan märkyys johtavat haitalliseen vesien kerääntymiseen pelloille, sekä ojien ja isompien vesiuomien tulvimiseen. Liiallinen kosteus tuhoaa kasvien juuristoja sekä kesällä että talvella, ja koneiden käyttö märeällä pellolla johtaa maaperän tiivistymiseen, joka aiheuttaa merkittäviä satotappioita. Lisääntyvä pintavalunta lisää myös eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista. Nykyinen ojitus- ja vesienhallintajärjestelmämme ei vastaakaan muuttuvien ilmastolojen vaatimuksia.

Kuivuus on aiheuttanut haasteita peltoviljelylle, ja kuivuusriskin arvioidaan ilmastonmuutoksen johdosta kasvavan. Ilmastonmuutoksen vaikutuksista keväällä, kasvun kannalta kriittisessä kasvukauden alkuvaiheessa, esiintyvään kuivuuteen on osin ristiriitaisia tuloksia: kuivuus voi lisääntyä tai siinä ei välttämättä tapahdu muutoksia. Kuivien kausien todennäköisyyden kuitenkin arvioivaan kasvavan, mutta tuloksiin liittyy edelleen epävarmuutta.

Kastelu on tähän saakka keskittynyt erikoispeltokasvituotantoon, jossa sadon arvo hehtaaria kohden on suurta. Avoin kysymys onkin, että missä olosuhteissa kastelu peltoviljelyssä (viljat, heinä) on taloudellisesti järkevää. Sateisuuden muutos ja mahdollisesti lisääntyvä kuivuus ei välttämättä yksin riitä lisäämään kastelun kannattavuutta, vaan se voi vaatia tilakoon kasvattamista ja korkeampia satotasoja ennen kuin kastelujärjestelmistä tulee kannattava investointi.

Muutosta viljelijöiden pellonkäytössä ja sopeutumista muuttuvaan ilmastoon on jo nähtävissä. Sen voi myös ennakoita muuttuvan ratkaisevasti varsin lyhyelläkin aikajänteellä. Esimerkiksi kevätvehnän ja rapsin viljelyalat ovat kasvaneet sekä niiden tuotanto on laajentunut uusille alueille. Myös viljelijöiden kiinnostus syysrapsin viljelyyn on kasvanut. Uusien viljelykasvien, kuten öljyhampun ja kuminan viljelyalojen arvioidaan myös kasvavan. Toisaalta muuttuvat talviolot voivat viivästyttää syyskylvöisten ja monivuotisten viljelykasvien viljelyn laajentumista tulevaisuudessa.

Keskeisinä maanviljelyn haavoittuvuustekijöinä on tuotannon heikko kannattavuus ja suoran tulotuen osuus viljelijöiden tuloista. Heikko kannattavuus ei mahdollista riskienhallintatoimiin investoimista, ja toisaalta suoran tulotuen suuri osuus viljelijöiden tuloista ei välttämättä kannusta riskienhallintatoimien tekemiseen. Esimerkiksi vähäinen satojen vakuuttaminen jättää satovahinkoriskin pääosin maanviljelijöille. Tällä hetkellä käytännössä vain yksi vakuutusyhtiö tarjoaa satovahinkovakuutuksia, mutta niiden kysyntä on vähäistä. Myöskään kuivuusjärjestelmiin investointi ei nykytiloilla ole pääosin kannattavaa. Kuten Suomen CAP-suunnitelmassa vuosille 2023-2027 tode-

taan, ”kun perusedellytykset ovat kunnossa, on mahdollista saavuttaa myös muita tärkeitä alkutuotantoon liittyviä tavoitteita”. Tämä pätee myös ilmastonmuutoksen haitallisiin vaikutuksiin sopeutumiseen ja ilmastonmuutoksen positiivista vaikutuksista hyötymiseen.

Merkittävistä haasteista huolimatta ilmastonmuutos myös hyödyttää Suomen maa- ja puutarhataloutta. Kasvukauden pidentyminen ja talvien leudontuminen mahdollistavat uusien, nykyistä myöhäisempien ja satoisampien lajien ja lajikkeiden viljelyn. Kevään aikaistuminen ja vähälumisemmat talvet, jotka johtavat peltojen nopeamman kuumumiseen, voivat tarkoittaa, että koneilla pääsee pelloille nykyistä aikaisemmin. Vastaavasti monivuotiset kasvustot hyötyvät kasvukauden alun aikaistumisesta. Tämä on poikkeuksellista verrattuna muualla ennakoituihin, varsin yksipuolisesti haitallisiin vaikutuksiin. Vaikka kasvukausi pitenee, valonolot eli pitkät päivät säilyvät.

Puutarhatalous

Ilmastonmuutos aiheuttaa haasteita myös puutarhataloudelle. Kasvintuhoojat lisääntyvät, ja samalla niitä vastaan kehitettyjä torjunta-aineita poistetaan markkinoilta. Tämä vaatii vaihtoehtoisten torjuntamenetelmien kehittämistä ja käyttöönottoa kemiallisten torjunta-aineiden käytön sijaan. Talviset lämpötilanvaihtelut, eli jäätymis-sulamissyklin tihtyminen, vaikeuttavat puutarhakasvien talvehtimistä. Pitkät märät jaksot aiheuttavat myös hankaluuksia.

Puutarhatuotannossa lähes kaikilla tuottajilla on kastelulaitteet, joten kuivuuden aiheuttama riski on pienempi kuin peltoviljelyssä. Keinokastelu kuumalla ilmalla vaikuttaa kuitenkin alentavasti tuotteiden laatuun. Vakavan kuivakauden aikana tuotannossa voi tulla haasteita kasteluveden saannin kanssa. Tunneliviljely vähentää avomaaviljelyn ilmatoriskeitä, koska niissä pystytään säätelemään kasvuolosuhteita paremmin kuin avomaalla. Merkittävä haavoittuvuustekijä on kotimaisen lajiketutkimuksen puuttuminen, joka on lopetettu kannattavuussyistä.

Kasvintuhoojat

Erilaiset kasvintuhoojat, kuten hyönteiset sekä sieni- ja virustaudit uhkaavat kasveja, viljelyä ja luontoa jo nyt. Viljelyssä kasvintuhoojista aiheutuu usein taloudellisia tappioita ja sadon määrän ja laadun heikentymistä, mikä uhkaa ruoan saata-vuutta. Kasvintuhoojat voivat aiheuttaa merkittävää haittaa myös luonnon monimuotoisuudelle tuhoamalla pahimmillaan laajoilta alueilta kasveja, tai jos niihin kohdistuvien hävittämistoimenpiteiden vuoksi joudutaan hävittämään kasveja.

Ilmastonmuutos lisää tuotantoa uhkaavien uusien ja jo olemassa olevien kasvin-tuhoojien esiintymiseen liittyvää satotappioriskiä. Suomessa jo esiintyvien kasvin-tuhoojien lisäksi uhkana on uusien kasvintuhoojien leviäminen kansainvälisen kaupan mukana ja ilmastonmuutoksen myötä. Ilmastonmuutos lisää myös uusien pelto- ja puutarhakasvien viljelyä ja myös näiden kasvien tuhoojien leviämistä.

Viljelijät tarkkailevat tuhoojien esiintymistä ja torjuvat niitä eri tavoin osana normaaleja viljelytoimenpiteitä. Kasvintuhoojien lisääntyminen voi lisätä erilaisten kasvinsuojelutoimenpiteiden sekä kasvinsuojeluaineiden käytön tarvetta alkutuotan-nossa ja aiheuttaisi entisestään merkittävää haastetta tuotannon kannattavuudelle. Markkinoilla saatavilla oleva kasvinsuojeluainevalikoima on myös supistunut, joten sopivia aineita ei aina välttämättä löydy.

Kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvia riskejä pyritään vähentämään osana kasvinsuojeluaineiden kestäväen käytön kansallisen toimintaohjelman toimeenpanoa ja edistämällä muita, kuten integroidun kasvinsuojelun (IPM) -toimenpiteitä torjunnassa. Biologisessa torjunnassa käytettävien torjuntaeliöiden ja pölyttäjien riskejä kasvinterveydelle pyritään hallinnoimaan tuotevalvonnalla. Biologisten torjuntaeliöiden valvonta on kansallista ja EU:ssa kartoitetaan tällä hetkellä mahdollisuuksia EU-lainsäädännölle.

EU-lainsäädäntö säätelee erikseen karanteenituhoojia, joista aiheutuva haitta tuotannolle ja ympäristölle on erityisen suuri. Näiden kasvintuhoojien leviäminen ja asettuminen Suomeen pyritään estämään kokonaan. Uusien karanteenituhoojien saapuminen tulisi havaita jo mahdollisimman varhain, ennen kuin ne ovat ehtineet asettua ja levitä laajemmalle, sillä hävittämistoimenpiteet ovat usein kalliita.

6.5.3 Eläintuotanto

Eläintuotantoa uhkaa Ilmastonmuutoksen ja kansainvälisen kaupan vilkastumisen myötä eläintautien ilmaantuvuuden muuttuminen ja eläintautien siirtyminen uusille alueille. Vektorilevitteiset, eli hyönteisten levittämät taudit kuten sinikielitauti, lumpy skin disease ja west Nile fever ovat aiheuttaneet epidemioita 2000-luvulla. Lintujen muuttoreitit ovat myös muuttuneet ja korkeapatogeeninen lintuinfluenssa seuraa lintujen muuttoreittejä. Korkeapatogeenisen lintuinfluenssan riski on toteutunut jo myös Suomessa. Leudommat talvet ja kasvillisuuden muuttuminen edistävät tulokaslajeista myös villisikojen leviämistä Suomeen, mikä tuo mukanaan riskin afrikkalaisen sikaruton leviämisestä. Tällä olisi merkittäviä taloudellisia seuraamuksia Suomen elintarviketeollisuudelle.

6.5.4 Poronhoito

Poronhoito on laajoja alueita hyödyntävä arktinen luontaiselinkeino, joka on perustunut sekä porojen kykyyn hankkia ravintonsa ja tulla toimeen luonnonlaitumilla, että poronhoitajien perinteiseen tietoon poroista ja laidunympäristöstä. Poronhoito on saamelaisien perinteinen elinkeino ja siten myös erottamaton osa saamelaiskulttuuria.

Poronhoito on ilmastonmuutoksen negatiivisille vaikutuksille herkkä elinkeino. Ilmastonmuutos ja muuttuvat sääolot vaikuttavat suoraan poron ravinnonsaantiin, terveyteen ja hyvinvointiin sekä käytännön poronhoitotoihin. Lisäksi ilmastonmuutos vaikuttaa epäsuorasti laidunympäristön muutoksen kautta. Alueittain ja vuosittain vaihtelevat sää- ja lumiolosuhteet sekä niiden muutokset vaikuttavat merkittävästi porojen mahdollisuuteen hankkia ravinto itse luonnosta ja ravinnon laatuun, sekä myös loisten ja tautien esiintymiseen poroissa.

Poronhoidon ekologiseen, sosiaaliseen ja taloudelliseen kestävytyteen vaikuttavat elinkeinon oman toiminnan, sekä sään vaihtelun ja ilmastonmuutoksen lisäksi monet paikalliset, alueelliset ja globaalit tekijät. Porojen laidunnus, metsätalous ja useiden muiden eri maankäyttömuotojen, kuten kullankaivun, matkailurakentamisen ja matkailupalvelujen aiheuttamat muutokset kumuloituvat. Samalla toisiinsa kytkeytyvät muutokset ovat heikentäneet, vähentäneet ja pirstoneet porolaitumia.

Sään vaihtelua ja ilmastonmuutosta seuraava olosuhteiden muutos yhdessä maankäytön muutosten kanssa aiheuttavat taloudellista epävarmuutta poronhoitajille. Merkittävästi vaihtelevien sääolojen seurauksia ovat haitat poroelinkeinoon harjoittamiselle, taloudellisten menojen lisääntyminen, poronhoitajien tulotason lasku sekä hyvinvoinnin ja jaksamisen merkittävä väheneminen. Ilmastonmuutoksen arvioidaan jatkossa näkyvän erityisen voimakkaasti pohjoisilla alueilla, missä saamelaisien kotiseutualue ja poronhoitoalue sijaitsevat.

Luonnonvarakeskus selvittää säännöllisesti porojen laidunresurssien määrää, laatua ja käytettävyyttä porolaiduninventoinneilla. Vuoden 2016-2018 porolaiduninventointien ja tilastoanalyysien perusteella koealojen jäkäläbiomassoihin vaikuttavat selvimmin laidunnuksen vuodenaikainen ajoittuminen jäkäläkoilla ja jäkäläkoiden porotiheydet, sekä metsätalouden aiheuttamat muutokset metsien rakenteessa ja vanhojen metsien määrissä paliskunnissa. Myös muun maankäytön laajuus paliskunnissa ja todennäköisesti myös ilmastonmuutoksen aiheuttamat ekosysteemimuutokset selittävät osaltaan jäkälälaidunten kuntoa ja kasvilajimuutoksia.

Epäedulliset muutokset porojen laidunympäristössä ovat vähitellen muuttaneet poronhoitoa ja lisänneet porojen talviaikaisen lisäruokinnan ja tarhauksen tarvetta. Laidunten vähenemisestä ja pirstoutumisesta on aiheutunut ristiriitoja ja ongelmia poronhoidon sekä muiden elinkeinojen välille. Pitkään laiduntamatta olleilla jäkäläköillä metsätalouden vaikutus jäkälämääriin oli selvästi pienempi. Viimeisten vuosikymmenten aikana talousmetsien rakenteen muutos on ollut porolaidunnuksen kannalta aikaisempaa suotuisampi.

Rajalliset mahdollisuudet muun maankäytön paineen hallitsemiseksi vaikeuttavat suunnitelmallista poronhoidon järjestämistä ja kehittämistä, sekä laidunten käytön säätelyä ja sääolojen muutokseen vastaamisen edellytyksiä. Poroja ei voida siirtää muun maankäytön alta toisille alueille.

6.5.5 Metsästys ja riistatalous

Ilmastonmuutoksen vaikutukset riistaeläimiin ja riistatalouteen ovat moninaiset.

Ilmastonmuutos vaikuttaa Suomessa jo olevien lajien elinolosuhteisiin sekä vahvistavasti että heikentävästi, jolloin se saattaa muuttaa eri lajien valtasuhteita ja elinpaikkoja. Esimerkiksi lumipukuun vaihtavat lajit menettävät suojavärin tuoman edun, kun taas tulokas- ja vieraslajit usein hyötyvät talvien leudontumisesta. Laadultaan heikentyneet ja vähentyneet luontaiset elinympäristöt lisäävät ilmastonmuutoksen aiheuttamaa riskiä riistaeläimille ja -taloudelle.

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa kotoperäisiin riistalajeihin monin tavoin. Elinympäristöjen muutos voi olla peruuttamatonta ja vaikuttaa lajeihin haitallisesti. Esimerkiksi muutokset lumisuudessa ja jäätilanteessa voivat ajaa tietyt lajit ahtaalle, vasojen koko voi pienentyä, talviaikainen saalistus voi kasvaa (metsäjänis, riekko) tai poikasten kasvatusympäristö kadota (itämeren norppa).

Ilmastonmuutos saattaa edistää valkohäntäpeuran, metsäkauriin ja villisian leviämistä, mikä voi kasvattaa riistaresurssia. Kantojen mahdollisesta kasvusta aiheutuva metsästysmahdollisuuksien lisääntyminen ja riistatalouden kasvu voivat myös tuoda lihantuotannon kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta parempaa, alempi-päästöistä riistalihaa laajemmin myös ei-metsästävien kuluttajien saataville.

Lisäksi lajien keskinäisten runsauksien muutoksilla lajijyhteisöissä voi olla huomattavia vaikutuksia lajien välisiin suhteisiin. Ravintoverkon ja ekologisten vuorovaikutussuhteiden vuoksi lajistomuutoksen vaikutusten ennustaminen on hyvin vaikeaa. Esimerkiksi ilmastonmuutos voi vaikuttaa kanalintukannoille merkittävään myyräsykliin ja sitä kautta aiheuttaa vaikeasti ennustettavia muutoksia.

Metsästyksen on Suomessa suosittu harrastus, ja metsästykseseurat ovat tärkeitä maaseudun elinvoimaisuuden kannalta. Varsinkin hirvieläinten metsästyksen ympärille rakentuu monen maaseutukylän tärkein tekeminen. Yksittäiset metsästäjät tekevät paljon vapaaehtoistyötä riista- ja luonnontalouden eteen, muun muassa suurrastan virka-aputehtävissä. Metsästysmahdollisuuksien järjestämistä ja harrastusta tukevia palveluja on tarjolla laajalla skaalalla, ja metsästyksen voi olla huomattava aluetaloudellinen tekijä. Ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta tulisi edistää mahdollisuuksien harrastaa metsästyksiä lähialueilla. Kotimaan metsästysmatkailun kehittäminen voi myös vähentää painetta ulkomaille suuntautuvaan metsästysmatkailuun ja siten vähentää metsästyksperusteista hiilijalanjälkeä. Riista tuo myös lisän elintarvikehuoltovarmuuteen, ja eräkulutturi ylläpitää ja luo taitoja selviytyä häiriötilanteista.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin ja metsänhoidon menetelmiin vaikuttavat myös hirvieläinkantoihin sekä niiden aiheuttamien vahinkojen sietokykyyn. Riistakantojen hoidossa tulee huomioida, että riistalajikannat ovat vuorovaikutuksessa keskenään, jolloin muutokset yhden lajin kannassa vaikuttavat muiden kantojen suuruuteen. Lisäksi sekä hirvieläimet että suurpedot ovat ihmisen näkökulmasta konfliktilajeja, joiden säätelyyn vaikuttaa paitsi ekologiset tekijät myös sosiaalinen sietokyky.

6.5.6 Kalastus ja vesiviljely

Vesiviljelylaitokset, jotka ottavat vetensä läpivirtauksella, kärsivät veden lämpötilan noususta. Esimerkiksi vuosien 2014, 2018 ja 2020 kuumina kesinä tämä johti laajoihin kalakuolemiin. Lisääntyvällä rehevöitymisellä on kielteisiä vaikutuksia vesiviljelytuotantoon sekä sisämaassa että rannikkovesissä, myös mahdollisesti tiukentuvan ympäristölupamenettelyn kautta.

Kaupalliseen kalastukseen vaikuttavat sekä ilmastonmuutoksen suorat vaikutukset kalakantoihin, että muuttuvien ympäristöolosuhteiden, kuten jääolosuhteiden, vaikutus kalastukseen. Pitkät jäättömät jaksot voivat pidentää meritroolikalastuksen kalastuskautta, mutta muu talviaikainen kalastus kärsii jääpuutteesta. Etelä-Suomessa vähäjäiset tai jäättömät talvet ovat yleistyneet, talvikalastuskausi lyhentynyt ja kelirikkoajat pidentyneet. Jäättömänä talvena kala liikkuu vähän ja niitä on silloin vaikea pyytää. Rannikolla hylkeet vaikeuttavat kalastusta, kun pyyntialueet eivät ole jäässä.

Vieraslajit voivat olla erittäin haitallisia vesiekosysteemeissä. Rannikkovesistä ja sisävesistöistä on jo löydetty useita vierasperäisiä kalalajeja, kuten mustatäplätokko (*Neogobius melanostomus*) ja aurinkoahven (*Lepomis gibbosus*). Vaikka ilmastonmuutos ei sinänsä aiheuta näiden lajien siirtymistä, se saattaa tehdä Suomen ilmastosta sopivamman tietyille vieraslajeille, jotka eivät muuten selviäisi.

6.6 Elintarviketeollisuus

SIETO: Esimerkiksi maatalouden tai elintarviketeollisuuden kannalta olennaisiin toimitusketjuihin Suomessa vaikuttavat sää- ja ilmastotapahtumat, jotka liittyvät sadonmetyksiin ja toimitusketjun logistiikkaan sekä lannoitteiden saatavuuteen. Vaikka rajat ylittäviä vaikutuksia pidetään erittäin merkityksellisenä ilmastomuutoksen vaikutusten ryhmänä, niitä on tähän mennessä käsitelty vain vähän (ks. jakso 6.7 rajat ylittävistä vaikutuksista yleensä).

6.7 Metsätalous

Mitä vaikuttaa: tuholaisriski (luku 4.4) ja metsäpalariski (luku 4.5).

Yksityisten metsänomistajien taloudellista riskiä lisää vakuutusten puuttuminen. Noin 50 prosentilla metsänomistajista on vakuutus, mutta alueelliset erot vakuutuskattavuudessa ovat suuria.

Ilmastomuutoksen aiheuttamat muutokset vesitaloudessa aiheuttavat kasvavassa määrin haasteita metsätaloudelle. Roudattoman ajan lyheneminen maaperän kantavuudessa vaikeuttaa erityisesti puunkorjuuta sekä puutavaran kuljetuksia. SIETO: Myrskyjen ja muiden äkillisten häiriöiden lisäksi paheneva ja pitenevä kelirikkoaika voi ajoittain haitata metsäteollisuuden puunhankintaa. Pahenevan ja pidentyvän sulan heikennysajan aiheuttamat haasteet puunkorjuulle voivat vaikuttaa puunhankinnasta riippuvaiseen teollisuuteen.

6.8 Vakuutus

[Lisätään myöhemmin]

6.9 Rakennukset ja terveys

Vastuuministeriöt: YM ja STM

6.9.1 Helleaallot ja lämpösaarekeilmiö

Pitkittyneet helleaallot lisäävät asukkaiden lämpöperäisen sairauden ja kuolleisuuden riskiä. Kesäkausien lämpimät sääjaksot, joissa lämpötilat voivat olla viikkoja yli 25 astetta tai yli 30 astetta aiheuttavat terveysriskien kasvua rakennuksissa, jossa sisälämpötilaa ei voida alentaa tai ilmanvaihtoa ei ylipäänsä ole mahdollista tehostaa.

Lämpösaarekeilmiö, eli kaupungin pienilmaston suhteellista lämpimyyttä maaseutualueisiin nähden, vähentää talviaikaista lämmityksen tarvetta kaupungeissa ja osaltaan lisää viilennystarvetta lämpimillä ajanjaksoilla. Viilennystarpeen kasvu kesällä näkyy jossain määrin jo nykyilmastossa helleaaltojen aikana ja sen odotetaan kasvavan ilmastonmuutoksen myötä. Riskiä ei nykyolosuhteissa tosin pidetä merkittävänä²¹¹. Pidemmällä aikavälillä ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän jäähdytystarvetta myös kaupunkien ulkopuolella. Vuoteen 2050 mennessä jäähdytystarpeen ennakoidaan lisääntyvän etenkin maan etelä- ja kaakkoisosissa ja vuosisadan loppuun mennessä näiden alueiden jäähdytystarpeen nähdään kasvavan jopa viisiker-
taiseksi²¹²

Helle asettaa etenkin iäkkäät asukkaat haavoittuvaan asemaan. Ympäristöministeriön rahoittaman RAMI-hankkeen (2021-2022) yhteydessä toteutetut simuloinnit jäähdyttämättömän vanhainkodin huonelämpötilasta Vantaan nykyilmaston kesäkuukausien aikana näyttävät, että ”lämpöviihtyvyys vaarantuu selvästi kohteessa riippumatta mitoituspäivien riskitasosta tai käytetyistä passiivisista jäähdytysratkaisuista. Lisäksi asumisterveysasetuksessa 545/2015 vanhaikodeille asetettu toimenpideraja 30°C ylittyy kohteessa reippaasti ja kuumimman huoneiston korkein lämpötila on jopa 35,4°C ja 34,4 °C heinäkuun 1%:n ja 5%:n riskitason mitoituspäivillä simuloituna”²¹³. RAMI-hankkeen loppuraportissa korostetaan, että huonelämpötilojen hallintaan täytyy kiinnittää enemmän huomiota ja että passiiviset jäähdytysratkaisut eivät ole riittäviä edes nykyisissä ilmasto-oloissa²¹⁴.

6.9.2 Lisääntyvät kosteusriskit lisäävät terveysvaikutuksia

Ilmastonmuutos lisää **kosteusriskejä**, jotka vaikuttavat kaikkiin rakennuksiin kaikkialla Suomessa. Sateiden aiheuttamat kosteusriskit ovat jo tällä hetkellä merkittäviä, ja

²¹¹ Tuomenvirta ym. (2018), s.38–39

²¹² Tuomenvirta ym. (2018), s. 39

²¹³ Vinha ym. (2022), s. 126

²¹⁴ Vinha ym. (2022), s. 126

näiden riskien odotetaan kasvavan jatkossa lisääntyneiden sateiden vuoksi. Keskilämpötilan nousu muuttaa myös lumen sateeksi, mikä lisää entisestään rakennusten kosteusriskiä. Kosteusrasituksen kasvu rakenteiden ulko-osissa lisää **mikrobien ja homeen kasvua rakenteissa**. Lämpötilan ennustetaan nousevan varsinkin syys- ja talviaikaan, mikä lisää mikrobien kasvua erityisesti vuoden jälkimmäisellä puoliskolla²¹⁵. Sademäärät kasvavat ympäri vuoden, ja erityisesti talvikausien kosteusrasite kasvaa, kun sade tulee enemmän vetenä ja räntänä. Nykyisen rakennuskannan mikrobikasvulle riskialtimpia rakenteita ovat puurunkorakenteet ja tiiliverhotut rakenteet etenkin, jos näissä rakenteissa on heikosti tuulettuvia ulkoverhouksien taustoja²¹⁶.

6.10 Ilmastonmuutos vaikuttaa terveys- ja sosiaalihuoltoon monin tavoin

Vastuutahot: STM, THL...

Suomessa kansallisessa riskinarvioinnissa (ns VN TEAS SIETO-hanke) ilmastonmuutoksen on arvioitu lisäävän etenkin helteistä aiheutuvia terveyshaittoja, vesivälitteisiä epidemioita, zoonoottisia ja vektorivälitteisiä infektiosairauksia, liukastumistapaturmia, rakennusten kosteusvaurioista aiheutuvia terveyshaittoja²¹⁷ (Kuva 6.x) sekä uusien allergisoivien lajien esiintymistä/leviämistä.

Ilmastonmuutoksen terveysvaikutukset voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään: 1) keskilämpötilan nousemisesta johtuvat vaikutukset (esim. kuumuuden tuoma lisätaakka sairaille, yhteisvaikutukset ilmansaasteiden kanssa, mikrobien ja niitä levittävien eläinten esiintyvyyssalueiden laajenemisen vaikutukset tarttuviin tauteihin, liukkauden vaikutukset onnettomuuksiin), 2) äärimmäisten sääilmiöiden (esim. helleaallot, myrskyt, rankkasateet, tulvat, kuivuus, metsäpalot) lisääntymisestä johtuvat vaikutukset, ja 3) ilmastonmuutosilmästä ja lumipeitteen vähenemisestä aiheutuvat vaikutukset mielenterveyteen (esim. masennus ja ilmastoahdistus).

²¹⁵ Tuomenvirta ym. (2018), s. 37

²¹⁶ Tuomenvirta ym. (2018), s. 37

²¹⁷ Tuomenvirta ym. 2018



Kuvio 12. Ilmastonmuutoksen terveysvaikutukset (THL 2021).²¹⁸

6.10.1 Helteen terveyshaitat

Ilmastonmuutos vaikuttaa suoraan ympäristön lämpötilasta aiheutuviin terveysriskeihin, joita koituu sekä kylmästä että kuumasta säästä niin viileiden kuin lämpimienkin ilmasto-olosuhteiden maissa²¹⁹. Ilmastonmuutoksen myötä keskilämpötilat kohoavat ja helleaallot yleistyvät ja voimistuvat. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen edellyttääkin ensisijaisesti helteen haittavaikutusten ehkäisyä. Ääriämpötiloista aiheutuvien terveyshaittojen todennäköisyyttä lisää tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen lisäksi myös väestön ikääntyminen ja kaupungistuminen **Error! Bookmark not defined.**

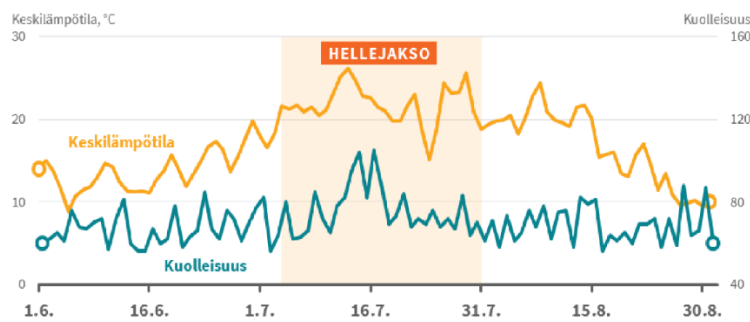
Helle on terveysriski erityisesti ikääntyneille ja kroonisesti sairaille. Naisten on todettu olevan jonkin verran herkempiä haittavaikutuksille kuin miesten. Riskiryhmiin kuuluvat myös pienet lapset, raskaana olevat sekä työntekijät, jotka tekevät raskasta fyysistä työtä ja altistuvat työympäristössään korkeille lämpötiloille.

²¹⁸ Viite

²¹⁹ Gasparrini, A., Guo, y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklov, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M.L., Guo, y.L., Wu, C., Kan, H., yi, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Saldiva, P.H.N., Honda, y., Kim, H., Armstrong, B., 2015. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet* 386, 369-375. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62114-0.

Kuumasta säästä ja helleaalloista aiheutuu Suomessa jo nykyisin merkittävä määrä terveyshaittoja²²⁰. Väestön kuolleisuus lisääntyy selvästi, kun vuorokauden keskilämpötila ylittää noin 20 astetta²²¹. Pitkittyneestä, 3–4 viikkoa kestävästä hellejaksosta voi aiheutua useampia satoja kuolemia²²² (Kuva 6.x). Vakavat terveyshaitat kohdistuvat erityisesti ikääntyneisiin ja liittyvät perussairauksien oireiden pahentumiseen, mikä näkyy tilastoissa moniin erityyppisiin sairauksiin liittyvän kuolleisuuden ja hoidontarpeen lisääntymisenä. Helleaaltojen aikana kuolleisuus lisääntyy huomattavasti niin terveyden- ja sosiaalihuollon hoitolaitoksiin sijoittuvien kuin kotona asuvienkin ikääntyneiden keskuudessa.

Kuvio 13. Vuorokauden keskilämpötila ja päivittäinen ei-tapaturmainen kuolleisuus yli 75-vuotiaiden ikäryhmässä kesä-elokuussa 2010²²³.



Helteen terveysriskiin vaikuttavat myös sosiaaliset ja ympäristötekijät²²⁴. Haittojen todennäköisyyttä voivat lisätä esimerkiksi yksin eläminen ja eristäytynyt elämäntyyli, alhainen sosioekonominen asema, helposti kuumentuva asunto sekä asuminen tiheästi rakennetulla kaupunkialueella. Kaupunkien lämpösaarekeilmiön vuoksi lämpötilat voivat tiheästi rakennetuilla alueilla nousta useita asteita korkeammaksi kuin ympäröivillä, harvempaan rakennetuilla alueilla. Tämä johtuu siitä, että kaupunkirakenteet absorboivat tehokkaasti lämpösäteilyä. Kasvillisuuden ja vesialueiden puute puolestaan vähentää veden haihduntaa ja lämmön poistumista. Helsingissä korkein mitattu läm-

²²⁰ Kollanus, V., Lanki, T. 2021. Helteen terveyshaitat ja niiden ehkäisy Suomessa. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Työpaperi 14/2021.

²²¹ Ruuhela, R., Jylhä, K., Lanki, T., Tiittanen, P., Matzarakis, A., 2017. Biometeorological assessment of mortality related to extreme temperatures in Helsinki region, Finland, 1972–2014. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14(8), 944.

²²² Kollanus, V., Lanki, T., 2014. 2000-luvun pitkittyneiden helleaaltojen kuolleisuusvai-
kutukset Suomessa. *Duodecim* 130(10):983-90.

²²³ <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmasto-ja-saa/helle>

²²⁴ Kollanus, V., Lanki, T. 2021. Helteen terveyshaitat ja niiden ehkäisy Suomessa. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Työpaperi 14/2021.

pötilaero on ollut yhdeksän astetta. Uudellamaalla helleaaltojen suhteellisen kuolleisuusvaikutuksen on todettu olevan Helsingissä 2,5 kertaa suurempi kuin ympäröivillä maaseutumaisemmilla alueilla, mikä voi ainakin osittain johtua lämpösaarekeilmiön vaikutuksesta²²⁵.

Suomessa on tehty joitakin helteen terveystaittojen torjuntaa edistäviä toimenpiteitä. Ilmatieteen laitos on antanut hellevaroituksia vuodesta 2011 lähtien. Merkittävin lainsäädännöllinen toimenpide on ollut sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetuksessa (STM 545/2015) määrittelemät toimenpiderajat huoneilman korkealle lämpötilalle lämmityskauden ulkopuolella. Rakennusten lämpöolosuhteisiin on pyritty vaikuttamaan myös ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (yM 1010/2017). Lisäksi haittavaikutusten ehkäisystä on julkaistu kuntien terveydensuojeluviranomaisille, terveydenhuollolle ja hoitolaitoksille sekä väestölle suunnattuja ohjeistuksia^{226 227 228 229 230}.

Merkittävimmät kehittämistarpeet helteen terveystaittojen torjunnassa liittyvät sosiaali- ja terveydenhuollon toimintayksiköiden varautumiseen, sillä näiden palvelujen piiriin ja hoito- ja hoivalaitoksiin sijoittuu suuri määrä haittavaikutuksille herkkää väestöä. Suomesta myös puuttuu helteen terveystaittojen ehkäisyyn tähtäävä kansallinen toimintasuunnitelma, joka on laadittu mm. monissa muissa Euroopan maissa^{231 232 233}.

²²⁵ Ruuhela, R., Votsis, A., Kukkonen, J., Jylhä, K., Kankaanpää, S., Perrels, A., 2021. Temperature-related mortality in Helsinki compared to its surrounding region over two decades, with special emphasis on intensive heatwaves. *Atmosphere* 12(1), 46.

²²⁶ Hassi, J., Ikäheimo, T., Kujala, V. (toim.), 2011. Terveystaittojen kylmä- ja kuumaopas. Toimintamalli kokeilualueiden toimijoiden käyttöön 2011–12. Pohjois-Pohjanmaan Sairaanhoidopiiri, oulun yliopisto, ympäristöterveyden ja keuhkosairauksien tutkimuskeskus, oulu. <http://www.kuumainfo.fi/materials/TerveystaittojenKylmakuumaeopas.pdf>

²²⁷ Kujala, V., Hassi, J., Järvi, L. (toim.) 2013. Kuumien ja kylmien ympäristön terveystaittojen hallinta – KyTEM-hankkeen loppuraportti. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoidopiirin kuntayhtymä, oulu. <https://docplayer.fi/2742175-Kylman-ja-kuuman-ympariston-terveystaittojen-hallinta.html>

²²⁸ Sosiaali- ja terveysministeriö (STM), 2014. ympäristöterveyden erityistilanteet. opas ympäristöterveydenhuollon työntekijöille ja yhteistyötahoille. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 21, Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-3546-4>

²²⁹ thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmasto-ja-saa/helle

²³⁰ kuumainfo.fi

²³¹ Bittner, M., Matthies, E.F., Dalbokova, D., Menne, B., 2014. Are European countries prepared for the next big heat-wave? *Eur. J. Public Health* 24, 615-619

²³² Casanueva, A., Burgstall, A., Kotlarski, S., Messeri, A., Morabito, M., Flouris, A.D., Nybo, L., Spirig, C., Schwierz, C., 2019. overview of existing heat-health warning systems in Europe. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 2657.

²³³ Martinez, G.S., Linares, C., Ayuso, A., Kendrovski, V., Boeckmann, M. & Diaz, J., 2019. Heat-health action plans in Europe: Challenges ahead and how to tackle them. *Environmental Research* 176, 108548.

Toimintasuunnitelman olisi suositeltavaa kattaa sekä lyhyen että pitkän aikavälin toimenpiteet kaikilla olennaisilla toimintasektoreilla **Error! Bookmark not defined.**

6.10.2 Kylmän terveyshaitat

Myös talven kylmä sää on terveysriski. Kaiken kaikkiaan kylmyydestä on arvioitu aiheutuvan monissa maissa, myös Suomessa, huomattavasti enemmän terveyshaittoja kuin kuumasta säästä²³⁴ ²³⁵. Koska kylmäkuolleisuus todennäköisesti vähenee ilmastomuutoksen myötä, kokonaisuudessaan kylmään ja kuumaan säähän liittyvä kuolleisuus voi tulevaisuudessa jopa vähentyä pohjoisissa maissa. Kylmyyden terveyshaittojen väheneminen onkin yksi ilmastomuutoksen myönteisistä vaikutuksista. Tämä yhdessä riittävän hellevarautumisen kanssa voi tulevaisuudessa johtaa merkittäviin kansanterveydellisiin hyötyihin.

6.10.3 Ilmastomuutoksen vaikutukset vektorivälitteisiin taudinaiheuttajiin ovat hitaita, ja niitä on vaikea erottaa muiden muuttujien vaikutuksista

Vektorivälitteiset taudit ovat bakteeri-, virus- ja loistauteja, jotka tarttuvat ihmisiin tartunnan saaneiden vektorien kuten esimerkiksi hyttysten tai puutiaisten pureman tai piston kautta²³⁶. Suomessa merkittävimpiä vektorivälitteisiä tauteja ovat puutiaisen välityksellä leviävät Lymen borrelioosi ja puutiaisaiivotulehdus (TBE), joiden tapausmäärät ovat kasvaneet viime vuosina (Kuvio 14).²³⁷

²³⁴ Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., ym. 2015. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet* 386, 369–375.

²³⁵ Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., ym. 2017. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet. Health* 1, E360–E367.

²³⁶ World Health organization (WHO) 2020. Vector-borne diseases.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>

²³⁷ Jalava K, Sane J, Ollgren J, Ruuhela R, Rätti O, Kurkela S, Helle P, Hartonen S, Piriinen P, Vapalahti O, Kuusi M. 2013. Climatic, ecological and socioeconomic factors as predictors of Sindbis virus infections in Finland. *Epidemiol Infect.* 141(9):1857-66.

Vektorivälitteisten taudinaiheuttajien on arvioitu todennäköisesti leviävän ilmaston lämmetessä²³⁸. Muun muassa tavallisen puutiaisen ja taigapuutiaisen populaatioiden on ennustettu runsastuvan, sekä niiden levittämän puutiaisaivotulehduksen esiintymisalueen laajenevan Suomessa ilmastonmuutoksen myötä^{239,240,241} (+ref 52 Semenza JC).

Lisäksi väestörakenteen kehityksellä ja liikkumisella, taloudellisella ja terveydenhoidon kehityksellä, maankäytön muuttumisella ja vektoreiden habitaateilla on vaikutusta vektorivälitteisten patogeenien yleistymiseen, leviämiseen tai häviämiseen²⁴². Hyttysten välityksellä leviäviä kansanterveydellisesti merkityksellisiä tauteja Suomessa ovat pogostantauti (ref 237 tähän) sekä tularemia. Metsäkanalintujen (teeri, metso, pyy) kantojen tiheys on yhdistetty korkeampaan pogostantaudin esiintymiseen, kuten myös sekametsän, turvesuon ja järvien suurempi pinta-ala (ref 56 tähän Uusitalo et al.). Ilmastonmuutoksen yhteyttä Pogostan taudin esiintyvyyteen ei ole Suomessa vielä kunnolla selvitetty.

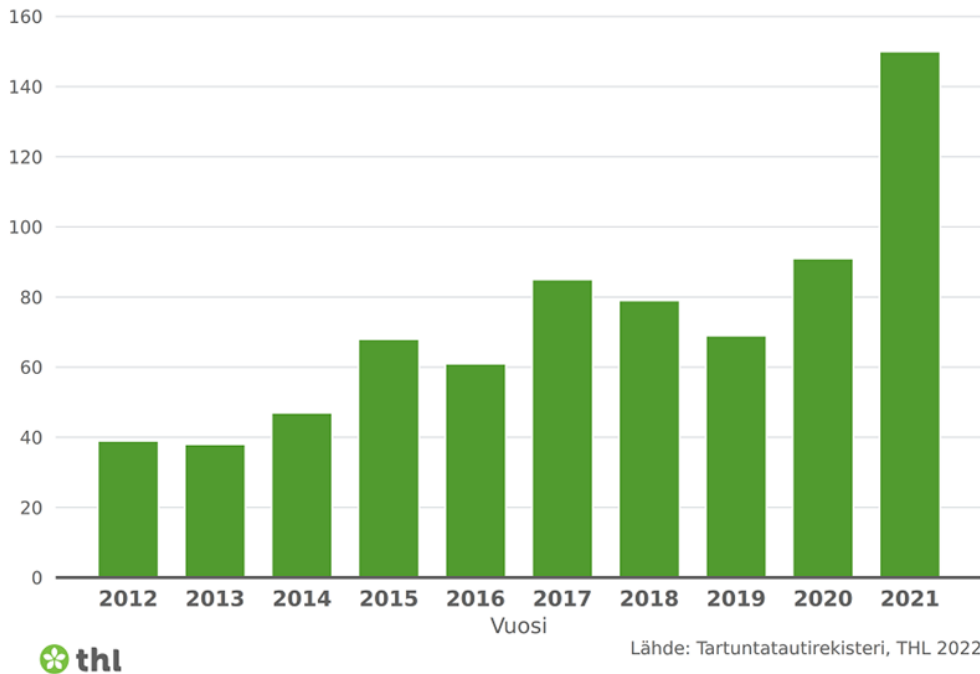
²³⁸ Semenza JC and Suk JE. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiol Lett.* 2018 Feb 1;365(2):fnx244. doi: 10.1093/femsle/fnx244.

²³⁹ Estrad-Peña et al. 2017. Ticks of Europe and North Africa. A Guide to Species Identification. Springer Verlag 404ss.

²⁴⁰ Uusitalo, R. et al. Modelling habitat suitability for occurrence of human tick-borne encephalitis (TBE) cases in Finland. *Ticks and Tick-borne Diseases* 2020;11:101457.

²⁴¹ Randolph, S.E. & Rogers, D. J. Fragile transmission cycles of tick-borne encephalitis virus may be disrupted by predicted climate change. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.*, 2000;267: 1741-1744.

²⁴² Hulden 2021. Uusien vektorivälitteisten tautien mahdollinen saapuminen Suomeen ilmastonmuutoksen ja ihmisten liikkuvuuden kylkiäisinä. Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 2021:16. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5402-1>

Puutiaisaiivotulehdustapaukset vuosina 2012-2021

Kuvio 14. Puutiaisaiivotulehdustapauksien lukumäärät vuosittain Suomessa vuosina 2012-2021.²⁴³

Vektorivälitteisten tautien leviäminen koostuu pääsääntöisesti kolmesta tekijästä; taudin aiheuttajasta, vektorista sekä taudin kantajasta. Esimerkiksi puutiaisten kohdalla se, miten ihminen kohtaa puutiaisen riippuu pitkälti siitä, miten ja kuinka paljon hän liikkuu metsittyneessä ympäristössä. Puutiaispopulaatioihin taas vaikuttavat eri tekijät, erityisesti ravintotilanne, koska puutiaisen tarvitsee kolme veriateriaa lisääntyäkseen nisäkäs-kannat, ilmasto-olojen ja ihmistoiminnan ohella, säätelevätkin puutiaispopulaatioiden kokoa^{244 245}. Puutiaisten talvehtimiseen vaikuttaa sopiva karikerros, jonka on ajateltu rajoittaneen puutiaisen leviämistä pohjoiseen. Ilmaston muuttuessa myös

²⁴³ THL 2022. Puutiaisaiivotulehduksen esiintyvyys Suomessa. <https://thl.fi/fi/web/infektiaudit-ja-rokotukset/taudit-ja-torjunta/taudit-ja-taudinaiheuttajat-a-o/puutiaisaiivotulehdus/puutiaisaiivotulehduksen-esiintyvyys-suomessa>

²⁴⁴ Korotkov Y et al. 2015. Observations on changes in abundance of questing *Ixodes ricinus*, castor bean tick, over a 35-year period in the eastern part of its range (Russia, Tula region) *Med Vet Entomol.* 2015. Jun;29(2):129-36. doi: 10.1111/mve.12101.

²⁴⁵ Dub T. et al. Game Animal Density, Climate, and Tick-Borne Encephalitis in Finland, 2007-2017. *Emerg Infect Dis.* 2020 Dec;26(12):2899-2906. doi: 10.3201/eid2612.191282.

luontotyypit muuttuvat, mutta metsän muuttuminen ja karikkeen paksuuntuminen on pitkällinen prosessi. Ihminen on toiminnallaan paikoitellen tuottanut paksumpia karikkekerroksia esimerkiksi pihoihin tai parkkipaikkojen vierustoihin, joissa puutiaiset voisivat talvehtia. Tulevaisuudessa voi siis olla paikallisia puutiaispopulaatioita myös Lapissa²⁴⁶. Myös Pogostan tautia levittävien hyttysten populaatioihin Suomessa on havaittu vaikuttavan niin ilmastollisten tekijöiden, kuin isäntäpopulaatioiden koon²⁴⁷. Esimerkiksi jokivesistön läheisyys, ilmassa olevan vesihöyryn määrä, talviajan sateisuus ja kesäaikainen auringonsäteilyn määrä selittivät yli 20% eri hyttyslajien esiintyvyydestä.

Koska jokaisella vektorivälitteisten tautien leviämiseen vaikuttavista tekijöistä on erilainen ilmastoriippuvuus, vektorivälitteisten tartuntatautien leviämistä on vaikea ennustaa. Lisäksi ennustemallit perustuvat usein lämpötilaan ja kosteuteen, mutta esimerkiksi lumipeitteen paksuutta, joka ohentuessa voi vaikuttaa negatiivisesti hyönteisten talvehtimiseen, ei ole huomioitu. Usein ennustemallit myös edustavat suuria alueita, kuten maanosaa tai useita maita, jolloin paikallisten olosuhteiden ja toimien huomiominen jäävät huomioimatta. On huomioitavaa, että ilmastomuutoksen vaikutukset vektorivälitteisiin taudinaiheuttajiin ovat hitaita, ja niitä on vaikea erottaa muiden muuttujien vaikutuksista²⁴⁸ (109). Ajantasaista tutkimustietoa tarvitaan jatkuvasti ja sitä saadaan lähivuosina mm. Suomen Akatemian CLIHE-tutkimusohjelman hankkeista²⁴⁹.

Suomessa esiintyvien vektorivälitteisten tartuntatautien lisäksi suomalaisten matkailijoiden terveyteen vaikuttavat myös muualla maailmassa esiintyvät trooppiset tartuntataudit, joiden esiintyvyyteen ilmastomuutos voi aiheuttaa suuria muutoksia niin maantieteellisesti kuin tapausmäärällisestikin.

6.10.4 Muut fyysiseen terveyteen liittyvät vaikutukset

Ilmastomuutoksen on arvioitu lisäävän siitepölyallergiaoireita, koska monien kasvilajien siitepölykausi aikaistunee sekä Suomessa että alueilla joilta siitepölyä kulkeutuu.

²⁴⁶ European Climate and Health Observatory. Last Modified in Climate-ADAPT Feb 26 2021.

²⁴⁷ Uusitalo R. et al. Predicting Spatial Patterns of Sindbis Virus (SINV) Infection Risk in Finland Using Vector, Host and Environmental Data. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jul 1;18(13):7064.

²⁴⁸ Amato E. et al. Epidemiological and microbiological investigation of the large increase of vibriosis in northern Europe in 2018. Accepted for publication in *Eurosurveillance* 2022. doi:

²⁴⁹ <https://www.aka.fi/tutkimusrahoitus/ohjelmat-ja-muut-rahoitusmuodot/akatemiaohjelmat/ilmastonmuutos-ja-terveys---clihe-2020-2023/>

Lisäksi siitepölykausi voi pidentyä ja siitepölymäärä kasvaa. Koivun siitepölykauden on jo havaittu aikaistuneen ja siitepölymäärien lisääntyneen. Suomeen vähitellen leviävät vieraslajit voivat myös lisätä siitepölyoireita, esimerkkinä marunatuoksukki. Toisen terveyden kannalta merkityksellinen vieraslaji, joka on jo levinnyt Suomeen ja jatkaa leviämistä, on jättiputki **Error! Bookmark not defined.**

Haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle ja kasvillisuudelle aiheuttavat alailmakehän otsonipitoisuudet kasvavat ilmaston lämpenemisen myötä monella alueella myös Euroopassa. Ilmastonmuutoksen myötä Pohjois-Suomeen saattaa kulkeutua aiempaa enemmän elohopeaa ja pysyviä orgaanisia yhdisteitä, mikäli jo kierrosta poistuneita aineita vapautuu kiertoon esimerkiksi jäätiköiden sulassa. Ilmastonmuutos vaikuttaa myös metsäpaloihin, jotka ovat pahentuneet monella alueella, kuten Etelä-Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Australiassa²⁵⁰²⁵¹. Ilman ja ympäristön epäpuhtauksien sekä metsäpalojen seuranta ovat tärkeitä sopeutumiskeinoja, jolla voidaan tarkkailla tilanteen mahdollista muuttumista **Error! Bookmark not defined.** ja mahdollisesti ehkäistä sitä.

On mahdollista, että ilmaston lämpeneminen muuttaa ihmisten käyttäytymistä ja lisää suomalaisten ajanviettoa ulkona. Tämä toisaalta edistää terveyttä ja hyvinvointia, jos samalla fyysinen aktiivisuus ja d-vitamiinin tuotanto kehossa lisääntyvät, toisaalta se lisää altistumista UV-säteilylle, mikä voi lisätä ihosyöpiä ja kaihia ilman riittävää suojautumista. UV-indeksistä ja UV-säteilyltä suojautumisesta tiedottaminen auttavat sopeutumaan mahdollisesti muuttuvaan tilanteeseen **Error! Bookmark not defined.** Lisääntyvän ulkoilmaelämän sosiaalisia vaikutuksia on toistaiseksi vaikea ennakoida, mutta on mahdollista, että ihmisten elämäntyyli polarisoituvat tai ainakin erilaistuvat näiden muutosten seurauksena. Asuinympäristöjen tarjoamiin mahdollisuuksiin tässä suhteessa on syytä kiinnittää huomiota.

Sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron pienenemisen seurauksena radonvuodot asuntoihin voivat pienentyä. Lämpötilaeron pieneneminen vaikuttaa radonpitoisuuteen eniten painovoimaisen ilmanvaihdon taloissa. Toisaalta, jos painovoimainen ilmanvaihto huononee, lämpötilaeron pienentyessä, se voi kasvattaa radonpitoisuutta. Lisäksi maaperän vesipitoisuuden nousu talven vesisateiden takia ja ylipäätään sateiden lisääntyminen voivat kasvattaa radonpitoisuuksia **Error! Bookmark not defined.**

²⁵⁰ Xu R, et al. Wildfires, Global Climate Change, and Human Health. *N Engl J Med.* 2020 Nov 26;383(22):2173-2181. doi: 10.1056/NEJMSr2028985.

²⁵¹ Kollanus et al. Mortality due to Vegetation Fire-Originated PM2.5 Exposure in Europe-Assessment for the Years 2005 and 2008. *Environ Health Perspect.* 2017 Jan;125(1):30-37. doi: 10.1289/EHP194.

Ilmastonmuutoksen vuoksi tulvien ja mahdollinen myrskyjen yleistyminen voivat lisätä onnettomuustilanteita. On kuitenkin todennäköistä, etteivät ne Suomessa ole yhtä yleisiä tai yhtä äärimmäisiä kuin monella muulla alueella maailmassa. Voimakkaista myrskyistä voi silti aiheutua henkilövahinkoja mm. puiden kaatumisen ja muiden onnettomuuksien seurauksena.

Sään ääri-ilmiöt vaikuttavat terveyteen myös liukastumis- ja liikenneonnettomuuksien lisääntymisen kautta **Error! Bookmark not defined.** Ilmastonmuutoksen myötä liukkaan kelin päivät yleistyvät suuressa osassa Suomea, kun lämpötila vaihtelee useammin nollan molemmin puolin²⁵². Tämän vuoksi joka talvi kymmenet tuhannet suomalaiset hakeutuvat liukastumistapaturmien vuoksi lääkäriin hoitoon. Liukastumistapaturmien määrästä Suomessa on raportoitu mm. ”Suomalaiset tapaturmien uhreina 2009 – Kansallisen uhritutkimuksen tuloksia” -työpaperissa²⁵³

6.10.5 Muutokset tartuntatautiriskeissä ja Tauti ”X”

Tarttuvien tautien aiheuttamat epidemiat ja pandemiat ovat ajoittain uhkana koko maailman terveydelle^{254 255 256}. Uusien tartuntatautien riski on ajan saatossa kasvanut ennen kaikkea kotieläintalouden teollisen tuotannon volyymin kasvaessa ja suurenevan väestötiheyden vuoksi, mitkä lisäävät riskiä villieläinten taudinaiheuttajien siirtymiselle kotieläimiin ja ihmisiin. Myös mikrobilääkkeiden käyttö tuotantoeläimillä ja ih-

²⁵² Pilli-Sihvola K., et al., 2018. Sään ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä. Kaupunkiympäristön julkaisu 2018:6. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-06-18.pdf>

²⁵³ Haikonen K, Lounamaa A (toim.). Suomalaiset tapaturmien uhreina 2009, kansallisen uhritutkimuksen tuloksia. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Raportti 13/2010. 77 sivua. Helsinki 2010.

²⁵⁴ Simpson et al. 2020. Disease X: accelerating the development of medical countermeasures for the next pandemic. *Lancet Infect Dis.* 2020 May; 20(5): e108–e115. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30123-7

²⁵⁵ Morse et al. 2012. Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet* 2012;380:1956–65.

²⁵⁶ Wu Y, et al. 2016 Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment International.* 2016;48:14-23.

misillä lisää riskiä lääkkeille vastustuskykyisten taudinaiheuttajien syntymiselle. Lisäksi ilmaston muuttumisen on havaittu lisäävän taudinaiheuttajien esiintymistä ²⁵⁷ ²⁵⁸ ²⁵⁹.

Koska ilmastonmuutos voi osittain kiihdyttää taudinaiheuttajien ja tautien leviämistä, WHO lisäsi vuonna 2018 näiden tautien listaan ”Tauti X” (”Disease X”) ennalta tuntemattomalle tautiuhalle²⁶⁰. Ihmisten laajamittainen kansainvälinen liikkuvuus on ollut merkittävin tekijä taudinaiheuttajien ja tautien maailmanlaajuisessa leviämisessä, kuten tapahtui myös CoVID-19-pandemiassa. Ilmastonmuutoksen aiheuttama puhtaan juomaveden puute, nälänhätä tai aseelliset konfliktit voivat ajaa ihmisiä muuttamaan toisaalle ja laajamittainen väestön muuttoliike voi siten vaikuttaa tartuntatautien esiintymiseen väestössä²⁶¹.

6.10.6 Yksilöiden ja yhteisöjen haavoittuvuustekijöitä

Yksilötasolla herkkyyttä ilmastonmuutoksen vaikutuksille lisää tulevaisuudessa ikäänntyminen ja pitkäaikaissairauksien yleistyminen sekä joidenkin vaikutusten osalta kaupungistuminen (esim. lämpösaarekeilmiö). Esimerkiksi Lancet Countdown yhteistyössä päivitetty kuumuuden haavoittuvuus indeksi, joka huomioi yli 65-vuotiaiden osuuden väestössä sekä pitkäaikaissairauksien esiintyvyyden ja kaupunkialueilla asuvien osuuden, kohosi Suomessa vuoden 1990 tasosta 39.5 (skaala 0-100) tasoon 42.5 vuonna 2019²⁶². Sosiaalipalveluiden avulla voidaan tavoittaa haavoittuvassa asemassa olevia väestöryhmiä. Noin joka viides suomalainen käyttää sosiaalipalveluita vuosittain. Sopeutumisessa kenties tärkeimmät sosiaalipalvelut ovat liikkumista tuke-

²⁵⁷ Jones et al. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 2008;451:990–3.

²⁵⁸ IPBES (2020) Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Daszak, P. et al., IPBES secretariat, Bonn, Germany, DOI:10.5281/zenodo.4147317

²⁵⁹ Kuhn KG et al. *Campylobacter* infections expected to increase due to climate change in Northern Europe. *Scientific Reports* 2020;10,:13874.

²⁶⁰ World Health organization (WHO) 2018. List of Blueprint priority diseases. <https://web.archive.org/web/20200301083134/http://origin.who.int/blueprint/priority-diseases/en/>

²⁶¹ Gushulak B, et al. Migrants and emerging public health issues in a globalized world: threats, risks and challenges, an evidence based framework. *Emerg Health Threats J.* 2009;2:e10.

²⁶² European Climate and Health Observatory. Heat vulnerability index. [Vulnerability to extremes of heat in Europe — European Climate and Health Observatory \(europa.eu\)](https://www.europa.eu) Last Modified in Climate-ADAPT Mar 14 2022.

vat palvelut, laitospalvelut, asumispalvelut, kotihoito ja kotipalvelut, mutta myös sosiaalityössä, sosiaaliohjauksessa ja perhetyössä voidaan edistää ilmastonmuutokseen sopeutumista. Eri väestöryhmien huomiointi niin sosiaali- kuin terveydenhuollossa on tärkeää, erityisesti huomioiden lapset ja nuoret ²⁶³, vanhukset sekä alkuperäiskansan saamelaiset. Suomen on mm. huolehdittava sosiaali- ja terveyspalveluiden saatavuudesta kolmella saamelaiskielellä (pohjoissaame, kolttasaame, inarinsaame).

Väestön ilmastonmuutokseen sopeutumisen mahdollisuudet vaihtelevat sosioekonominen aseman mukaan, mikä voi kasvattaa myös terveyseroja. Vakaa taloudellinen asema edesauttaa mm. sopeutumista sään ääri-ilmiöihin, kuten energia- ja kustannustehokkaiden ilmastointitratkaisujen hankkimista kotiin, kun alhaisemmassa tuloluokassa tähän ei ole mahdollisuutta. Pahimmillaan ilmastonmuutokseen sopeutuminen lisää yhteiskunnan jakolinjoja; osalle väestöstä erilaiset asumismuodot ovat saatavilla ja niiden olosuhteisiin voi vaikuttaa, kun esimerkiksi laitoshoidossa asutetaan haavoittuvia ryhmiä, joilla on vain vähän mahdollisuuksia vaikuttaa elinolosuhteisiinsa. Keskimääräiset hyvinvointivaikutukset ja sopeutumistoimet eivät kuvaa yksilöiden tilannetta, vaan niitä on pystyttävä tarkastelemaan ja soveltamaan kansallisen tason lisäksi myös alueellisesti ja paikallisesti. Esimerkiksi joidenkin toimialojen alas ajaminen siirryttäessä kohden hiilineutraalia Suomea saattaa vaikuttaa merkittävästi jonkin alueen työllisyyteen ja siten hyvinvointiin. Rakennemuutoksen seurauksena työttömäksi jääville henkilöille pitäisi pystyä tarjoamaan jonkinlaisia myönteisiä tulevaisuuden näkymiä. Alueelliset näkökulmat tulisivat huomioida eriarvoisuuden ja haavoittuvuuden vähentämiseksi. Ilmastonmuutos esimerkiksi lisää saamelaisten onnettomuusriskejä, mahdollisia mielenterveysvaikutuksia ja epäsuoria eläinperäisten tautien lisääntymistä (mm. puutiaisten levittämät taudit) (Näkkäläjäarvi ym. 2020).

Keskimääräiset hyvinvointivaikutukset ja sopeutumistoimet eivät kuvaa yksilöiden tilannetta, vaan niitä on pystyttävä tarkastelemaan ja soveltamaan kansallisen tason lisäksi myös alueellisesti ja paikallisesti. Esimerkiksi joidenkin toimialojen alas ajaminen siirryttäessä kohden hiilineutraalia Suomea saattaa vaikuttaa merkittävästi jonkin alueen työllisyyteen ja siten hyvinvointiin. Rakennemuutoksen seurauksena työttömäksi jääville henkilöille pitäisi pystyä tarjoamaan jonkinlaisia myönteisiä tulevaisuuden näkymiä. Alueelliset näkökulmat tulisivat huomioida eriarvoisuuden ja haavoittuvuuden vähentämiseksi. Ilmastonmuutos esimerkiksi lisää saamelaisten onnettomuusriskejä, mahdollisia mielenterveysvaikutuksia ja epäsuoria eläinperäisten tautien lisääntymistä (mm. puutiaisten levittämät taudit) (Näkkäläjäarvi ym. 2020).

²⁶³ Ebi KL, Paulson JA. Climate change and children. *Pediatr Clin North Am.* 2007 Apr;54(2):213-26, vii. doi: 10.1016/j.pcl.2007.01.004.

6.10.7 Mielenterveys

Ilmastonmuutos lisää todennäköisesti masennusta ja mahdollisesti itsemurhakuolemia sekä ahdistuneisuutta ^{264 265 266}. Haasteet syntyvät eri vuodenaikoina ilmastonmuutoksen takia eri tavoin muuttuvasta auringonsäteilystä ²⁶⁷. Suomalaisissa aineistoissa tutkimusta on tehty vielä vähän. Mielenterveysvaikutuksia ilmenee myös välillisesti sään ääri-ilmiöiden yleistymisen seurauksena mm. hellejaksojen aikana, jolloin mielenterveysongelmista kärsivien fyysinen ja psyykinen sairastavuus lisääntyy ^{268 269}. Hengitys-, sydän- ja verenkiertoelimistön rasitus voimistuu, univelka kasvaa ja palautuminen on hitaampaa, jos elimistö ei yölläkään pääse jäähtymään. Lämpötilan lisäksi myös valon määrällä on merkitystä.

Suomessa ilmastonmuutos vähentää talvikuukausina lisääntyvän pilvisyyden ja lyhenevän lumipeiteajan takia ulkoilman valoisuutta. Talvien pimentyminen voi johtaa entistään yleistyviin kaamosoireisiin, joilla on useita suoria vaikutuksia hyvinvointiin. Piimeys vaikuttaa ihmisen sisäisen kellon säätelyyn. Lisäksi etenkin lihominen toistuvasti aina talven aikana voi jo muutamassa vuodessa johtaa huomattaviin terveyshaittoihin, jotka heijastuvat välillisesti työkykyyn ja kokonaisuutena kansantalouteen. Kaamosmasennuksen osuus kaikista mielialahäiriöistä on noin kymmenesosa, minkä perusteella vaikutukset voivat kokoluokaltaan nousta jopa 800 miljoonaan euroon vuosittain ²⁷⁰.

²⁶⁴ Berry HL, Waite TD, Dear KBG, Capon AG, Murray V. 2018. The case for systems thinking about climate change and mental health. *Nat Climate Change* 8: 282-290.

²⁶⁵ Burke M, González F, Baylis P, Heft-Neal S, Baysan C, Basu S, Hsiang S. Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nat Climate Change* 2018; 8: 723-729

²⁶⁶ Gammans M. 2020. Temporal displacement, adaptation and the effect of climate on suicide rates. *Nat Climate Change* 10: 499-501.

²⁶⁷ Ruuhela R, Henttonen H, Lindholm H, Partonen T, Pili-Sihvola K, Rintamäki H, Tuomisto J, Vapalahti o. 2012. Terveys ja hyvinvointi. Kirjassa: Ruuhela R, toim. Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? – yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla. MMM:n julkaisuja 6/2011. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö, 2012: 111–123.

²⁶⁸ Zander KK, Botzen WJW, oppermann E, Kjellstrom T, Garnett ST. 2015. Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia. *Nat Climate Change* 5: 64–651.

²⁶⁹ Parks et al. *Nature medicine* 2020: "increases in deaths from drownings, transport, assault and suicide". <https://www.nature.com/articles/s41591-019-0721-y>

²⁷⁰ Laine A, Vanhanen J, Halonen M, Sjöblom H. 2018. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit ja kustannukset Suomelle: valikoituja esimerkkejä. Helsinki: Gaia Group, 2018.

Marras- maaliskuun välillä niukka valo saattaa olla myös itsemurhille altistava tekijä, sillä mitä vähemmän ulkona on auringonsäteilyä, sitä runsaammin itsemurhakuolemia talvikuukausina on. Miehet voivat ovat herkempiä auringonsäteilyn vaihtelulle kuin naiset, sillä miesten itsemurhayritysten riskin on havaittu kasvavan, kun ilmanpaine laskee ja naisten, kun ilmanpaine kohoaa ²⁷¹ ²⁷².

Osalla väestöstä ilmastonmuutos aiheuttaa ympäristö- tai ilmastoahdistusta²⁷³. Käytännössä kyse on sekä ahdistusoireista että muista ilmentymistä. Ilmastokriisi voi aiheuttaa merkittävän paljon stressiä, epätoivoa ja alakuloisuutta. Pohjoismaissa on viime vuosina toteutettu sekä haastattelu- että kyselytutkimuksia, joissa on kartoitettu ilmastoahdistuksen muotoja²⁷⁴. Näissä tutkimuksissa on havaittu a) merkittävä määrä erilaista ilmastoahdistusta ja b) samoja voimakkaalle ilmastoahdistukselle altistavia tekijöitä kuin kansainvälisissä tutkimuksissa. Tietyt ominaisuudet, sosiaaliset tekijät ja elämänpolut tuottavat keskimääräistä suurempaa haavoittuvuutta voimakkaalle ilmastoahdistukselle²⁷³.

Ilmastoahdistuksen, pimeään liittyvän oireilun ja esim. lumen puutteen aiheuttaman talviliikuntamahdollisuuksien vähenemisen yhteisvaikutus suomalaisten työ- ja toimintakykyyn voi olla merkittäväkin. Mielenterveyden huomioiminen ja yhteiskunnan ja yksilöiden resilienssin vahvistamisen varmistaminen liittyy myös moniin muihin ilmiöihin, kuten esim. pakolaisuuteen liittyviin posttraumaattisiin stressireaktioihin **Error! Bookmark not defined..**

6.10.8 Työterveyteen liittyvät riskit ja haavoittuvuus

Ilmastonmuutos vaikuttaa suomalaiseen työelämään ja työikäiseen väestöön monin tavoin. Lyhyellä aikajänteellä tarkasteltuna ilmastonmuutoksen suorien vaikutusten työhön ja työterveyteen voidaan ennustaa olevan ilmastonmuutokseen torjunnan vaikutuksia vähäisempiä. On todennäköistä, että esimerkiksi fossiilisiin polttoaineisiin no-

²⁷¹Ruuhela R, Hiltunen L, Venäläinen A, Pirinen P, Partonen T. 2009. Climate impact on suicide rates in Finland from 1971 to 2003. *Int J Biometeorol* 2009; 53: 167–175.

²⁷² Ruuhela R. 2018. Impacts of Weather and Climate on Mortality and Self-harm in Finland. PhD thesis. Finnish Meteorological Institute Contributions 147. <http://hdl.handle.net/10138/258658>

²⁷³ Pihkala P. 2019. Ilmastoahdistus ja sen kanssa eläminen. MIELI Suomen Mielenterveys Ry., https://mieli.fi/sites/default/files/materials_files/ilmastoahdistusraportti-mieli2019-web.pdf

²⁷⁴ <https://www.ymparistoahdistus.fi/artikkelit/tuoretta-tutkimustietoa-ilmastokriisin-mielenterveysvaikutuksista/>

jaavilta toimialoilta vähenee työtehtäviä. Uusia teknologioita kehitetään ja uusia työtehtäviä syntyy, jolloin työn tekemisen tavat sekä osaamistarpeet muuttuvat useilla toimialoilla. Työelämän muuttuessa tulee huomioida myös mahdolliset vaikutukset työntekijöiden työterveyteen, -turvallisuuteen ja -hyvinvointiin. Esimerkiksi kiertotalouden liittyen on tunnistettu useita biologisia, kemiallisia ja fysikaalisia vaaratekijöitä²⁷⁵. Tarvitaan lisää tutkimustietoa eri toimialoihin liittyvistä työperäisistä altisteista ja muista työturvallisuusriskeistä **Error! Bookmark not defined.**

Myös suoria ilmastonmuutosvaikutuksia työhön, työntekijöiden terveyteen ja työkykyyn voidaan olettaa ilmaantuvan. Näitä vaikutuksia voidaan havaita jo tällä hetkellä esimerkiksi lämpökuormituksen kasvaessa monissa työtehtävissä. Helteillä on selkeä vaikutus myös työ- ja toimintakykyyn ja sitä kautta työn tuottavuuteen. Ilmiö on havaittavissa sekä fyysistä että kognitiivista suorituskykyä vaativissa töissä^{276 277}. Lisääntynyt lämpökuormitus voi kasvattaa myös työtaturmien todennäköisyyttä²⁷⁸. Lisäksi lämpökuormituksella ja kemikaalialtistumisella on yhteisvaikutuksia^{279 278}. Lääkärikäyntiä vaativista liukastumistaturmista suurin osa tapahtuu työikäiselle väestölle²⁸⁰ **Error! Bookmark not defined.**, ja ilmastonmuutoksen myötä talvella lisääntyvä liukastumisriski onkin merkittävä työkyky- ja työturvallisuusasia Suomessa tulevina vuosina.

Ilmastonmuutoksen suorien ja siihen varautumiseen liittyvien vaikutusten lisäksi työelämää Suomessa tulee koskettamaan ilmastonmuutoksen heijastevaikutukset eli ilmastonmuutoksen aiheuttamat vuorovaikutusketjut, jotka saavat alkunsa Suomen rajojen ulkopuolelta, mutta joiden vaikutukset heijastuvat myös Suomeen. Suomen kan-

²⁷⁵ Laitinen S, Rissanen R, Santonen T. 2017. Kiertotalouden työperäiset altistumisriskit. Työterveyslaitos 2017. <http://urn.fi/URN:ISBN%20978-952-261-770-5%20> (

²⁷⁶ Hübler, M., Klepper, G. & Peterson, S. 2008. Costs of climate change: The effects of rising temperatures on health and productivity. *Germany Ecol Econ* 68, 381–393.

²⁷⁷ Dunne, J.P., Stouffer, R.J. & John, J.G. 2013. Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Clim Change* 3, 563–566.

²⁷⁸ Schulte PA, Bhattacharya A, Butler CR, Chun HK, Jacklitsch B, Jacobs T, Kiefer M, Lincoln J, Pendergrass S, Shire J, Watson J, Wagner GR. 2016. Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health. *J occup Environ Hyg*. 13(11):847-65.

²⁷⁹ Gatto MP, Cabella R, Gherardi M. 2016. Climate change: the potential impact on occupational exposure to pesticides. *Ann Ist Super Sanita*. 52(3):374-385

²⁸⁰ Rantala, S. S. and Pöysti, L. 2015. "Jalankulkijoiden liukastumiset." Liikenneturvan selvityksiä 1/2015.

nalta merkittäviä heijastevaikutuksia liittyy mm. energiahuoltoon, teollisuuteen, turismiin ja väestörakenteeseen²⁸¹. Deloitte Elinkeinoelämän keskusliitolle tekemän selvityksen²⁸² mukaan keskeisiä ilmastonmuutoksen myötä tulevia ilmiöitä elinkeinoelämässä ovat kiertotalous, sijoitusten ohjautuminen ilmastonmuutoksen kannalta vähäriskisiin kohteisiin, muutokset toimitusketjuissa ja osaamisen kehittämisen tarve.

6.10.9 Terveydenhuoltoon liittyvät riskit ja haavoittuvuus

Sen lisäksi, että ilmastonmuutokseen liittyvät ilmiöt vaikuttavat suoraan kansalaisten terveyteen ja hyvinvointiin, ne voivat vaikuttaa myös terveydenhuollon ja sitä tukevien yhteiskunnallisten rakenteiden toimivuuteen. Ilmastomuutoksiin sopeutumisessa terveydenhuollossa tulee ottaa huomioon terveyspalvelujen tai neuvonnan tarpeeseen väestössä vaikuttavat muutokset, jotka liittyvät sairauskirjon tai muuttuneista olosuhteista aiheutuneisiin vaikutuksiin. Esimerkiksi liukastumistapaturmat voivat johtaa terveydenhuollon päivystysyksiköiden ruuhkautumisiin, toisaalta ilmastonmuutoksen aiheuttama väestön laajamittainen maahantulo vaikuttaisi väestön sosiaali- ja terveydenhuollon palveluiden tarpeeseen.

Useimmat ilmastomuutokseen liittyvät ilmiöt, kuten vektorivälitteisten tautien yleistyminen,²⁴ ilmaston lämpenemiseen tai ilmaston ääri-ilmiöihin liittyvät terveys- ja tapaturmariskit, etenevät hitaasti ja ovat ainakin osin ennakoitavissa. Muutoksiin onkin mahdollista varautua pitkällä tähtäimellä arvioiden kehittämistarpeita sosiaali- ja terveydenhuollossa hyvinvointialueilla. Varautuminen edellyttää jatkuvaa arviointia ja kehittämistyötä. **Error! Bookmark not defined.**

Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset terveydenhuoltoon ovat monitahoisia. Niihin liittyvät myös muilla sektoreilla ja yleisesti yhteiskunnassa tapahtuvat asiat ja toteutetut sopeutumis- ja torjuntatoimet, jotka edellyttävät sopeutumista myös terveydenhuollossa. Yleiset vaatimukset voimavarojen ja energian käytön tehostamisessa heijastuvat myös terveydenhuoltoon, joka vastaa merkittävästä osasta yhteiskuntien kokonaistuotannosta ja voimavarojen käytöstä. Muiden sektorien sopeutumis- ja torjuntatoimet saattavat myös heijastua erilaisten terveydenhuollon käyttämien raaka-

²⁸¹ Hildén, M., Groundstroem, F., Carter, T.R., Halonen, M., Perrels, A., Gregow, H. 2016. Ilmastomuutoksen heijastevaikutukset Suomeen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 46/2016

²⁸² Deloitte 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset suomalaiseen elinkeinoelämään – skenaariotyön taustaraportti. Deloitte selvitys Elinkeinoelämän keskusliitolle. https://ek.fi/wpcontent/uploads/Ilmastonmuutoksen-vaikutukset-suomalaiseen-elinkeinoelamaan_Deloitte_EK_raportti_tammikuu-2020_FINAL.pdf

tuotteiden ja raaka-aineiden (esim. lääkkeiden) saatavuuteen tai hintoihin, mikä tulisi ottaa huomioon terveydenhuollon suunnittelussa **Error! Bookmark not defined..**

Monet terveydenhuollon toimet, joilla voidaan sopeutua ilmastonmuutoksen, liittyvät muihin terveydenhuollon kehittämistavoitteisiin. Tällaisia ovat esimerkiksi painopisteen siirtäminen ehkäiseviin toimenpiteisiin ja perusterveydenhuoltoon, sekä kustannusten kasvun ja materiaalihävikin hillintä. Sopeutumistoimia suunniteltaessa ja toteutettaessa tulee huomioida, että samalla pyritään parantamaan terveystalouden laadua ja vaikuttavuutta. Ilmastonmuutoksen haittojen minimoimisen kannalta on oleellista, että rajalliset käytävissä olevat resurssit kohdennetaan niihin sopeutumistoi- miin, joilla on mahdollisimman suuret terveys- ja hyvinvointivaikutukset. Tehokkuuden parantaminen sopeutumisessa on oleellista myös sektoreiden välisten vaikutusketju- jen vuoksi, sillä tehostamisella voidaan minimoida mahdolliset poikkisektoriaaliset vai- kutukset terveydenhuollossa **Error! Bookmark not defined..**

Sosiaali- ja terveydenhuollon henkilöstön rooli sopeutumisessa on toistaiseksi jäänyt pienelle huomiolle. Suunnitelmia tehtäessä voi käydä niin, ettei huomioida sitä, miten toimenpiteet toimeenpannaan ja toteutetaan käytännön tasolla. Käytännöt eivät muutu itsestään, ja esimerkiksi hoitotyö tehdään niillä resursseilla, jotka työhön annetaan. Tällä hetkellä suorittavassa työssä ei ole budjetoitu aikaa eikä resursseja kehittämis- toimille ja asioiden uudelleen ajattelulle. Kiristyneen kuntatalouden vuoksi työssä kes- kitytään pelkkään ydintoiminnoista selviytymiseen. Lisäksi henkilöstöpula sekä sosi- aali- että terveydenhuollossa aiheuttaa merkittävän riskin ilmastonmuutoksen sopeu- tumistoimenpiteiden toimeenpanolle. Henkilöstöpulan johdosta asiakasta kohden käy- tettävä aika esim. kotihoidossa ei riitä kuin välttämättömiin lääkintä- tai hoitotoimenpi- teisiin, jolloin esim. helleaallon aikana henkilöstö ei pysty turvaamaan asiakkaiden riit- tävää nesteytystä tai viilennystä. Helleaallot ajoittuvat usein lomakauten ja sijaisten- kin saatavuudessa on tätä kirjoitettaessa suuria haasteita. Henkilöstövajaus aiheuttaa sen, että häiriöihin ei pystytä vastaamaan tarvittavalla joustavuudella. Muutoksia olisi- kin tärkeää ennakoida sosiaali- ja terveydenhuollon budjetoinnissa, joka heijastuu työntekijöiden työhyvinvointiin, henkilökunnan pysyvyyteen ja resilienssin vahvistami- seen.

Sosiaali- ja terveydenhuollon uudistus hallinnonrakennemuutoksineen tarjoaa uuden mahdollisuuden tarkastella kokonaisuutena sitä, miten palvelut saadaan parhaalla mahdollisella tavalla sopeutumaan rakenteiden ja toimintojensa osalta ilmastonmuu- toksen aiheuttamiin haasteisiin **Error! Bookmark not defined..** On ensisijaisen tär- keää, että ilmastonmuutokseen liittyvät sosiaali- ja terveysvaikutukset huomioidaan kautta linjan kaikessa päätöksenteossa, mukaan lukien sosiaali- ja terveydenhuol- lossa, sen suunnittelussa ja johtamisessa. WHO:n (2021) julkaiseman laatukriteeristö

kansallisille terveydenhuollon sopeutumissuunnitelmille -raportissa²⁸³ tarjotaan päätöksentekijöille ja terveysministeriöille hyviä käytäntöjä ja laatukriteerejä terveyden sopeutumissuunnittelussa. Johtajuus tulisikin huomioida terveydenhuollon suunnittelussa **Error! Bookmark not defined..**

Terveydenhuollossa tulisi huomioida myös sopeutumisen hyötyjen ja kustannusten arviointi ja siihen liittyvät tietotarpeet. Terveydenhuollon toimenpiteitä joudutaan priorisoimaan ja taloudellinen tarkastelu yhdessä terveysvaikutusten kanssa on välttämätön kaikissa sosiaali- ja terveydenhuoltosektorin sopeutumistoimissa **Error! Bookmark not defined..** Kustannusvaikuttavuusarviointi edellyttää ympäristö- ja terveystaloustieteen, sekä toimien terveysvaikutusten yhdistämistä samaan tarkasteluun esimerkiksi WHO:n suosittaman laskentamallien mukaisesti²⁸⁴.

Kuvio 15. Ilmastonmuutoksen mahdollisia vaikutuksia terveydenhuoltoon Suomessa **Error! Bookmark not defined..**

²⁸³ World Health organization (WHO) 2021. Quality Criteria for Health National Adaptation Plans. <https://www.who.int/publications/i/item/quality-criteria-health-national-adaptation-plans>

²⁸⁴ World Health organization (WHO) 2013. Climate change and health. A tool to estimate health and adaptation costs. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/190404/WHO_Content_Climate_change_health_DruckII.pdf

Talouden ja elinkeinoelämän muutokset vaikuttavat maan sisäisen muuttoliikkeen tai etätyön yleistymisen johdosta siihen, missä ihmiset asuvat.

- Asuminen vaikuttaa terveydenhuollon saavutettavuuteen ja tarpeeseen arvioida uudestaan sairaaloiden ja terveyskeskusten sijaintia ja palveluiden keskittämistä.
- Talouden muutokset voivat heijastua myös julkisen talouden käytössä oleviin voimavaroihin ja myös sosiaalisten ongelmien yleisyyteen esimerkiksi muuttuneen tulonjaon seurauksena.

Väestön koko tai rakenne Suomessa voi muuttua muun muassa maahanmuuton ja pakolaisuuden vuoksi.

- Tulevaisuudessa myös yhä useampi asunee yksin.
- Kotona asuvien sosiaali- ja terveydenhuollon palveluiden piirissä olevien tarpeita on kartoitettava, sillä yhä useamman pitkäaikaissairaana, vammaisen ja korkeassa iässä olevan ihmisen hoitopaikka voi olla koti.

Sairauksien kirjo ja levinneisyys muuttunevat ja sitä myötä palveluiden painotukset.

- Eri tavoin ympäristöön liittyvät terveysriskit saattavat yleistyä, mikä kasvattaa ympäristöterveydenhuollon merkitystä ja ympäristöperäisten sairauksien hoidon tarvetta.

Terveydenhuollon infrastruktuuria ja rakennuskantaa koskevat energiankäyttöön, asumis- ja työympäristöön ja rakentamiseen ilmastonmuutokseen liittyvät muuttuvat vaatimukset

- Hillintä- ja sopeutumistoimet on huomioitava terveydenhuollon investoinneissa.

Mahdollisuus nykyisten materiaalien ja raaka-aineiden hyödyntämiseen muuttuu

- Heijastuu muun muassa kertakäyttövälineiden käyttöön ja terveydenhuollon hygieniakäytäntöihin.
- Lääkkeiden ja muun teknologian saatavuus voi vaikeutua kansainvälisen kaupan muutosten myötä.

Muutokset hillintätoimissa vähentävät pitkäaikaisten tautien esiintyvyyttä ja painetta terveydenhuoltoon.

- esim. öljyn ja kivihiilen polton vähentäminen/ lopetus, ruokavalion muuttuminen kasvispainotteiseksi, autolla liikkumisen väheneminen

Nykyisellään terveydenhuollon laitokset ovat erittäin riippuvaisia yleisen infrastruktuurin jatkuvasta täydellisestä toiminnasta

- Digitaalisten tietojärjestelmien ja sähkön saannin varmistaminen on tärkeää (yhdessä muiden toimijoiden kanssa).

Terveydenhuollon palveluiden saatavuudessa on nykyään alueelliset eroja.

- Palveluiden saatavuuden turvaaminen, ml. ensihoito ja sairaankuljetus, on erityisesti tärkeää esim. helleaaltojen aikaan.

Lääkkeiden ja muun terveydenhuollon teknologian sekä tarvikkeiden saatavuus voi vaarantua ilmastonmuutoksen edetessä.

- Suurin osa näistä valmistetaan Suomen ja Euroopan ulkopuolella ja erityisesti maissa, jotka ovat herkkiä ilmaston muutokselle (esim. Intiassa). Suomessa tulisi aloittaa keskustelu nykyisen järjestelmän varmuudesta ja suunnitella tarvittavia toimenpiteitä, sekä kansallisella että EU-tasolla.

Ilmastonmuutoksen on ennustettu voimistavan terveysriskejä sekä globaalisti että Suomessa. Institutionaalaisella /systeemitasolla ilmastonmuutoksen aiheuttamat uhat väestön terveydentilalle Suomessa ovat kuitenkin todennäköisesti ainakin lyhyellä aikavälillä sosiaali- ja terveydenhuollon keinoin suurelta osin hyvin hallittavissa. Lisääntyvien riskien ehkäiseminen kuitenkin edellyttää, että sosiaali- ja terveydenhuolto varautuu ja sopeutuu muutoksiin ajoissa. Kansainvälisissä vertailuissa Suomessa on

laaja julkinen sektori, mikä helpottaa sopeutumista, kun toimivat sopeutumisen mallit ja ohjeistukset voidaan ottaa käyttöön eri puolilla maata ja niitä pystytään sovelta-
maan paikalliset olosuhteet huomioiden. Vaikka sosiaali- ja terveysministeriö on koon-
nut sosiaali- ja terveyssektorin ilmastonmuutokseen sopeutumisen suunnitelman, joka
ulottuu vuoteen 2031 **Error! Bookmark not defined.**, Suomesta puuttuu velvoittavaa
ohjeistusta ja lainsäädäntöä sopeutumisen toimeenpanemiseksi.

6.10.10 Terveysthuoltoon kohdistuvat heijastevaikutukset

Sosiaali- ja terveydenhuoltoon liittyvien ilmastonmuutoksen aiheuttamien heijastevai-
kutusten laatua ja suuruutta on vaikea ennustaa, koska ne riippuvat yhteiskuntien ja
kansalaisten reaktiosta ympäristöongelmiin ja niiden hillintään. Tästä hyvä esimerkki
on COVID-19-taudin aiheuttama pandemia, jonka aikana suuria yhteiskunnallisia vai-
kutuksia on aiheutunut erilaisista ehkäisy- ja rajoitustoimista, riippumatta itse taudista.
Ilmastonmuutoksen heijastevaikutukset terveydenhuollossa syntyvät etenkin Suomen
ulkopuolella tapahtuvista asioista, jotka voivat vaikuttaa mm. ihmisten liikkumiseen ja
lääkkeiden saatavuuteen.

Eri ympäristöongelmat ja niiden ehkäisytimet liittyvät toisiinsa. Ongelmat ja niiden
torjunta näkyvät terveydessä, hyvinvoinnissa ja palveluiden tarpeessa. Sosiaali- ja ter-
veydenhuoltosektori joutuu osaltaan korjaamaan tapahtuvien asioiden seuraamuksia.
Sosiaali- ja terveydenhuoltosektorin toiminta on riippuvainen yhteiskunnan resurs-
seista ja resurssien jaosta sekä yhteiskunnan yleisestä infrastruktuurista ja varautu-
mistoimista: ravintotuotanto ja vesihuolto, jätehuolto, liikkumisväylät ja kuljetusväli-
neet, sähkö ja muu energia, Internet ja muu digitaalinen infrastruktuuri **Error! Book-
mark not defined.**

6.10.11 Terveysthuollon huoltovarmuus

Vuonna 2020 alkaneen covid-19 pandemian aikana sosiaali- ja terveydenhuollon
huoltovarmuuden osalta on korostunut mm. suojarusteiden, lääkkeiden ja lääkinnäl-
listen laitteiden riittävyys ²⁸⁵.

Julkisen sosiaali- ja terveydenhuollon toimintayksiköiden velvoite varautua häiriötilan-
teisiin ja poikkeusoloihin perustuu valmiuslain 12 §:ään. Voidaan katsoa, että tämän

²⁸⁵ Huoltovarmuusneuvosto 2020

velvoitteen kautta sosiaali- ja terveydenhuollolla on jo nyt velvollisuus huomioida varautumisessa myös ilmastonmuutoksen kaltaiset uhat. Varautumisvelvoite kattaa sekä lyhytkestoiset, yllättävät tapahtumat että pitkällä aikavälillä tapahtuvat muutokset toimintaympäristössä **Error! Bookmark not defined..**

Ilmastonmuutoksen ja sen heijastevaikutusten voi olettaa lisäävän yhteiskunnan häiriöherkkyyttä ja tilanteita, jotka edellyttävät sosiaali- ja terveydenhuollolta resurssien uudelleen kohdentamista ja/tai lisääntyneitä palvelun/hoidon tarvetta. Sosiaali- ja terveydenhuollon palvelujärjestelmän varautumista häiriötilanteisiin tulee tästä syystä edelleen kehittää ja parantaa. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen edellyttää varautumisen näkökulmasta huomion kiinnittämistä huoltovarmuuteen ja sosiaali- ja terveydenhuollon toimintaan häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa. Jatkossa sosiaali- ja terveydenhuollon huoltovarmuutta tullaan tarkastelemaan erityisesti kansallisen riskinarvion pohjalta.

6.10.12 Sosiaalihuoltoon liittyvät riskit ja haavoittuvuus

Noin joka viides suomalainen käyttää sosiaalipalveluita vuosittain. Erityisesti sosiaalihuollon laitoshoidossa, jossa hoito ja kuntouttava toiminta ovat jatkuvaa, palvelua tuottavalla (tai sitä ostavalla) julkisen sektorin toimijalla on suuri vastuu siitä, että olosuhteet eivät helteiden tai muiden sään ääri-ilmiöiden aikana muodostu kohtuuttoman epämukaviksi. Laitoshoidossa asutetaan haavoittuvia ryhmiä, joilla on vain vähän mahdollisuuksia vaikuttaa elinolosuhteisiinsa **Error! Bookmark not defined..**

Asumispalveluja ja laitoshoidoa saava väestö on varsin monimuotoinen ja osin alueellisesti erilainen, mutta myös ikäihmisten kunto saattaa merkittävästi vaihdella samankin palvelutuottajan asumispalveluissa. Asumispalveluissa ja laitospalveluissa on myös henkilöitä, joilla ei ole käytännössä mahdollisuutta valita omaa asuinpaikkaansa. Asumispalveluissa ja laitospalveluissa taloteknisillä (ml. passiivisilla) ratkaisuilla voidaan helpottaa esimerkiksi sään ääri-ilmiöihin sopeutumista, mutta näihin teknisiin ratkaisuihin tarvitaan myös tietoon perustuvia ratkaisuja: mitkä ovat kustannustehokkaita tapoja eri puolella Suomea, eri-ikäisissä ja kokoisissa rakennuksissa erilaisille asiakasryhmille. Sen lisäksi, että julkisella sektorilla voidaan huolehtia lämpöviihtyvyydestä, voidaan tämä kriteeri sisällyttää myös julkisiin hankintoihin **Error! Bookmark not defined..**

Kunnallista kotipalvelua voivat saada yksin elävät ja perheet arkipäivän askareista selviytymiseen. Kotipalvelua myönnetään palvelutarpeen arvioinnin perusteella ja sitä voi saada, kun toimintakyky on alentunut sairauden, synnytyksen tai muun vastaavan syyn tai erityisen perhe- ja elämäntilanteen perusteella. Kotipalvelun työntekijät ovat

kodinhoitajia, kotiavustajia ja lähihoitajia. Kotipalveluista löytyy siten tietoa henkilöistä, jotka eivät pääse esimerkiksi itsenäisesti poistumaan kodeistaan ja jotka esimerkiksi sähkökatkon sattuessa voivat jäädä tavoittamattomiin. Kotipalveluissa myös tavoitetaan ihmisiä, joiden voimavarat ovat lähtökohtaisesti vähissä. Mikäli palvelut toimivat hyvin, työntekijän ja asiakkaan välillä vallitsee luottamuksellinen suhde, voidaan palveluissa neuvoa ja ohjata, miten varautua esimerkiksi sään ääri-ilmiöihin. Joka tapauksessa nämä ovat palveluita, joiden pitäisi pystyä toimimaan eturintamassa silloin, kun vaikkapa helleaalto saapuu Suomeen tai lumimyrsky on katkonut sähköt. Näissä palveluissa pystytään helposti toimimaan paikallisesti, mikäli henkilökunta on koulutettua ja sitä on riittävästi. Toistaiseksi ei kuitenkaan ole valtakunnallisia linjauksia siitä, minkälaiset varautumissuunnitelmat kunnissa, hyvinvointialueilla tai maakunnissa tulisi tehdä, minkälaisia olisivat kynnysarvot, joihin tulisi reagoida, ja miten varautuminen ja sopeutumistoimet kannattaisi kuntien, hyvinvointialueiden tai maakuntien tasolla organisoida **Error! Bookmark not defined.** Haavoittuvuus: Lisäksi alalla on pulaa henkilöstöstä, mikä aiheuttaa merkittävän riskin ilmastonmuutoksen sopeutumistoimenpiteiden toimeenpanon toteutumiselle.

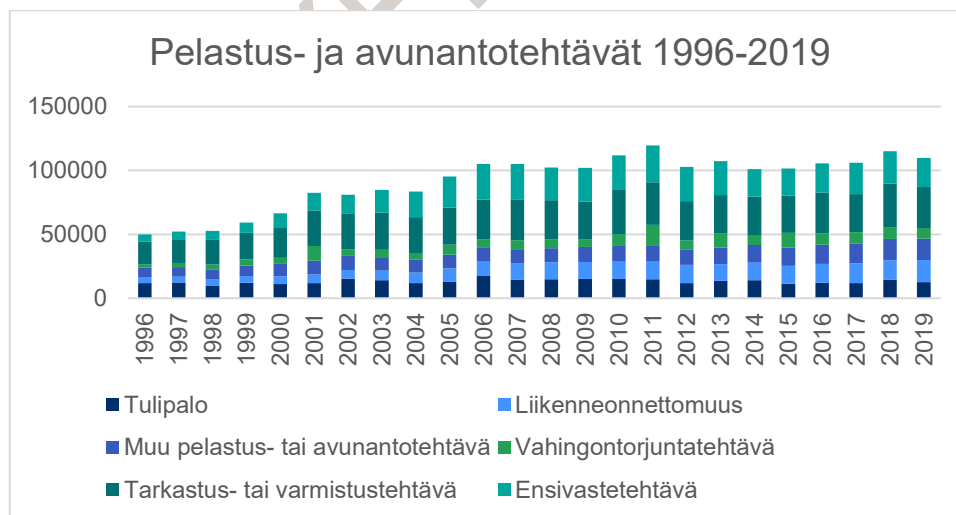
Sosiaalityössä, sosiaaliohjauksessa tai perhetyössä on mahdollista käyttää vähän enemmän luovuutta ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Tämä edellyttää kuitenkin henkilöstön ilmastonmuutoksen riskeihin liittyvän osaamisen ja tietoisuuden vahvistamista, joka tulisi huomioida alan koulutuksen kehittämisessä. Sosiaalityöntekijät ja -ohjaajat tuntevat yleensä hyvin oman alueensa syrjäytymis- ja eheytymisprosesseja sekä näkevät, miten yhteiskunnan rakennemuutos ja alueen rakenteelliset muutokset muovaavat ihmisten ja ympäristön välisiä suhteita. Sosiaalityössä on myös ekososiaalisen työn suuntaus, jossa sosiaalityön tehtävänä on osoittaa yhteiskunnan rakenteellisiä ongelmia, jotka ilmenevät paikallisessa yhteisössä. Ilmastonmuutokseen sopeutumisessa sosiaalityö voi vahvistaa ilmastotietoutta tuomalla kaikkien saataville sellaisia yhteisöllisiä toimintamalleja, jotka tukevat ihmisten hyvinvointia muuttuvassa ympäristössä. Vahvat paikalliset yhteisöt (esim. kaupunginosayhdistykset) edistävät ilmastonmuutokseen sopeutumista ja tarjoavat mahdollisuuksia paikalliseen organisointumiseen. Sosiaaliset verkostot, käytettävissä olevat voimavarat ja tieto ilmastonmuutoksesta vaikuttavat kykyyn sopeuta tilanteeseen ja kykyyn korjata tilanteen aiheuttamia vahinkoja, joskin sosiaalihuolto on suoraan tekemisissä ihmisten sosiaalisten verkostojen kanssa. Sosiaalihuollon tehtävänä on kuitenkin omalta osaltaan toimia ennaltaehkäisevästi ilmastonmuutoksessa, tukea neuvonnan ja ohjauksen keinoin ilmastonmuutokseen sopeutumisessa ja huomioida se sosiaalihuollon toimenpiteiden kokonaisuudessa **Error! Bookmark not defined.**

6.11 Pelastustoimi

Pelastustoimi varautuu tehtäviensä puolesta erilaisiin onnettomuuksiin ja häiriötilanteisiin sekä poikkeusoloihin. Onnettomuuden uhatessa tai tapahduttua ihmiset pelastetaan, tärkeät toiminnot turvataan ja onnettomuuden seurauksia rajoitetaan tehokkaasti niin, että ihmisille, omaisuudelle ja ympäristölle aiheutuvat haitat jäävät mahdollisimman vähäisiksi.

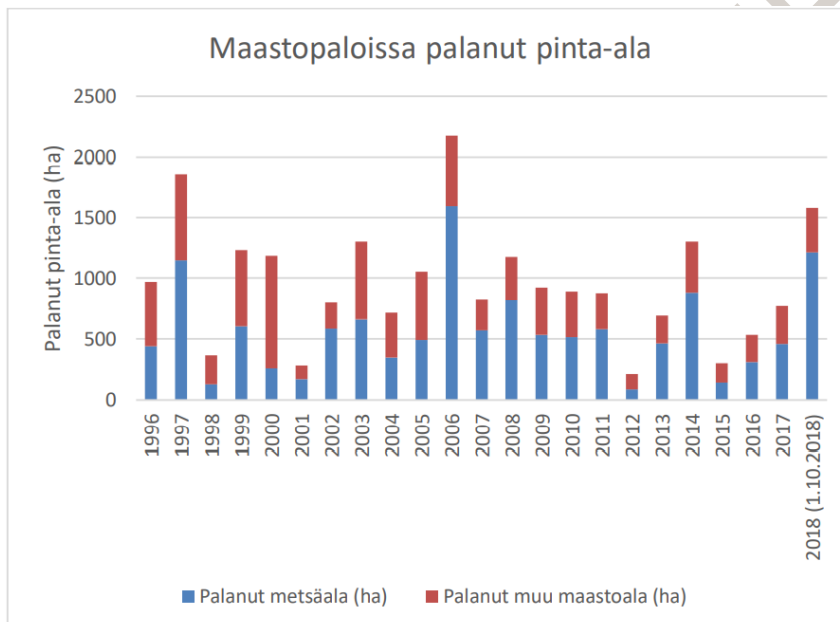
Pelastustoimen toimintaympäristöanalyysissä on tunnistettu, että ilmastonmuutoksen mukaan tuomat muutokset niin tehtävien laadussa kuin määrässäkin tulevat haastamaan toimialaa tulevaisuudessa (Puustinen & Kekki 2020; ks. myös Backman ym. 2021 ja Hakala ym. 2021, 81).

Pelastustoimessa sään ääri-ilmiöitä on tarkasteltu muun muassa pelastustoimen tehtävämäärien kehityksen kautta. Esimerkiksi vahingontorjuntatehtävissä on nähtävissä tasaista kasvua vuosien 1996–2019 aikana, joskin tähän sisältyy runsasta vuosittaista vaihtelua (ks. kuvio 1). Suurin osa vahingontorjuntatehtävistä on seurausta luonnollisista ilmiöistä (tuuli tai myrsky; tulva, sadevesi, kohonnut vedenpinta; alhainen vedenpinta; lumi ja jää; salama; pakkanen; maanvieremä; muu luonnollinen ilmiö). Näin ollen tehtävämääriin tilastollisia piikkejä aiheutuu esimerkiksi suurten myrskytuhojen seurauksena. (Puustinen & Kekki 2020, 26–27.) Vuodenajoilla on Suomen sääolosuhteissa luonnollisesti huomattava merkitys erilaisten tehtävätyyppien esiintyvyyteen (Ks. myös Vanha-Majamaa ym. 2021).



Kuva 1. Pelastus- ja avunantotehtävät 1996-2019 (Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto Pronto; myös Puustinen & Kekki 2020).

Vaikka eurooppalaisella tasolla maastopaloissa palaneen pinta-alan voidaan nähdä olevan kasvussa, Suomessa vastaavaa selkeää kasvitrendiä palaneen pinta-alan lisääntymisessä ei voida havaita. Kuten vahingontorjuntatehtävissä yleisesti, myös maasto- ja metsäpalojen vuosittaisissa määrissä ja palaneessa pinta-alassa on huomattavaa vuosikohtaista vaihtelua (ks. kuva 2). Suurin osa maasto- ja metsäpaloista on edelleen myös varsin pieniä palaneen pinta-alan jäädessä yleisesti alle 0,5 hehtaariin. Haasteen pelastustoimelle muodostavat suuret, useiden kymmenien hehtaarien alueelle levittyvät metsäpalot, jotka useimmiten sijaitsevat kaluston ja pelastushenkilöstön kannalta hankalasti saavutettavissa kohteissa, syrjäisemmillä alueilla. Nämä havaitaan usein myöhään, jolloin palo ehtii kehittyä pidemmälle. Niiden sammuttaminen on haastavaa pitkien matkojen ja maaston vuoksi. Tästä syystä ne myös usein pitkittyvät kestoiltaan. (Lindberg ym. 2021; Ketola 2018.)



Kuva 2. Maastopaloissa palanut pinta-ala 1996 – 2018. (Ketola 2018, 10.)

Ilmastonmuutoksen myötä metsäpalariskin arvioidaan kuitenkin kasvavan tulevaisuudessa (Aalto & Venäläinen 2021). Pelastustoimen näkökulmasta haasteen muodostavat pitkittyneet ja laaja-alaiset onnettomuustilanteet kuten useampi yhtäaikainen ja laaja metsäpalotilanne. Kalajoen Raution kesän 2021 metsäpalojen jälkianalyysissä sekä Etelä-Karjalan pelastuslaitoksen tekemässä Taipalsaaren turvetuotantoalueen palon selvityksessä nostetaan molemmissa esiin pitkittyneen ja laajalle levinneen maastopalon mukanaan tuomia haavoittuvuuksia pelastustoimen toimintaan (Etelä-Karjalan pelastuslaitos 2021; Puustinen 2022; ks. myös Aalto & Venäläinen 2021),

joista tarkemmin jäljempänä. Samoja teemoja on noussut esiin Pelastusopiston kahden metsäpaloihin keskittyneen kehittämishankkeen tuloksissa (Laitinen ym. 2022; Puustinen ym. 2022; ks. myös Aalto & Venäläinen 2021).

Pitkäaikaisiin ja eskaloituviiin suuronnettomuustilanteisiin varautumisessa on pelastustoimessa tunnistettu kehittämiskohteita esimerkiksi harjoitus-, tilannekuva- ja suunnittelutoiminnoissa sekä yhteistoiminnassa ja -sopimuksissa. Oleellista on suunnitella etukäteen toiminta pitkäkestoissa ja suurissa onnettomuustilanteissa ja harjoitella niissä toimimista niin alueellisella kuin kansallisella tasolla huomioiden myös kansainvälisen ja kansallisen avun antamiseen ja vastaanottamiseen liittyvät järjestelyt (host nation support). (Puustinen 2022.) Sään ääri-ilmiöiden oletettu lisääntyminen voi vaikuttaa myös EU:n pelastuspalvelumekanismien kautta annettaviin kansainvälisiin avunanto- ja vastaanottotehtäviin ja niiden mahdolliseen yleistymiseen (Puustinen & Kekki 2020, 22). Sääolosuhteiden ja säätietojen yhdistämisessä metsäpalojen leviämismallinnukseen ja sen kautta onnettomuustilanteen tilannekuvan parantaminen on yksi selkeä tulevaisuuden kehityssuunta (MSB 2018, 144-151; Puustinen 2022).

Pitkäkestoiset ja suuret onnettomuustilanteet haastavat niin kaluston kuin henkilöressurssien riittävyyden. Kokemusten mukaan oleellista olisi riittävän suuri vaste syttyneeseen paloon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta merkittävä palon laajeneminen voidaan estää. (Puustinen 2022.) Suomessa on kokemusta metsäpalojen sammuttamisesta, mutta usein hyvin rajallisten ja pienehköjen palojen suhteen verrattuna esimerkiksi Ruotsin metsäpaloihin kesällä 2018, jonka tyyppiset laajat tilanteet tulevat haastamaan myös Suomen pelastustoimen suorituskykyä. Kansallisella tasolla kehittämisen kohteita on esimerkiksi lentosammutustoiminnassa ja sen kaluston riittävyydessä, mikäli laaja metsäpalotilanne pitkittyy tai käynnissä on useampi yhtäaikaisten laaja metsäpalo eri puolilla Suomea. (MSB 2018; Puustinen 2022).

Yksi Keski- ja Etelä-Euroopassa sekä esimerkiksi Yhdysvalloissa pelastustoimea metsäpaloissa haastava tekijä on niin sanottu Wildland Urban Interface (WUI). Vaikka toistaiseksi Suomessa suuret metsäpalot keskittyvät syrjäisemmille alueille, ja Suomi on harvaan asuttu maa, tulisi tulevaisuudessa tarkemmin tutkia metsäpalojen leviämisen mahdollisuutta asutuskeskuksiin. Asutuskeskuksiin levitessään metsäpalo voi sytyttää rakennuspaloja, jotka edelleen hankaloittavat merkittävästi sammutustöitä. Urbanille alueelle levitessään tilanteen vaikutukset voivat ketjuuntua ja kertautua, jos esimerkiksi palon leviäminen uhkaa kriittistä infrastruktuuria ja sen toimintaa tai jos palon leviäminen tai palosta johtuvat savuhaitat aiheuttavat ihmisille terveyshaittoja ja evakuointitarpeen. Myös sammuttajien ja metsäpalojen vaikutuspiirissä asuvien altistumista metsäpaloista vapautuville haitallisille yhdisteille on tutkittu vähän.

Pelastustoimi uudistaa parhaillaan toimintansa ja palveluidensa suunnittelun periaatteita. Pelastustoimen ja siviilivalmiuden suorituskyky ja suunnitteluperusteet -hankkeessa (2020–2021) tuotettiin ensimmäinen valtakunnallinen versio valtakunnallisista suorituskykyvaatimuksista sekä arvio niihin liittyvistä nykyisistä suorituskykyistä pelastustoiminnan, onnettomuuksien ehkäisyn sekä varautumisen ja väestönsuojelun osalta. Hankkeessa tuotettu suorituskykymalli perustuu ajatukselle suorituskykyjen ja kyvykkyyksien valtakunnallisesti yhdenmukaisesta määrittelystä, mikä puolestaan mahdollistaa tietoon perustuvan johtamisen kehittämisen. Tavoitteena on, että suorituskykymallin käyttöönotolla vahvistetaan pelastustoimen kykyä ennakoida ja vastata erityyppisiin ja -suuruisiin onnettomuuksiin, ml. sään ääri-ilmiöiden aiheuttamat onnettomuudet. Tämän lisäksi kehitetään nykyisessä suorituskyvyssä havaittuja puutteita (esimerkiksi johtamisjärjestelmän kehittäminen). (Mankkinen ym. 2022.)

6.12 Yleinen teollisuustuotanto

Suomalainen teollisuus on energiantensiivistä, ja ilmastonmuutoksen hillitseminen on ollut teollisuuden painopisteenä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja tarve sopeutua sen vaikutuksiin eivät ole olleet keskeisessä asemassa keskustelussa.

Ilmastonmuutos aiheuttaa vaihtelevia riskejä teollisuustoiminnalle Suomessa. Esimerkiksi tulvien ja myrskyjen aiheuttamat häiriöt teollisuustuotannossa voivat olla merkittäviä, ja harvinaisen suuret tulvat voivat aiheuttaa joillekin teollisuustoiminnoille suuria riskejä, varsinkin jos toiminnan häiriöt pitkittyvät.

Ilmastonmuutoksen merkittävimmät vaikutukset Suomen teollisuustoimintaan ja kaupankäyntiin ovat kuitenkin todennäköisesti välillisiä. Tällaisia epäsuoria riskejä aiheuttaa ilmastonmuutoksen globaaleista vaikutuksista tai muilla sektoreilla Suomessa.

Merkitykselliset riskit vaihtelevat toimialan, arvoketjujen ja toiminnan sijainnin mukaan. Esimerkiksi ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen liikenne- ja energiasektoreilla voivat vaikuttaa välillisesti teollisuuden toimintaan ja kaupankäyntiin logistiikan ja sähkökatkojen kautta.

Ilmastonmuutoksen ja siihen liittyvien luonnonilmiöiden, kuten tulvien, myrskyjen ja kuivuuden vaikutukset voivat aiheuttaa riskejä teollisuuden vesi- ja jäähdytysvesihuoltoon tarvitsevalle teollisuudelle.

Arvoketjut ovat avainasemassa, kun tarkastellaan suomalaisten teollisuudenalojen haavoittuvuutta ilmastonmuutoksen välillisille vaikutuksille. Haavoittuvimpia ovat toi-

mialat, joiden arvoketjun kriittiset kohdat sijaitsevat Suomen ulkopuolella. Jos esimerkiksi näiden kriittisten pisteiden toiminnot ovat herkkiä sään ääri-ilmiöille, vaikutukset voivat olla vakavia. Tällaiset häiriöt voivat vaikuttaa raaka-aineiden hintaan ja saatavuuteen ja siten vaikuttaa sekä teollisuuden toimintaan että kaupankäyntiin.

SIETO: Globaalit heijastevaikutukset Suomen teollisuuteen määräytyvät teollisuuden arvoketjujen ja -verkkojen mukaan. Haavoittuvimpia heijastevaikutuksille ovat ne teollisuudenalat ja yritykset, joiden arvoketjujen kriittiset kohdat helposti altistuvat ilmastomuutoksen vaikutuksille Suomen rajojen ulkopuolella. Jos toiminnot näissä solmukohtissa ovat herkkiä esimerkiksi sään ääri-ilmiöille, heijastevaikutuksen riski voi realisoitua voimakkaana.

6.13 Kaivostoiminta

Kaivostoiminnassa vesienhallinnan merkitys korostuu ilmastomuutoksen edetessä. Erityisesti rakkasateiden kasvun myötä kaivosten vedenhallinnan riskit voivat lisääntyä. Historiallisen aineiston valossa veden hallinnan vaikeudet ovat aiheuttaneet kaivoksissa 54 % poikkeustilanteista. Yli puolet näistä liittyi patoihin.

Vuonna 2014 julkaistussa Kaivosten ympäristöturvallisuus -raportissa korostetaan mitoitustulvien merkitystä. Raportissa ei kuitenkaan ole tarkasteltu ilmastomuutoksen mahdollista vaikutusta mitoitustulviin, jotka perustuvat arvioihin keskimäärin kerran sadassa vuodessa (1 %:n vuosittainen todennäköisyys) esiintyvistä tulvista. Vastavaa kokoavaa tarkastelua ei ole tehty ympäristölupiin sisältyvistä riskiarvioista.²⁸⁶

Ilmastomuutoksella on vaikutuksia ympäristössä ja sisäilmassa esiintyvään radioaktiivisuuteen. Esimerkiksi sademäärien lisääntyessä kaivoksille voi aiheutua ongelmia vedenhallinnassa, ja sen vuoksi luonnon radioaktiivisia aineita voi päästä ympäristöön aikaisempaa enemmän **Error! Bookmark not defined.**

6.14 Kulttuuriperintö – ja ympäristö

[Lisätään myöhemmin]

²⁸⁶ Tuomenvirta ym., 2018 ja sen viitteet

6.15 Matkailu

Suomi on kansainvälisesti houkutteleva matkailukohde lähinnä luontonsa vuoksi. Riippuvuus luonnosta ja vuodenaikojen vaihtelusta tekee matkailusta ja virkistyskäytöstä alltiita ilmastonmuutokselle.

Tietoisuus ilmastonmuutoksesta ja kyky sopeutua siihen on parantumassa matkailuyritysten keskuudessa, mutta monia alueellisia eroja on edelleen jäljellä. Matkailutyypit ja sen taloudellinen merkitys alueella, matkailun imago sekä alueen sosiaaliset ja yhteisölliset piirteet määrittelevät, kuinka haavoittuvainen alue on ilmastonmuutokselle matkailukohteena.

Lumeen perustuvat aktiviteetit, kuten maastohiihto, laskettelu, moottorikelkkailu ja pilkiminen, ja talvimatkailu ovat alltiita ilmastonmuutokselle. Maastohiihdon altistus on voimakkainta Etelä- ja Länsi-Suomessa, erityisesti rannikkoalueilla. Ainakin lähitulevaisuudessa pohjoisen hiihtokeskukset voivat kuitenkin hyötyä suhteellisen hyvistä lumiolosuhteista verrattuna Keski-Euroopan tai Etelä-Suomen hiihtokeskuksiin. Talvimatkailu on haavoittuvainen muuttavalle ilmastolle, koska se on hyvin riippuvainen luotettavista talviolosuhteista.

Keskeisten muutosten vaikutuksia on jo havaittu: lumiolosuhteet ovat heikentyneet, mukaan lukien lumipeitepäivien määrä, mikä näkyy erityisesti lumipeitteen saapumisen viivästymisenä alkuvuodesta. Tämä vaikuttaa jo nyt talvimatkailuun erityisesti maan eteläosissa.

Tulevassa ilmastossa lumipeitepäivät vähenevät entisestään kauden aikana, erityisesti kauden alussa. Ne vähenevät vuosisadan loppuun mennessä vähintään 30 prosenttia, mikä on kuitenkin vähemmän kuin muilla Euroopan talvimatkailualueilla. Pitkien viivästysten talven alkuun odotetaan yleistyvän tulevaisuudessa, mikä asettaa haasteita joulun ja muulle arktiselle luontomatkailulle, kuten laskettelulle ja muille talviurheilulajeille. Keskimääräiset talvet lyhenevät. Muutoksen suuruus vaihtelee ilmastokenaarion ja aikahorisontin mukaan.

Sopeutumistoimenpiteet, kuten lumen varastointi ja lumetus voivat kuitenkin olla tulevaisuudessa liian kalliita ratkaisuja toimiakseen talvien lämmitessä. Toimenpiteet aiheuttavat myös kasvihuonekaasupäästöjä, joiden suuruus riippuu käytetystä energialähteestä. Muita sopeutumistoimenpiteitä ovat vaihtoehtoiset toiminnot ja tekniset ratkaisut, kuten sisäurheiluareenat.

Lämpimämpi ja pidempi kesäkausi voi parantaa kesäurheilun ja monien vesistöihin perustuvien virkistysaktiviteettien (esim. veneily, uinti ja kalastus) edellytyksiä. Toisaalta leväkukinnot lämpimissä vesissä tai lisääntyneet kesäsademäärät voivat vähentää tällaisten aktiviteettien vetovoimaa kesällä.

6.16 Maanpuolustus

Vastuuministeriö/-tahot: Puolustusministeriö, Esikunta, Puolustusvoimat

Puolustusministeriön hallinnonala on tehtäviensä puolesta varautunut poikkeusoloihin ja erilaisiin yhteiskunnan häiriötilanteisiin. Näihin varaudutaan valmiussuunnittelulla ja turvaamalla maanpuolustuksen kannalta keskeiset toiminnot erilaisten skenaarioiden toteutuessa. Maanpuolustus tukeutuu kriisitilanteissa pääosin muun yhteiskunnan palveluihin ja niissä tapahtuvat häiriöt sekä muut vaikutukset heijastuvat suoraan tai välillisesti myös maanpuolustukseen. Ilmastonmuutoksen vaikutukset turvallisuusympäristöön on erityisesti puolustushallinnon alalla huomioitavat riski.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset kuten lisääntyvät sään ääri-ilmiöt, lämpötilan nousu sekä muutokset sateisuudessa, pilvisyydessä ja talviolosuhteissa ovat myös maanpuolustukseen vaikuttavia tekijöitä. Maanpuolustukseen kohdistuvia ilmatoriskejä tarkastellessa toistuu samat haavoittuvuudet ja ilmatorisakit kuin muualla yhteiskunnassa liittyen rakennettuun ympäristöön, energiainfraan, tietoliikenteeseen, maa-, meri- ja ilmaliikenteeseen, logistiikkaan ja terveyteen. Näitä haavoittuvuuksia ja riskejä on käsitelty tässä raportissa muiden toimialojen alla.

Puolustushallinnon ilmastonmuutokseen sopeutumisessa korostuu maanpuolustuksen kannalta kriittisten toimintojen ja kohteiden turvaaminen. Ilmastonmuutoksen vaikutusten ei arvioida lähitulevaisuudessa vaarantavan puolustusjärjestelmää, mutta alueelliset ja paikalliset vaikutukset voivat pahimmillaan vaarantaa tai haitata tiettyjä toimintoja. Alueellisia vaikutuksia, kuten vaikutuksia sotilaskohteiden energiajärjestelmiin tai tulvariskialueilla sijaitseviin toimintoihin tulee kartoittaa yksityiskohtaisemmin ja toteuttaa tarvittavat sopeutumistoimet. Niillä parannetaan myös koko puolustusjärjestelmän toimivuutta.

Puolustusvoimien lakisääteisenä tehtävänä on muiden viranomaisten tukeminen. Tukipyynnöt voivat tulevaisuudessa liittyä nykyistä enemmän ilmastonmuutoksesta johdettuun ilmiöihin. Puolustusvoimilla on tällä hetkellä monenlaisia kykyjä, joista on hyötyä erilaisissa yhteiskunnan häiriötilanteissa. Arviota ei ole tehty siitä, kuinka hyvin nämä kyvyt vastaavat tulevaisuudessa esimerkiksi ilmastonmuutoksesta aiheutuviin virka-apupyynnötarpeisiin. Keskustelua ja arvioita tämän teeman ympärillä tulee käydä aktiivisesti.

Puolustusvoimien tehtävänä on myös kansainvälinen avunanto ja kriisinhallinta. Näihin tehtäviin voivat vaikuttaa ilmastonmuutoksen voimistamat geopoliittiset jännitteet. Ilmastonmuutoksen voimistava vaikutus voi olla seurausta heikentyneistä elinoloista, luonnonvaroista käytävästä kilpailusta tai energiasiirtymän aiheuttamista valta-asemien muutoksista. Edellä mainituilla jännitteillä voi olla turvallisuustilanteeseen ja maanpuolustukseen heijastuvia vaikutuksia myös Suomessa.

Ilmastonmuutoksen tuoma epävarmuus saattaa avata tilaisuuksia hybridivaikuttamiselle kuten sähköverkkojen häirinnälle myrskytuhojen korjaamisen vaikeuttamiseksi tai disinformaatiolle, millä voi olla jossain määrin vaikutusta myös puolustuskyvylle.

(Lähde: Ilmastonmuutos ja Suomen turvallisuus: Uhat ja varautuminen kokonaisturvallisuuden toimintamallissa, VALTIONEUVOSTON SELVITYS - JATUTKI-MUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2021:52)

Puolustusvoimien järjestämällä maanpuolustuskursseilla harjoitellaan erilaisia kriisitilanteita. Ne ovat tärkeä osa yhteiskunnan varautumiskyvyn kehittämistä koskevaa työtä ja auttavat tunnistamaan yhteiskunnan haavoittuvuuksia. Kokonaismaanpuolustuksen konseptia ja maanpuolustuskursseja tulisi laajasti hyödyntää ilmastonmuutoksesta aiheutuvien, valtakunnallisesti ja alueellisesti vaikuttavien häiriötilanteiden riskien hallinnassa.

6.17 Ilmastonmuutos lisää muuttoliikkeitä tulevina vuosikymmeninä

Ilmastonmuutos lisää muuttoliikkeitä tulevina vuosikymmeninä muuttaen samalla maahanmuuton peruselementtejä todennäköisesti pysyvästi. Kymmenet tai mahdollisesti sadat miljoonat ihmiset joutuvat lähtemään kotiseuduiltaan ilmastonmuutokseen liittyvien syiden vuoksi. Suurin osa muuttaa kotimaansa sisällä, mutta osa joutuu lähtemään kauemmaksi. Liikkeelle työntävänä tekijänä voivat olla äkilliset sään ääri-ilmiöt, kuten tulvat tai myrskyt, mutta myös hitaammin etenevä elinolosuhteiden heikkeneminen, kuten keskilämpötilan kohoaminen tai merenpinnan nousu.

Ilmastonmuutos kytkeytyy useisiin muihin maahanmuuton juurisyihin (väestönkasvu, köyhyys, työttömyys, näköalattomuus, sodat ja konfliktit) ja voimistaa muuttoliikkeiden työntekijöitä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset iskevät erityisesti kehittyviin talouksiin, joilla ei ole kapasiteettia tai mekanismeja ilmastonmuutoksen vaikutusten ehkäisyyn ja jotka jo nyt painivat monenlaisten sosiaalisten ja taloudellisten ongelmien kanssa.

Eurooppa sijaitsee lähellä Lähi-idän ja Pohjois-Afrikan kriisialueita, jotka ovat samanaikaisesti erittäin haavoittuvaisia ilmastonmuutoksen suhteen sekä tarjoavat vain vähän taloudellisia mahdollisuuksia kasvavalle väestölle. Muutto Eurooppaan ja Suomeen tapahtuu useiden sääntöjenmukaisten ja sääntöjenvastaisten muuttoreittien kautta. Ilmastonmuutoksen vuoksi muuttamaan joutuvat ihmiset voivat käyttää molempia reittejä.²⁸⁷

Vaikka EU:n näkökulmasta ilmastonmuutoksen suurimmat vaikutukset kohdistuvat etelään, ilmiön epäsuorat vaikutukset Suomeen voivat olla suuria esimerkiksi EU:n koheesion heikkenemisen kautta. Pidemmällä aikavälillä Suomesta voi muodostua houkutteleva kohde niille, joiden elinympäristö muuttuu elinkelvottomaksi ilmastonmuutoksen vuoksi.

Ilmastonmuutoksen aiheuttama muuttoliikkeiden kasvu ja niiden hallinta edellyttää EU:lta entistä vahvempaa yhteistä maahanmuuttopolitiikkaa. On myös huomattava, että ympäristön muutosten tai ympäristökatastrofien takia pakeneminen ei kuulu niihin perusteisiin, joiden nojalla henkilö voisi saada kansainvälistä suojelua, eli saada turvapaikan tai toissijaista suojelua. Jatkossa EU:ssa joudutaan todennäköisesti pohtimaan esimerkiksi sitä, tulisiko ja millä tavalla huomioida ympäristösyistä pakenevien henkilöiden tilanne Unionin lainsäädännössä. EU:n turvapaikkajärjestelmän nykyiset heikkoudet kärjistyvät suurten ilmiöiden aikana. Nykyistä turvapaikkajärjestelmää on vaikea ylläpitää, jos esimerkiksi ilmastosyistä kotimaastaan lähteneiden määrä kasvaa erittäin suureksi ja muiden väylien puuttuessa he ohjautuvat unionin alueelle saavuttuaan turvapaikkamenettelyyn. Tämä alleviivaa tarvetta aiempaa vahvemmille ja kriisinkestäville eurooppalaisille järjestelmille.

Ilmastonmuutos vahvistaa myös niitä tunnistettuja uhkia, jotka liittyvät sekä laittomaan maahantuloon että maahanmuuton potentiaalın hyväksikäyttöön hybridioperaatioissa.

Laajamittaisen maahantulon tilanteessa myös pidemmän aikavälin vaikutukset, muun muassa kotouttaminen ja koulutus, tulevat vaatimaan todennäköisesti lisää resurs-

²⁸⁷ Climate migration: Towards a better understanding and management. Finland and a global perspective. Eeva-Kaisa Prokkola, Saija Niemi, Élise Lépy, Jaana Palander, Outi Kulujärvi and Päivi Lujala. 2021, 16.

seja. Sopeutumiseen tarvitaan paitsi kriisivalmiutta (rajavaivonta, toimiva turvapaikka-järjestelmä), erityisesti pitkän aikavälin sosiaali- ja koulutus- ja työllisyyspolitiikkaa, jolla myös turvataan tilanteen hallinta sekä turvallisuus pidemmällä aikavälillä.

KESKENERÄINEN

Liite A Riski- ja haavoittuvuustarkastelun tekoon osallistuneet asiantuntijat

KESKENERÄINEN

Lähteet

KESKENERÄINEN