



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Ruokateollisuuden yritysten varautuminen ilmastonmuutoksesta johtuviin toimitusketjuhäiriöihin

Toimitusketjujen johtamisen
kandidaatintutkielma

Laatija:
Iiris Alakärppä

Ohjaaja:
KTT Sini Laari

14.4.2025

Turku

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

Kandidutkielma

Oppiaine: Toimitusketjujen johtaminen

Tekijä: Iris Alakärppä

Otsikko: Ruokateollisuuden yritysten varautuminen ilmastonmuutoksesta johtuviin toimitusketjuhäiriöihin

Ohjaaja: KTT Sini Laari

Sivumäärä: 41 sivua

Päivämäärä: 14.4.2025

Ruokateollisuuden yritykset ovat keskeisessä roolissa ihmisten arjessa, sillä ne vastaavat päivittäisestä ravinnon saatavuudesta. Alan toimitusketjut ovat usein monimutkaisia ja koostuvat useista eri toimijoista niin alkutuotannossa, jalostuksessa, jakelussa, jälleenmyynnissä kuin kulutuksessakin. Monet toimitusketjuista ovat myös kansainvälisiä, mikä yhdistettynä monimutkaiseen rakenteeseen tekee ketjuista alttiita erilaisille häiriöille. Ilmastonmuutos lisää tätä alttiutta johtuen sään ääri-ilmiöistä sekä muutoksista maan ravinnepitoisuuksissa ja sademäärissä. Häiriöt voivat vaikuttaa ruoan saatavuuteen, hintoihin sekä heikentää ruokaturvaa, eli kuluttajien mahdollisuutta turvalliseen ja ravitsevaan ruokaan kohtuuhinnalla. Häiriötä voi esiintyä missä tahansa ruokaketjun vaiheessa ja paikallinen häiriö voi myös vaikuttaa koko ketjun toimintaan, ja siten keskeyttää laajemman ruokajärjestelmän toiminnan.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää, millaisia häiriöitä ilmastonmuutos voi aiheuttaa ruokateollisuuden eri toimijoiden toiminnalle, ja miten yritykset voivat varautua näihin häiriöihin säilyttääkseen toimitusketjujen toimintakyvyn. Tarkastelussa huomioidaan kestävä kehitys ja kiertotalouden näkökulmia, mitkä tukevat häiriöihin sopeutumisen lisäksi niiden esiintymistodennäköisyyden pienentämistä ja päästöjen määrän vähentämistä.

Tutkimustulokset osoittavat, että ilmastonmuutos voi vaikuttaa kaikkiin ruokateollisuuden toimitusketjun vaiheisiin, mutta häiriöiden tyypit ja esiintymistodennäköisyydet vaihtelevat alueellisesti. Suurimpia uhkia aiheuttavat tulvat, myrskyt ja lämpötilojen nousu. Varautumiskeinoissa korostuvat teknologian hyödyntäminen ja ympäristöystävälliset toimintamenetelmät, kuten säädataan perustuva suunnittelu, varhaisen varoituksen järjestelmät, materiaalien kierrätys ja kestävät tuotantomenetelmät. Tutkimus perustuu akateemiseen kirjallisuuteen ja tarjoaa erilaisia näkökulmia siihen, miten eri ruokateollisuuden yritykset voivat varautua ilmastonmuutoksesta seuraaviin toimitusketjuhäiriöihin.

Avainsanat: ruokateollisuuden toimitusketju, ilmastonmuutos, resilienssi, toimitusketjuhäiriöt, ruokaturva, kestävä kehitys, kiertotalous

SISÄLLYS

1	Johdanto	6
2	Ruokateollisuuden toimitusketjut	8
	2.1 Ruokateollisuuden toimitusketjujen rakenne ja keskeiset toimijat	8
	2.1.1 Alkutuotanto	9
	2.1.2 Jalostus ja jakelu	10
	2.1.3 Vähittäiskauppa ja kuluttajat	11
	2.2 Ruoan toimitusketjujen keskeiset haasteet ja riskit	12
3	Ilmastonmuutoksesta johtuvat toimitusketjuhäiriöt	14
	3.1 Ilmastonmuutoksen vaikutus ruokateollisuuteen	14
	3.1.1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset alkutuotantoon	16
	3.1.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset jalostukseen & ruokaturvallisuuteen	18
	3.1.3 Ilmastonmuutoksen vaikutukset logistiikkaan ja jakeluun	19
	3.1.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vähittäiskauppaan	19
	3.1.5 Ilmastonmuutoksen vaikutukset kuluttajain	20
	3.2 Alueelliset erot ilmastonmuutoksen vaikutuksissa	21
4	Ruokateollisuuden yritysten varautuminen toimitusketjuhäiriöihin	23
	4.1.1 Varautumiskeinot alkutuotannossa	24
	4.1.2 Varautumiskeinot käsittelyssä ja jalostuksessa	25
	4.1.3 Varautumiskeinot logistiikassa	25
	4.2 Ilmastonmuutokseen varautuminen ja resilienssi	25
	4.2.1 Vähittäiskaupan rooli resilienssin kehittämisessä	27
	4.2.2 Teknologian rooli toimitusketjujen resilienssissä	28
5	Kestävä kehitys ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen	30
	5.1 Kestävä ruoantuotanto	30
	5.2 Kiertotalous osana ilmastonmuutokseen sopeutumista	31
6	Yhteenveto	33
	6.1 keskeiset tulokset	33
	6.2 Johtopäätökset	35
	Lähteet	38

KUVIOT

Kuva 1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset ruokateollisuuteen mukaillen (Falloon ym. 2022) 33

TAULUKOT

Taulukko 1	Ruokajärjestelmän toiminnot ja niihin liittyvät toimijat (Hawkes & T.Ruel 2011)	8
Taulukko 2	Ruokaturvan ulottuvuudet	14
Taulukko 3	Ilmastonmuutokseen varautuminen ruokateollisuuden toimitusketjussa	34

1 Johdanto

Ruokateollisuuden yritykset yhdistävät ruoantuotannon, jalostuksen, varastoinnin, jakelun ja vähittäismyynnin kokonaisuudeksi, jonka toimivuus mahdollistaa elintarvikkeiden jatkuvan saatavuuden kuluttajille. Nämä monivaiheiset ja usein kansainväliset ketjut ovat riippuvaisia lukuisista sisäisistä ja ulkoisista tekijöistä, kuten raaka-aineiden saatavuudesta, energiasta, infrastruktuurista ja sääolosuhteista. Tästä syystä ruokateollisuuden toimitusketjut ovat erityisen herkkiä häiriöille, jotka voivat vaarantaa ketjun jatkuvuuden ja vaikuttaa suoraan ruoan saatavuuteen ja hintaan. (Andreoni & Apollinia 2014; Gaupp 2020.) Viimeaikaiset globaalit tapahtumat, kuten koronapandemia ja Ukrainan sota, ovat havainnollistaneet, kuinka haavoittuvia ruokajärjestelmät ovat yllättävien muutosten edessä (Rojas-Reyes ym. 2024).

Yksi keskeinen ja yhä kasvava toimitusketjujen toimivuuteen vaikuttava riski on ilmastonmuutos. Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan maapallon lämpötilan nousua, joka johtuu kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, metaanin ja typen lisääntymisestä ilmakehässä (Baldwin 2015, 4). Seurauksia voivat olla sääolojen vaihtelut, luonnonkatastrofien yleistyminen sekä ekosysteemien muutokset. Nämä voivat aiheuttaa vakavia muutoksia ruokatoimitusketjujen eri vaiheissa: ne voivat viivästyttää raaka-aineiden saatavuutta, vahingoittaa infrastruktuuria tai keskeyttää tuotantoprosesseja (Gaupp 2020), ja vaikuttaa siten myös ruoan saatavuuteen loppukäyttäjille (Paloviita & Järvelä 2015, 3).

Ruokateollisuus itsessään on merkittävä päästöjen tuottaja ja ilmastonmuutoksen aiheuttaja (Ghadge ym. 2020). Ruoantuotantoon, jalostukseen, pakkaamiseen ja kuljettamiseen käytettävä energia on 7,5 kertaa suurempi kuin ruoan takaisin tuottama energia, ja ruokatoimitusketjujen osuus globaaleista kasvihuonekaasuista on 10–30 prosenttia (Economist Impact 2025; Baldwin 2015, 2).

Vaikka ruokateollisuuden vaikutuksia ilmastonmuutokseen on tutkittu (Er Kara ym. 2021), ilmastonmuutoksen vaikutuksia ruokajärjestelmien toimintaan on tarkasteltu vähemmän. Aiempi tutkimus on painottunut erityisesti maatalouteen ja alkutuotantoon. Sen sijaan toimitusketjun seuraavat vaiheet: jalostus, logistiikka ja vähittäiskauppa ovat jääneet vähemmälle huomiolle, vaikka ne ovat olennainen osa ruokajärjestelmän toimivuutta. (Falloon ym. 2022.) Myöskään yritysten strategioita ilmastonmuutoksen aiheuttamiin häiriöihin varautumiseksi ei ole tarkasteltu kattavasti koko toimitusketjun näkökulmasta (Ghadge ym. 2020).

Tämä tutkielma keskittyy tarkastelemaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia ruokateollisuuden toimitusketjuihin, sekä strategioita, joilla yritykset voivat varautua näiden erilaisten häiriöiden seurauksiin. Häiriöillä viitataan tässä yhteydessä ilmastonmuutoksesta johtuviin vaikutuksiin, jotka

vaikuttavat toimitusketjun eri vaiheisiin aiheuttaen viivästyksiä, toiminnan keskeytyksiä tai muita logistisia ongelmia. Varautuminen käsittää yritysten ennakoivat ja suunnitellut toimenpiteet, joilla pyritään vähentämään häiriöiden vaikutuksia ja vahvistamaan toimitusketjujen toimintakykyä.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Mitkä ovat ilmastonmuutoksen merkittävimmät vaikutukset ruokateollisuuden toimitusketjuihin?
- Mitä strategioita ruokateollisuudessa toimivat yritykset voivat käyttää vähentääkseen häiriöiden vaikutuksia?

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä tuodaan esille ilmastonmuutoksesta johtuvia ilmiöitä, kuten lämpötilojen vaihtelua, sademäärien muutoksia ja sään ääriolosuhteita. Näiden ilmiöiden vaikutuksia ruokatoimitusketjuihin tarkastellaan eri ruokateollisuuden vaiheiden näkökulmista. Toinen tutkimuskysymys tarkastelee, miten yritykset voivat minimoida ilmastonmuutoksen vaikutuksia omaan toimintaansa. Sopeutumismenetelmissä korostuvat päästöjen hillitseminen sekä kestävä kehitys ja kiertotalouden näkökulmat, sillä niiden avulla voidaan myös vähentää riskejä tulevaisuuden ilmastohäiriöihin (Yang ym. 2023).

Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, jonka tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva ruokateollisuuden toimitusketjujen ilmastoriskeistä ja varautumiskeinoista. Vaikka tarkastelu on globaali, tutkielmassa tuodaan esiin myös suomalaisia näkökulmia erityisesti vähittäiskaupan toimijoiden osalta. Tarkoituksena on tunnistaa sekä yleisiä että kontekstisidonnaisia varautumiskeinoja, joita ruokateollisuuden yritykset voivat hyödyntää toimintansa turvaamiseksi muuttuvissa ja epävarmoissa olosuhteissa.

2 Ruokateollisuuden toimitusketjut

2.1 Ruokateollisuuden toimitusketjujen rakenne ja keskeiset toimijat

Ruokateollisuuden yritykset käsitteen alle kuuluu joukko toimijoita, jotka osallistuvat elintarvikkeiden tuotantoon, jalostukseen, jakeluun ja myyntiin. Alan yrityksiä yhdistää niiden rooli ruokaketjussa, mutta liiketoimintamallit ja toimintaympäristöt vaihtelevat. Osa yrityksistä on paikallisia ja perustuu luonnollisiin menetelmiin, ja osa on kansainvälisiä ketjuja, joissa korostuvat massatuotanto ja mittakaavaedut. (Baldwin 2015, 8.)

Paloviita ja Järvelä (2015) määrittävät ruokatoimitusketjun organisaatioiden verkostoksi, joka kattaa ylävirran yhteydet maataloihin ja alavirran yhteydet kuluttajiin. Se koostuu erilaisista prosesseista ja toiminnoista, jotka tuottavat arvoa elintarvikkeiden ja ruokapalveluiden muodossa kuluttajille.

Baldwin ym. (2015, 3) jakavat ruokateollisuuden toimitusketjun viiteen päävaiheeseen: maataloustuotantoon, prosessointiin ja pakkaamiseen, jakeluun ja markkinointiin, kulutukseen sekä jätteeseen. Tässä jaottelussa huomioidaan ruokateollisuuden aiheuttamat jätteet ja niiden käsittely.

Hawkesin ja Ruelin (2011) mukaan ruokajärjestelmä voidaan jäsentää kuuteen päävaiheeseen: ruoantuotantoon, ensisijaiseen varastointiin ja jalostukseen, toissijaiseen jalostukseen, jakeluun ja kauppaan, vähittäismyyntiin sekä kulutukseen. Alla oleva taulukko havainnollistaa kunkin vaiheen keskeisiä toimijoita.

Taulukko 1 Ruokajärjestelmän toiminnot ja niihin liittyvät toimijat (Hawkes & T.Ruel 2011)

Toiminnot	Toimijat
Ruoantuotanto	Viljelijät, maataloustyöntekijät, raaka-aineiden tuottajat
Ensisijainen varastointi ja jalostus	Pakkaajat, myllyt, murskaajat, jalostajat
Toissijainen jalostus	Jalostettujen elintarvikkeiden valmistajat, pienyrityksistä globaaleihin toimijoihin
Jakelu, kuljetus ja kauppa	Maahantuojat, viejät, välittäjät, tukkukauppiat
Vähittäismyynti	Pienkauppiat, supermarketketjut, ravintolat, pikaruokaketjut
Kulutus	Yksityiset henkilöt

Kuten taulukosta ilmenee, ruokajärjestelmän eri vaiheet kattavat laajan kirjon toimijoita pienviljelijöistä ja raaka-ainetuottajista aina kansainvälisiin jakeluverkostoihin ja yksittäisiin kuluttajiin. Näiden toimijoiden keskeinen tehtävä on varmistaa ravintorikkaan ja turvallisen ruoan saatavuus kuluttajille. (Baldwin 2015, 8.)

Ruokateollisuus on yksi merkittävimmistä toimialoista globaalisti. Euroopassa sen osuus teollisuuden kokonaistuloista on 14,5 prosenttia, työllisyydestä 15,5 prosenttia sekä 12,5 prosenttia teollisuuden arvonlisäyksestä. Alan erityispiirteisiin kuuluu tiivis kytkeytyminen alkutuotantoon, sesonkiluonteisuus, korkeat hygieniavaatimukset ja tiukat säädökset. (Cagliano ym. 2016, 5.)

Ruokateollisuuden toimitusketjujen varastoinnilla ja tuotannolla on omat haastavat ominaispiirteensä verrattuna muihin toimitusketjuihin. Tuotantoprosessit ovat riippuvaisia vuodenajasta, ajoituksesta sekä tuotannon vaiheiden järjestyksestä. Tuotteiden säilytysaika on lyhyt ja vaatii tiettyjä tekniikoita, kuten kylmäkuljetusta. Lyhyiden käsittelyaikojen vuoksi tarvitaan jäljitys-, seuranta- ja laatujärjestelmiä, jotta elintarvikkeiden laatu voidaan taata loppukuluttajille. (Cagliano ym. 2016, 9.)

Ruokatoimitusketjuun kuuluvat yritykset eivät tee päätöksiä yksin, ja ruokatoimitusketjut kuuluvatkin laajempaan ruokajärjestelmään. Ruokajärjestelmä koostuu kaikista ruokaan liittyvistä elementeistä, kuten infrastruktuurista, ympäristöstä, ihmisistä, prosesseista ja panoksista. Järjestelmään liittyvät myös toiminnot, jotka liittyvät ruoan matkaan tuotannosta kuluttajalle, sekä näiden toimintojen sosiaaliset, taloudelliset ja ympäristölliset vaikutukset. (HLPE 2018, 11.)

Toimitusketjujen monimutkaisuuden takia yhden toimijan valinnat vaikuttavat seuraavaan toimijaan ketjussa. Alavirran toimijoiden on mukautettava toimintansa muutoksiin hinnoissa ja määrissä, ja ylävirran toimijoiden tulee muokata toimintaansa alavirran palautteen perusteella. (Rahman ym. 2022). Ketjujen toimijat kuuluvat usein eri yrityksiin, ja yritykset ovat erikokoisia ja suhtautuvat eri tavalla esimerkiksi ilmastonmuutokseen ja vastuullisuuteen. Huolimatta erilaisuuksista toimijat ovat keskenään riippuvaisia toisistaan. (Hartmann 2011, Cagliano ym. 2016, 7 mukaan.) Keskinäinen riippuvuus saa alkunsa toimitusketjun ensimmäisestä vaiheesta, alkutuotannosta.

2.1.1 Alkutuotanto

Alkutuotannolla tarkoitetaan ruoantuotannon ensimmäistä vaihetta, joka kattaa maatalouden, karjatalouden sekä kalastuksen. Alkutuotannon prosesseja ovat tuotteiden tuotanto ja kasvatus, viljely ja sadonkorjuu, lypsäminen sekä eläinten valmistelu ennen teurastusta. (Ruokavirasto 2023.)

Tämä vaihe tuottaa raaka-aineet, jotka myydään edelleen ruokateollisuudelle, tukkukauppaan, vähittäismyyntiin, suoraan kuluttajille tai vaihtoehtoisille markkinoille, kuten biopolttoaineen tuotantoon (Cagliano ym. 2016, 7).

Alkutuotannon yritysten ominaispiirteisiin kuuluvat riippuvuus luonnon resursseista ja sääolosuhteista, sillä maaperän laatu ja vesivarat vaikuttavat alan yritysten toimintakykyyn. (Cagliano ym. 2016, 7.) Alan yritysten koko vaihtelee pienistä, suuriin luonnollisia menetelmiä noudattavista teollisiin toimijoihin. Nykyisin maatalous on pääosin teollista, ja se perustuu monokulttuuriseen viljelyyn ja intensiiviseen karjatalouteen, joissa tavoitteena on hyödyntää mittakaavaetuja, erilaisia koneita, kemiallisia lannoitteita ja torjunta-aineita (HLPE 2018). Monet maanviljelijät ovat hinnanottajia, eikä heillä ole merkittävää neuvotteluvoimaa (Cagliano ym. 2016, 5). Ilmastonmuutoksen aiheuttamien satojen vaihteluiden ja globaalien markkinahäiriöiden myötä viljelijöiden asema saattaa heikentyä entisestään.

Karjatalouden tuotteiden, kuten lihan, maidon ja kananmunien osuus asukasta kohti lasketuista kaloreista on 15 prosenttia ja proteiineista 31 prosenttia, mutta luvut vaihtelevat alueellisesti (Godde ym. 2021). Tärkeimpiä viljelykasveja ovat riisi, vehnä, maissi ja soija (Tchoukouang ym. 2024). Nämä muodostavat merkittävän osa ihmisten päivittäistä ruokavaliota. Lisäksi karjatalous tarjoaa muita hyötyjä, kuten vetoeläinten hyödyntämistä työvoimana, kuljetusmahdollisuuksia, ravinteita köyhille maaperille, tulonlähteitä ja toimeentulon monipuolistamista. (Godde ym. 2021.)

2.1.2 Jalostus ja jakelu

Elintarvikkeet ja niiden raaka-aineet käyvät lähes aina jonkinlaisen käsittelyn läpi tuotannon jälkeen. Jalostaminen voi sisältää lämmittämistä, pesemistä, erottamista, leikkaamista, sekoittamista tai näiden yhdistelmiä riippuen raaka-aineen tyypistä ja lopputuotteesta. Hedelmiä sekä vihanneksia leikataan ja kuivatetaan, lihatuotannossa olennaista on teurastus sekä paloittelu. Kahvinjalostukseen liittyy puolestaan papujen paahtaminen. Loppupään jalostustoimintaan liittyy olennaisesti pakkaaminen, jonka tarkoituksena on turvata ruoan säilyminen kuljetuksen aikana. Ruoan pakkaamiseen liittyvä energiankulutus on kasvanut, koska tuotteita prosessoidaan enemmän ja niiden pakkausmateriaalin tarve on lisääntynyt. Jalostusyrietykset ovatkin pyrkineet tuottamaan itse tarvitsemaansa energiaa ja keskittymään veden uusiokäyttämiseen. (Baldwin 2015, 65, 66, 75). Pakkaamisen jälkeen tuotteet lähetetään jakelijoille, jotka kuljettavat ne jälleenmyyntiin (Cagliano ym. 2016, 9).

Elintarvikkeiden jakelu kattaa logistiikkakuljetukset, kylmäkuljetukset sekä viimeisen kilometrin kuljetukset, joilla varmistetaan tuotteiden laatu ja turvallisuus kuluttajalle asti. Elintarvikkeita kuljetetaan eri kuljetusmuodoilla: vesitse, rautateitse, maanteillä ja ilmassa. Yhdysvalloissa elintarvikkeet kulkevat keskimäärin 1 500 mailia (2400 km) tilalta kuluttajille. Kuljetuksien lämpötilanhallinta on tärkeä osa ruokakuljetuksia, sillä se auttaa vähentämään hävikkiä ylläpitämällä tuotteen halutun lämpötilan koko toimitusketjun ajan. Viime vuosina jakeluyritykset ovat panostaneet kestävyteen optimoimalla kuljetusreittejä ja käyttämällä enemmän uusiutuvan energian ratkaisuja. Samalla laivakuljetuksia ja junaliikennettä on pyritty suosimaan lentokonekuljetusten ja tieliikenteen sijaan. (Baldwin 2015, 117, 122.)

2.1.3 Vähittäiskauppa ja kuluttajat

Ruoan jakelussa tukku- ja vähittäiskauppa ovat ensisijaisia kanavia, joiden kautta ruoka menee kuluttajille (Cagliano ym. 2016, 9). Vähittäiskauppoja on useita erilaisia alkaen pienistä myymälöistä aina suuriin hypermarketteihin ja globaaleihin kauppaketjuihin. Vähittäiskauppojen ja ruokamyymälöiden rooli on merkittävä sekä tuotteiden saatavuuden että kauppojen markkinaroolin kannalta. (Hawkes & Ruel 2011.)

Vaikka elintarvikkeiden jälleenmyyjä on suhteellisesti vähemmän verrattuna ruokatoimitusketjun muihin toimijoihin, on niillä vaikutusvaltaa sekä tuottajiin että kuluttajiin niiden tärkeän roolin takia ruokatoimitusketjun 'keskipisteenä'. Jälleenmyyjien rooli on vahvistunut myös sen seurauksena, että jälleenmyyjien saavutettavuus kehittyvissä maissa on parantunut. (Macfadyen ym. 2015, 3.) Suurilla vähittäiskauppaetuilla on keskeinen asema hintojen määrittelyssä ja kuluttajakysynnän ohjaamisessa, sillä ne voivat vaikuttaa niin kotimaiseen kuin kansainväliseen tarjontaan ja vastuullisuusstandardeihin. Esimerkiksi suomalainen yritys Kesko toimii vähittäiskaupassa ja business to business -kaupassa kahdeksassa maassa, ja sen kansainvälinen liiketoiminta kattaa 18 prosenttia sen kokonaisymynnistä (Kesko 2023).

Kuluttajakäyttäytyminen kuvastaa kaikkia kuluttajien kotitalous- tai yksilötasolla tekemiä valintoja ja päätöksiä siitä, mitä elintarvikkeita hankitaan, säilytetään, valmistetaan ja syödään (HLPE 2018, 31). Kuluttajien muuttuvat preferenssit, kuten luomu- ja kasvisruoan suosio sekä vastuullisesti tuotettujen elintarvikkeiden kysyntä, vaikuttavat merkittävästi tarjontaan (Cagliano ym. 2016, 7). S-ryhmän tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä 65 prosenttia myydyistä ruoista on kasviperäisiä (S-ryhmä 2023). Tämä kertoo vähittäiskaupan kyvystä ohjata markkinoita ja vastata

kuluttajien vastuullisuusodotuksiin. Näihin vaatimuksiin vastaaminen edellyttää toimitusketjujen joustavuutta, mutta niiden toimintakykyä uhkaavat monet ulkoiset riskit ja odottamattomat häiriöt.

2.2 Ruoan toimitusketjujen keskeiset haasteet ja riskit

Ruokateollisuuden toimitusketjujen eri toimijat ovat haavoittuvia erilaisille häiriöille (Paloviita & Järvelä 2015, 3–4). Ruokaketjun häiriöillä voidaan tarkoittaa mitä tahansa merkittävää häiriötä elintarvikkeiden kulussa tuotannosta kulutukseen (Rojas-Reyes ym. 2024). Erilaiset haasteet ja häiriöt näkyvät eri tavoin, riippuen toimitusketjun kompleksisuudesta, keskinäisistä kytköksistä ja eri yritysten välisistä riippuvuussuhteista (Fan ym. 2021, 606). Häiriöt voivat olla luonnon tai ihmisen aiheuttamia, esimerkiksi luonnonkatastrofeja, yhteiskunnallisia tapahtumia, kuten lakkoja ja taantumia, terroristihyökkäyksiä, talous- tai rahoituskriisejä tai keskeisten palvelujen, kuten sähkönjakelun, keskeytyksiä. (Rojas-Reyes ym. 2024).

Mahdollisia seurauksia häiriöistä ovat epätasapaino kysynnän ja tarjonnan välillä, vaihtelu yrityksen toimintakyvyssä, lisääntynyt epävarmuus ja operatiivisten järjestelmien volatilitteetti. Lisäksi markkinoiden epävakaus ja taloudelliset kriisit voivat vaikuttaa raaka-aineiden saatavuuteen ja hintoihin. (Rahman ym. 2022; Rojas-Reyes ym. 2024.) Häiriöt voivat uhata myös ruokaturvaa. Ruokaturva kuvaa ruoan vaikutusta ihmisten terveyteen ja yritysten kykyä tarjota turvallista ja ravintorikasta ravintoa kaikille kuluttajille, jotka sitä tarvitsevat (Baldwin 2015, 165; HLPE 2018, 31).

Toimitusketjujen globaalisuuden takia häiriöt yhdellä alueella voivat heijastua koko ketjuun. Globaalit ruokatoimitusketjut ovat haavoittuvia ilmastonmuutoksen vaikutuksille, joita aiheuttavat sekä sään ääri-ilmiöt että ilmaston asteittaiset muutokset, tai näiden yhdistelmä. (Paloviita & Järvelä 2015, 3–4.) Erilaiset häiriöt voidaan jakaa eri tyypeihin: hallinnolliset ja operatiiviset, biologiset ja ympäristöön liittyvät, kysyntään ja tarjontaan liittyvät, logistiikkaan ja infrastruktuuriin liittyvät häiriöt, julkiset säädökset sekä sosiaaliset ja poliittiset häiriöt. Yleisimmät toimitusketjujen haasteet liittyvät ilmastoon, ympäristöön, logistiikkaan ja infrastruktuuriin sekä tarjontaan. (Rojas-Reyes ym. 2024.)

Paikallinen häiriö voi myös vaikuttaa ihmisiin, jotka sijaitsevat kaukana ongelman juurisyystä. Vuoden 2007–2008 ruokakriisi johtui osittain alueellisesta kuivuudesta ja matalista varastotasoisista, mikä nosti elintarvikkeiden hintoja ja aiheutti sosiaalisia levottomuuksia. (Macfadyen ym. 2015.) Pahimmassa tapauksessa erilaiset häiriöt voivat muodostaa ketjureaktion, joka keskeyttäisi koko

ruokajärjestelmän (Fan ym. 2021, 606). Haasteiden ratkaisua hankaloittaa se, että ratkaisuihin vaaditaan usein paikallista lähestymistapaa, joissa otetaan huomioon alueen asukkaat ja heidän elintapansa. (Paloviita & Järvelä 2015, 3–4.)

3 Ilmastonmuutoksesta johtuvat toimitusketjuhäiriöt

3.1 Ilmastonmuutoksen vaikutus ruokateollisuuteen

Ilmastonmuutoksen on todettu lisäävän sään ääri-ilmiöitä. Äärimmäisellä sääilmiöllä kuvataan tapahtumaa, joka on harvinainen tietyssä paikassa ja tiettyyn aikaan vuodesta (Seneviratne ym. 2021.) Sään ääri-ilmiöitä ovat helleaallot, kylmät kaudet, rankkasateet, tulvat, maanvyöryt, kuivuus, maastopalot ja voimakkaat myrskyt. Ilmastonmuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymistiheyteen ja vakavuuteen. Etelä-Euroopassa kuivuus voi kolminkertaistua vuosisadan loppuun mennessä ja Pohjois- ja Keski-Euroopassa rankkasateiden ennustetaan lisääntyvän. (Milicevic 2023.)

Lisäksi maapallon keskilämpötilan nousu voi aiheuttaa erilaisia pitkän aikavälin haasteita ja muutoksia ruoantuotannossa. Vaikutuksia voi esiintyä ruokaketjun erivaiheissa: alkutuotannossa, kuljetuksessa, jalostuksessa tai kulutuksessa (Andreoni & Apollinia 2014,31). Häiriöille tyypillistä on niiden geopolitiittinen hajautuneisuus. Eri maat ja eri maiden sisällä olevat alueet kohtaavat erilaisia haasteita, ja joillakin alueilla ilmastonmuutos voi jopa parantaa ruoantuotannon olosuhteita. Seuraukset eivät näy ainoastaan tietyillä teollisuudenaloilla, eivätkä ne kohdistu kaikkiin suoraan, vaan usein välillisesti. Vaikutukset voivat näkyä työn tuottavuuden laskuna pidennettyjen taukojen takia sekä kysynnän tai tarjonnan heikkenemisenä. (Sun ym. 2024.)

Erilaisten häiriöiden seurauksena ruokaturvan neljä keskeistä ulottuvuutta: ruoan saatavuus, ruokahuollon vakaus, ruoan saavutettavuus ja ruoan hyödyntäminen ovat uhattuna (taulukko 2).

Taulukko 2 Ruokaturvan ulottuvuudet

Ruokaturvan ulottuvuus:	Uhkatekijät:
Ruoan saatavuus	Ilmastonmuutoksesta johtuvat satohävikit ja tuotantohäiriöt voivat vähentää ruoan tarjontaa erityisesti haavoittuvilla alueilla (Muluneh, 2021).
Ruokahuollon vakaus	Hintavaihtelut, tuotannonkeskeytykset ja kuljetushäiriöt voivat johtaa markkinahäiriöihin (Er Kara ym. 2021).
Ruoan saavutettavuus	Raaka-aineiden ja lopputuotteiden hintojen nousu heikentää riittävän ruoan saantia (Er Kara ym. 2021).
Ruoan hyödyntäminen	Muuttuneet viljelyolosuhteet ja heikentynyt ravintoaineiden määrä ja maaperän hedelmällisyys voivat heikentää ruoan ravitsemuksellista laatua (Owino ym. 2022).

Satojen laatua ja tuottavuutta uhkaavat maaperän hedelmällisyyden ja veden saatavuuden heikkeneminen, viljelypinta-alan pieneneminen sekä ruoan ravintosisällön muutokset (Owino ym. 2022). Sademäärien vaihtelut, vedensaatavuuteen liittyvät ongelmat ja merenpinnannousu voivat vaikeuttaa viljelyä, mikä voi johtaa satokatoihin ja tuotannon vaihteluun. Ilmastonmuutos vaikuttaa sekä suoraan että epäsuorasti biofysikaalisiin tekijöihin, kuten kasvien ja eläinten kasvuun, veden kiertokulkuun, biologiseen monimuotoisuuteen ja ravinteiden kierto. (Muluneh 2021, 11.) Nousevat lämpötilat voivat vaikuttaa viljakasvien ravintoainepitoisuuksiin, mikä heikentää ruoan ravitsemuksellista laatua (Owino ym. 2022).

Raaka-aineiden hintojen nousu saatavuusongelmien vuoksi sekä logistiikan lisäkustannukset, jotka johtuvat toimitusviiveistä ja kuljetusreittien tukkeutumisesta vaikuttavat erityisesti hankintaan, valmistukseen ja logistiikkaan. Häiriöistä seuraavat hintojen muutokset ja saatavuusongelmat siirtyvät toimitusketjun edetessä kohti loppukuluttajia, ja voivat heikentää ostomahdollisuuksia. (Er Kara ym. 2021.) Lisäksi lämpötilojen kohoaminen ja lisääntynyt ilmankosteus kasvattavat ruoan kuljetukseen ja varastointiin liittyviä terveysriskejä, mikä voi johtaa tartuntatautien ja ruokaperäisten sairauksien yleistymiseen (Andreoni & Apollinia 2014).

Rajat ylittävät ilmastonmuutosvaikutukset määritellään seurauksiksi, jotka ilmenevät kaukana alkuperäisestä paikasta ja joissa sekä vaikutukset että niihin reagoiminen siirtyvät yhden tai useamman rajan yli. Mahdollinen seuraus muodostaa näin ollen riskin alueella, joka on kaukana alkuperäisen vaikutuksen sijainnista. (Carter ym. 2021.) Tuotannon häiriöt yhdessä tai muutamassa maassa voivat siten aiheuttaa muutoksia koko ruokakauppaverkostossa (Hedlund ym. 2022). Maatalouden tuottavuuden heikkeneminen johtaa lyhytaikaiseen vaihteluun elintarvikkeiden tarjonnassa ja heikentää niiden saatavuutta. Viljakasvien hintojen ennustetaan nousevan 29 prosenttia vuoteen 2050 mennessä ilmastonmuutoksen vuoksi (Fan ym. 2021, 603). Tämä ei näkyisi pelkästään alueellisena hintojen nousuna, vaan vaikutus olisi kansainvälinen.

Lisäksi ilmastonmuutoksen aiheuttamilla muutoksilla on suuri vaikutus fyysiseen ja inhimilliseen pääomaan, kuten infrastruktuuriin, varastointiin, tuotantovälineisiin, sähköverkkoihin ja ihmisten terveyteen. Näiden muutosten seuraukset ulottuvat taloudellisiin ja sosiaalipoliittisiin tekijöihin, jotka vaikuttavat ruoan saatavuuteen, jakeluun ja käyttöön globaalilla tasolla. (Muluneh 2021, 12.)

Häiriöt voivat aiheuttaa lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin seurauksia. Lyhyellä aikavälillä on otettava huomioon tuotteiden lyhyet elinkaaret ja monimutkaiset käsittelyprosessit, joiden seurauksena häiriöt voivat vaikeuttaa sadonkorjuuta, kuljetuksia, hankintaketjujen toimivuutta sekä työvoiman saatavuutta esimerkiksi matkustusrajoitusten vuoksi. Tästä voi seurata kasvanutta

ruokahävikkiä ja tuotteiden pilaantumista. Keskipitkällä aikavälillä haasteita liittyy kuluttajakäyttäytymisen muutoksiin, mikä voi pitkällä aikavälillä johtaa työttömyyteen sekä tuotantolaitosten, kuten maatilojen sulkemiseen. (Rojas-Reyes ym. 2024.) Lyhyen ja pitkän aikavälin seuraukset näkyvät eri tavalla toimitusketjun eri osissa. Osa toimijoista kohtaa vaikutukset suoraan, kun taas toisiin ne kohdistuvat välillisesti. Vaikutukset näkyvät välittömästi alkutuotannossa.

3.1.1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset alkutuotantoon

Ilmastonmuutoksen vaikutukset alkutuotantoon voivat olla positiivisia tai negatiivisia riippuen maantieteellisestä sijainnista. Keski- ja korkeilla leveysasteilla ilmaston lämpeneminen voi mahdollistaa aikaisemman kylvöajankohdan, pienemmän jäätymisriskin sekä suuremman kasvien tuottavuuden ja satojen kasvun, mikä johtuu lämpötilojen noususta ja ilmakehän lisääntyneestä hiilidioksidipitoisuudesta. (Paloviita & Järvelä 2015, 57; Fanzo ym. 2018, s. 14; Rahman ym. 2022; Luchtenbelt ym. 2025.)

Viljelyvyöhykkeen on arvioitu siirtyvän jopa 1200 km pohjoisemmaksi vuosisadan loppuun mennessä, mutta uudet viljelyalueet voivat epävakaita vesisateiden ja maaperän ravinnekoostumuksen vaihtelujen vuoksi (Godde ym. 2021, 6). Suurimmat haittavaikutukset, kuten kuivuus, tulvat sekä tuholaisten ja kasvitautien lisääntyminen, voivat pitkällä aikavälillä kumota mahdolliset hyödyt ja vaikeuttaa ruoantuotantoa entisestään (Paloviita & Järvelä 2015; Hedlund ym. 2022). Ilmastonmuutoksen ennustetaankin vähentävän sadon määrää alueilla, joiden olisi tulevaisuudessa tuotettava enemmän ruokaa kasvavan väestön tarpeisiin, ja lisäävän tuottavuuden vaihtelua muilla alueilla. (Macfadyen ym. 2015, 3; Rahman ym. 2022.)

Lämpöstressi voi vähentää viljelyalaa sekä heikentää tärkeiden raaka-aineiden, kuten viljan, kahvin, papujen ja vihannesten, saatavuutta (Sun ym. 2024). Maailman kuivien alueiden pinta-ala on laajentunut viimeisten 60 vuoden aikana erityisesti puolikuivilla seuduilla, ja sen ennustetaan kasvavan edelleen. Saharan eteläpuolisessa Afrikassa yli 20 prosenttia nykyisistä kasvinviljely- ja kotieläintuotannon järjestelmistä voi muuttua elinkelvottomiksi vuoteen 2050 mennessä. (Godde ym. 2021.) Maatalouden työvoiman tuottavuus kärsii, koska ulkona työskentely korkeissa lämpötiloissa heikentää tehokkuutta ja nostaa kustannuksia (Sun ym. 2024).

Maataloustuotanto voi kärsiä merkittävästi tulvista, sillä viljelysmaat voivat vahingoittua tai saastua (Tirado ym. 2010, 13). Rannikkoalueilla merenpinnan nousu, myrskytuulet ja muuttuvat sademäärät voivat lisätä maaperän suolaisuutta, mikä heikentää sen ravintoarvoa ja viljelykelpoisuutta. Tämä

on erityisen huolestuttavaa kuivilla alueilla, joissa veden saatavuus on jo valmiiksi niukkaa (Godde ym. 2021, 4). Lisäksi talvi- ja syysadannan on ennakoitu kasvavan huomattavasti ilmaston lämpenemisen myötä, mikä voi heikentää maan rakennetta ja lisätä huuhtoumariskejä. (Huhta & Melin 2023, 26.)

Viljely on keskittynyt tietyille alueille tai maille, jotka pystyvät tuottamaan viljoja suuria määriä. Näitä alueita kutsutaan leipäkoreiksi (engl. breadbasket) (Gaupp 2020). Tuotannon keskittyminen on vähentänyt luonnon monimuotoisuutta ja tehnyt ruoantuotannosta haavoittuvaisemman ilmastonmuutoksen vaikutuksille, kuten sääolojen muuttumiselle ja satokokojen pienenemiselle. Lisäksi monokulttuurinen viljely heikentää maaperän kestävyyttä ja altistaa viljelykasvit herkemiksi sään vaihtelulle ja tuholaisille. (Owino ym. 2022, 3; Baldwin 2015, 15.) Suurien maa-alueiden viljely yhtä kasvilajia varten heikentää maan sietokykyä kuivuutta ja tuholaisia vastaan. Tuholaiden määrän kasvu lisää riippuvuutta torjunta-aineisiin, jotka entisestään vähentävät luonnon monimuotoisuutta. (Baldwin 2015,15.)

Vaikka yksittäisen leipäkorialueen sato menisi pilalle sään ääri-ilmiön seurauksena, voitaisiin tilannetta korjata toisen alueen suuremmalla sadolla, viljan varastoinnilla sekä kaupankäynnin avulla. Kasvavana huolenaiheena on usean leipäkörin epäonnistuminen erilaisten häiriöiden seurauksena. (Gaupp 2020.)

Ilmastonmuutos voi heikentää karjatuotteiden saatavuutta, laatua ja turvallisuutta taudinaiheuttajien tai torjunta-aineiden aiheuttaman saastumisen sekä ravitsemuksellisen laadun heikkenemisen seurauksena (Godde ym. 2021, 4). Äärimmäiset tulvat voivat aiheuttaa merkittäviä vahinkoja kotieläintuotannolle. Esimerkiksi Pohjois-Australiassa vuonna 2019 tapahtuneet laajat tulvat johtivat noin puolen miljoonan karjan menetykseen. Samoin hurrikaani Michael vuonna 2019 tappoi arviolta yli kaksi miljoonaa kanaa Georgiassa Yhdysvalloissa. (Godde ym. 2021, 7.)

Viljelyyn liittyvien haasteiden seurauksena tärkeiden viljelykasvien, kuten riisin, vehnän, maissin ja soijan hinta tulevat nousemaan. Hintojen nousu vaikuttaa välittömästi suurimpaan osaan kuluttajista, sillä ruokaa on ostettava hinnasta riippumatta. (Tchonkouang ym. 2024, 2.) Vaikka tuottajat voivat hyötyä korkeammista hinnoista ja voitoista, ovat seuraukset enemmän negatiivisia kuin positiivisia, ja alkutuotannossa syntyvät häiriöt vaikuttavat paitsi kuluttajiin myös toimitusketjun seuraaviin vaiheisiin.

3.1.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset jalostukseen & ruokaturvallisuuteen

Erilaiset häiriöt voivat vahingoittaa tehtaita, liikennettä ja sähköntuotantoa sekä viestintäverkostoja, mikä vaikeuttaa koko toimitusketjun toimintaa (Er Kara ym. 2021). Sään ääri-ilmiöiden, kuten myrskyjen, tulvien ja kuumuuden lisääntyminen voi keskeyttää raaka-aineiden toimituksen jalostuslaitoksille, aiheuttaa tarjonnan vaihtelevuutta sekä viivästyksiä, jotka heikentävät tuotantokapasiteettia ja lopputuotteiden saatavuutta (Godde ym. 2021, 4; Falloon ym. 2022). Tuotantoketjun keskittyminen harvoille alueille lisää haavoittuvuutta, sillä ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat katkaista jalostuslaitosten toimintaa pitkäksi aikaa (Ghadge ym. 2020).

Energian saatavuus ja kustannukset voivat muuttua epävakaaiksi, mikä voi lisätä ruoan jalostuksen operatiivisia kustannuksia (Ghadge ym. 2020). Pahimmassa tapauksessa kokonaiset jalostuslaitokset pysähtyvät esimerkiksi tulvien aiheuttamien vahinkojen takia (Tchonkouang ym. 2024). sateiden seurauksena viljojen kuivaamiseen saatetaan joutua käyttämään enemmän energiaa, mikä voi kuitenkin johtaa viljojen pilaantumiseen (Falloon ym. 2022).

Häiriöitä aiheuttaa myös lämpötilojen nousu, mikä lisää mikrobiologisia riskejä, kuten patogeenien kasvua prosessoinnin aikana (Tirado ym. 2010). Vesipula ja veden saatavuuteen liittyvät häiriöt voivat vaikuttaa jalostusprosesseihin, kuten pastörintiin ja sterilointiin, jotka ovat riippuvaisia suurista vesimääristä. Lämpötilan nousu voi lisätä myös ruokamyrkytysten ja pilaantumisen riskiä, mikä johtaa suurempaan energian käyttöön kylmäketjujen ylläpitämiseksi ja siten kasvaviin kustannuksiin (Falloon ym. 2022).

Äärimmäiset sääilmiöt, kuten kuivuus ja tulvat, voivat saastuttaa maaperän, viljelysmaat, veden, ruoan ja eläinten rehut taudeilla, kemikaaleilla tai muilla haitallisilla aineilla. Erityisen riskialtis tilanne on juuri luonnonkatastrofien jälkeen, jolloin heikentynyt hygienia lisää tautiriskiä. Euroopassa on havaittu, että tulvat voivat lisätä veden välityksellä leviävien tautien, kuten koleran, riskiä, ja että salmonellatapaukset lisääntyvät 5–10 prosenttia jokaista lämpöasteen nousua kohden tietyissä Euroopan maissa. (Tirado ym. 2010.)

Ilmastonmuutos vaikuttaa myös työvoiman saatavuuteen ja tuottavuuteen lämpöstressin, uusien tautiepidemioiden ja äärimmäisten tapahtumien, kuten helleaaltojen, tulvien ja ankarien myrskyjen, vuoksi. Työvoimaan vaikuttaa myös ilmanlaadun heikkeneminen ja ravinnon tarjonnan muutokset, jotka voivat heikentää työväestön terveyttä ja toimintakykyä. (Godde ym. 2021, 4.) Ruokaturvan heikentyessä logistiikan merkitys korostuu ruoan turvallisuuden ja saatavuuden varmistamisessa.

3.1.3 Ilmastonmuutoksen vaikutukset logistiikkaan ja jakeluun

Logistiikan häiriöt vaikuttavat negatiivisesti ruoan myyntiin ja saatavuuteen. Sään ääri-ilmiöt, meren pinnan nousu, lämpötilojen kohoaminen ja lisääntynyt ilmankosteus voivat tehdä osan teistä ja rautateistä käyttökelvottomiksi. Erityisen haavoittuvia ovat rannikkoalueiden infrastruktuurit, kuten satamat ja tiet. (Fanzo ym. 2018, 14.)

Merenkulku on merkittävä osa kansainvälistä kauppaa erityisesti Euroopassa, jossa lähes 90 prosenttia ulkoisesta kaupasta tapahtuu meriteitse. Ilmastonmuutoksen seurauksena jopa 64 prosenttia Euroopan satamista voi kärsiä tulvista vuoteen 2060 mennessä (Godde ym. 2021,7). Tulvat voivat aiheuttaa ongelmia myös sataman ulkopuolisilla alueilla ja estää kuljetusketjun toiminnan osittain tai kokonaan (Falloon ym. 2022).

Lisäksi lämpötilojen nousu ja lisääntynyt kosteus voivat heikentää elintarvikkeiden varastointi- ja jakeluolosuhteita, mikä vaikuttaa ruoan laatuun, turvallisuuteen ja säilyvyyteen. Sään ääri-ilmiöiden arvioidaan lisäävän riippuvuutta monimutkaisista logistiikkajärjestelmistä. Esimerkiksi kylmäketjun ylläpito on ruokaturvallisuuden kannalta kriittinen tekijä. Sähkökatkokset voivat johtaa jäähdytysjärjestelmien pettämiseen, mikä aiheuttaa elintarvikkeiden pilaantumista ja hävikkiä. Tämä voi lisätä ruokaturvan haasteita erityisesti alueilla, joissa varavoimajärjestelmät ovat puutteellisia. (Godde ym. 2021, 4.)

Eläinten kuljetukset ovat usein pitkiä. korkeat lämpötilat kuljetuksen aikana heikentävät eläinten hyvinvointia, mikä voi pahimmillaan johtaa jopa kuolemantapauksiin. Tämä luo haasteita eläintuotannolle, kun lämpöstressi kuormittaa logistiikkaa ja heikentää eläinten hyvinvointia. (Godde ym. 2021, 4.) Koska logistiikka yhdistää tuotannon ja kulutuksen, sen haavoittuvuus voi vaikuttaa suoraan vähittäiskauppaan sekä kuluttajiin.

3.1.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset vähittäiskauppaan

Ilmastonmuutoksen vaikutukset vähittäiskauppaan voivat näkyä elintarvikkeiden saatavuudessa ja kuluttajien ostovoimassa. Sään ääri-ilmiöt voivat johtaa kauppojen toimitusketjujen katkeamiseen, jos hankintamekanismit häiriintyvät maatalouden saatavuusongelmien seurauksena. Tämä vaikeuttaa ruokatuotteiden saatavuutta ja nostaa hintoja kuluttajille, mikä voi näkyä elintarvikkeiden saatavuusongelmina (Cagliano ym. 2016, 9; Tchoukouang ym. 2024). Kaupunkialueilla, joissa kuluttajat ovat vahvasti riippuvaisia vähittäiskaupoista, jakelun häiriöt voivat nopeasti johtaa ruokapulaan ja hinnanvaihteluihin (Cagliano ym. 2016, 9).

Ilmastonmuutos voi lisätä vuorovesitulvien, jokien aiheuttamien sisämaan tulvien sekä pintavesivalunnan riskiä. Tulvien vaikutusten odotetaan näkyvän erityisesti vähittäiskaupassa, jossa ne voivat aiheuttaa myymälöiden sulkemisia, varastojen vaurioitumista ja logistiikkahäiriöitä. Tulvat voivat katkaista pääsyn jakelukeskuksiin ja estää tuotteiden kuljetuksen, mikä vaikeuttaa elintarvikkeiden saatavuutta ja nostaa kuluttajahintoja. (Rojas-Reyes ym. 2024.)

Lisäksi kriittisten infrastruktuurien, kuten teiden, sähkön ja polttoainehuollon häiriöt, voivat keskeyttää jakelun ja rajoittaa myymälöiden toimintaa. Supermarketeilla ja suurilla vähittäisketjuilla voi olla liiketoiminnan jatkuvuussuunnitelmia, jotka kuvaavat toimenpiteitä, jotka tehdään ennen, aikana ja jälkeen häiriöiden. Pienemmät kaupat ja itsenäiset myymälät ovat usein haavoittuvampia, koska niillä ei ole samoja resursseja varautumiseen. (Rojas-Reyes ym. 2024.) Suomalainen päivittäistavaraketju Kesko on tunnistanut keskipitkän aikavälin ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä liittyen kiinteistöihin. Kesko omistaa ja hallinnoi merkittävän määrän erilaisia kiinteistöjä kaikissa sen toimintamaissa, ja näihin kiinteistöihin voi tulevaisuudessa kohdistua kasvavaa rasitusta sään ääri-ilmiöiden, lämpökuormituksen ja sadeolojen muutosten vuoksi. Akuutteja riskejä Keskon toiminnalle aiheuttavat lämpöaallot, myrskyt sekä voimakkaat tuulet ja sateet. (Kesko 2024.)

Häiriöt voivat näkyä ruokakaupoissa, kasvaneena kysyntänä, johon vastaaminen vaikeutuu toimittajahäiriöiden, kuten kuljetus- ja varastointiongelmien seurauksena. Muutokset kuluttajakäyttäytymisessä voivat johtaa varastohamstraukseen ja hintojen nousuun, mikä vaikuttaa markkinadynamiikkaan ja kauppojen toimintavarmuuteen. (Rojas-Reyes ym. 2024.)

3.1.5 Ilmastonmuutoksen vaikutukset kuluttajiin

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa suoraan kuluttajien ruokailutottumuksiin. Korkeiden lämpötilojen seurauksena grilliruoan, salaattien ja hedelmien kysyntä voi nousta, mutta samalla lämpöstressi voi vaikuttaa negatiivisesti näiden tuotteiden tarjontaan (Falloon ym. 2022). Median välittämät tiedot ruokaketjujen riskeistä voivat johtaa paniikkiostoksiin ja hamstraukseen, mikä voi nostaa hintoja ja aiheuttaa epävakautta markkinoilla (Carter ym. 2021). Toisaalta tulvat ja metsäpalot voivat estää kuluttajien pääsyn kauppaan, tai estää ruoan kotiinkuljetukset (Falloon ym. 2022).

Kuluttajat ovat yhä enemmän tietoisia epäkestävän ruoan tuotannon ympäristövaikutuksista ja vaativat enemmän läpinäkyvyyttä jalostusprosesseissa ja ruoan alkuperässä (Cagliano ym. 2016, 7). Sosiaalisten normien muutokset vaikuttavat ruokavalioihin erityisesti korkean tulotason maissa,

joissa suositaan vähemmän resursseja kuluttavaa tuotantoa sekä uusia proteiininlähteitä, kuten kasvipohjaisia lihankorvikkeita (Godde ym. 2021, 8). Kiinnostus ulottuu ruokatuotannon ympäristövaikutuksista myös siihen, miten ruokavalio vaikuttaa hyvinvointiin. Kasvisruokavalion ja vegaanisuuden suosio on lisääntynyt, koska niiden avulla voi ennalta ehkäistä ruokavalioon liittyviä sairauksia ja jopa pidentää elinikää. (Owino ym. 2022, 3.)

Tutkimukset ovat osoittaneet, että ravintokasvien raudan, sinkin ja vitamiinien pitoisuudet voivat vähentyä. Lisäksi ruokaturva heikkenee, kun ruokavalion monimuotoisuus vähenee ja juomaveden saatavuus heikkenee. (Fanzo ym. 2021, 603). Nämä vaikuttavat suoraan kuluttajiin lisääntyneinä tartuntatautiriskeinä ja ravinnon laatuun liittyvinä ongelmina (Fanzo ym. 2018). Vaikutukset eivät kuitenkaan ole samoja kaikille kuluttajille, sillä alueelliset erot ovat suuria.

3.2 Alueelliset erot ilmastonmuutoksen vaikutuksissa

Vaikka ilmastonmuutoksesta aiheutuvia häiriöitä ei voida ennustaa, kehittyneillä mailla on paremmat mahdollisuudet ennakoida ja reagoida erilaisiin häiriöihin verrattuna kehittyviin maihin, jotka ovat alttiimpia sään ääri-ilmiöille elintarvikkeiden tuotannossa ja jalostuksessa. Varautumista heikentävät puutteet rahoituksessa, infrastruktuurissa ja teknologiassa. (Govindan & Al-Ansari 2019).

Sään ääri-ilmiöt heikentävät ruokaturvaa eli ihmisten mahdollisuuksia saada turvallista ruokaa riittävästi. Lämpöstressi ja tulvat voivat vaurioittaa infrastruktuuria, mikä vaikeuttaa elintarvikkeiden jakelua ja markkinoiden saavutettavuutta. Tämä puolestaan heikentää kuluttajien ja tuottajien mahdollisuuksia ostaa ja myydä ruokaa. Ongelmat ovat suurimmat alueilla, joiden infrastruktuuri on jo valmiiksi haavoittuva, ja kuluttajien taloudelliset resurssit eivät riitä kallistuneiden tuotteiden ostamiseen. (Mulneh 2021, 15.) Haavoittuvimpia alueita ovat Saharan etelänpuoleinen Afrikka ja Etelä-Aasia (Luchtenbelt ym. 2025).

Kehittyvien maiden taloudet ovat usein riippuvaisia maataloudesta, mikä altistaa ne ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Vehnä, riisi, peruna, soija sekä herneet ovat keskeisiä proteiinien ja mikroravinteiden lähteitä, ja ilmastonmuutoksesta johtuen kohoavat hiilidioksiditasot voivat vähentää näiden proteiini- ja ravinnepitoisuuksia. Tämä voi aiheuttaa vakavia ongelmia alueilla, joissa aliravitsemus on jo valmiiksi vakava haaste. (Fanzo ym. 2018; Owino ym. 2022, 6.)

Lämpötilojen nousu voi lisätä kuivuutta ja aiheuttaa vesipulaa, mikä heikentää alkutuotannon tehokkuutta. Pitkittyneen kuivuuden onkin havaittu vaikuttavan kielteisesti BKT:n kasvuun henkeä kohden Afrikassa. (Tchoukouang ym. 2024.). Maataloustuotannon satojen koko on vähentynyt viime vuosikymmeninä useissa maissa (Mertz ym. 2009, 744), ja tuotannon ennustetaan laskevan yli 30 prosentilla vuoteen 2050 mennessä (Muluneh 2021, 12).

Kehittyneissä maissa ilmastonmuutokseen liittyvät ongelmat painottuvat enemmän tuontiin ja globaaleihin toimitusketjuihin kuin paikalliseen tuotantoon (Muluneh 2021, 12). Maissa noudatettavat tiukat elintarvikestandardit liittyen kemikaalien käyttöön, ruoan seurantaan ja laadunvalvontaan suojaavat maita häiriöiltä ja ääriolosuhteilta (Falloon ym. 2022). Euroopan unionin ja muiden kehittyneiden maiden riippuvuus kehittyvien maiden ruokatuotannosta saattaa kuitenkin aiheuttaa markkinahäiriöitä ja nostaa hintoja. Häiriöt heijastuvat erityisesti alueille, jotka riippuvaisia tiettyjen raaka-aineiden ja elintarvikkeiden saatavuudesta. (Muluneh 2021, 12.) Vaikutukset voivat näkyä myös maiden kulutustottumuksissa. Britanniassa kahvin ja oluen kulutus voi vähentyä, jos Afrikan ja Etelä-Amerikan toimittajat kärsivät raaka-aineiden puutteesta. Samoin toimitusketjun keskeytykset Aasiassa ja Latinalaisessa Amerikassa voivat häiritä kansainväliseen ruokakauppaa ja heijastuvat globaaliin ruokahuoltoon ja sen toimintakykyyn. (Sun ym. 2024.) Tämän vuoksi on tärkeää tarkastella, miten ruokateollisuuden yritykset voivat varautua ilmastonmuutoksesta johtuviin toimitusketjuhäiriöihin.

4 Ruokateollisuuden yritysten varautuminen toimitusketjuhäiriöihin

Ruokateollisuuden yritysten varautumisessa ilmastonmuutoksesta seuraaviin toimitusketjuhäiriöihin vaaditaan moniulotteista näkökulmaa, sillä asia koskettaa eri kokoisia, eri maissa sijaitsevia ja eri toimialojen yrityksiä. Toimitusketjuhäiriöt voivat ilmetä missä tahansa ruokaketjun vaiheessa, ja niiden vaikutukset voivat olla sekä lyhyt- että pitkäkestoisia (Tchonkouang ym. 2024). Häiriöiden tyyppi ja niiden esiintymistiheys vaihtelevat suuresti eri maiden, jopa maa-alueiden välillä, eli vaikka ongelma on globaali, tarvitaan sen ratkaisuun kansainvälisten säädösten lisäksi paikallista lähestymistapaa. (Gomez-Zavaglia ym. 2020.)

Varautumiseen liitetään usein riskienhallinta. Riskienhallinnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden avulla voidaan vähentää ei-toivotun tapahtuman seurauksia tai todennäköisyyttä. Toimitusketjun riskienhallinnan tavoitteena on tunnistaa mahdollisten riskien lähteet ja tehdä toimenpiteitä, joiden avulla toimitusketjun haavoittuvuutta voidaan välttää tai hillitä. (Vilko 2012.) Adaptaatio on osa riskienhallintaa. Adaptaatiolla tarkoitetaan toimitusketjujen valmistautumista epävarmoihin olosuhteisiin, kuten ilmastonmuutoksesta seuraaviin häiriöihin. (Matos ym. 2024.)

Varautumisstrategioihin liittyy keskustelu siitä, pitäisikö ruokajärjestelmien perustua paikalliseen vai globaaliin tuotantoon, teollisiin vai ekologisiin menetelmiin sekä monokulttuuriseen vai sekaviljelyyn (HLPE 2018; Gomez-Zavaglia ym. 2020). Globaalien toimitusketjujen etuna on niiden joustavuus. Yhden alueen huono satokausi tai tuotantohäiriö voidaan korvata toisen alueen tuotteilla. Tämä hillitsee hintojen nousua ja varmistaa ruoan saatavuuden. Lisäksi globaalit toimitusketjut hyödyntävät usein massatuotantoa ja mittakaavaetuja, mikä voi laskea kustannuksia. Toisaalta globaaleihin toimitusketjuihin liittyy haasteita. Ne ovat monimutkaisia ja haavoittuvia häiriöille, ne tuottavat suuremmat päästöt kuin paikalliset ketjut ja ongelmat ketjun alkupäässä voivat aiheuttaa merkittäviä häiriöitä koko järjestelmän laajuudella. (Gomez-Zavaglia ym. 2020.)

Lyhyet toimitusketjut ovat yleensä paikallisia. Ne eivät ole niin alttiita kansainvälisille häiriöille, kuten ketjujen katkeamiselle tai hintavaihteluille. Niiden ympäristövaikutukset ovat myös usein pienemmät lyhyempien kuljetusmatkojen ansiosta. Toisaalta paikallinen tuotanto ei välttämättä riitä täyttämään väestön tarpeita ja se on alttiimpi sesonkiriippuvuudelle, mikä voi johtaa tarjonnan ja hintojen vaihteluun. (Gomez-Zavaglia ym. 2020.) Erityisesti pitkittyneet häiriöt, kuten useita viikkoja kestävä tulvat, voivat heikentää ruokaturvaa merkittävästi.

Koska monet ruokateollisuuden toimitusketjut ovat globaaleja, on tärkeää tunnistaa ne ketjun tuotteet, jotka ovat peräisin maista tai alueilta, jotka ovat erityisen alttiita ilmastonmuutoksen häiriöihin sekä monipuolistaa hankintalähteitä. Toinen vaihtoehto on tunnistaa ja tukea paikallisia tuotteita ja kannustaa ketjun eri osapuolia kestävämpiin tuotantokäytäntöihin, jotka samalla vähentävät alttiutta toimitusketjuhäiriöille. (Macfadyen ym. 2015, 7.)

4.1.1 Varautumiskeinot alkutuotannossa

Vaikka kaikki toimitusketjun yritykset eivät ole suoraan vuorovaikutuksessa viljelijöiden kanssa, ne ovat yhä enemmän mukana alkutuotannon prosesseissa. Alan toimijoiden on siten tärkeää tunnistaa ja ennakoida ilmastonmuutoksen vaikutukset alkutuotantoon, sillä nämä tekijät vaikuttavat koko ruokatuotannon toimintaan (Baldwin 2015, 15).

Sopeutumisvaihtoehtoja on erilaisia. Ne voivat suuntautua ylhäältä alaspäin, jolloin keinoihin kuuluvat riskienhallintavälineet, kuten vakuutukset, ilmastonmuutoksen seurantakeskukset sekä viranomaisten tukemat varhaisenvaroituksenjärjestelmät. Keinot voivat rakentua myös alhaalta ylöspäin, jolloin vaihtoehtoja ovat tulonlähteiden monipuolistaminen, maaperän ja koko maatalousekosysteemin terveyden edistäminen sekä investoinnit erityislaitteisiin, kuten raekuuroverkkoihin, kasvihuoneisiin ja kasteluun. (Milicevic 2023.)

Kastelu on entistä tarpeellisempaa, sillä veden saatavuus vaihtelee yhä useammilla alueilla äärimmäisten sateiden tai kuivuuden vuoksi, ja sademäärä vaikuttaa sadon onnistumiseen (HLPE 2018). Tehokkaammat kastelujärjestelmät, kuten tippakastelu ja veden tarkempi annostelu voivat vähentää vedenhukkaa. Vaihtoehtoja ovat myös tekoaltaat, sadeveden keräysjärjestelmät ja maanalaiset vesivarastot. Rankkasateiden ja tulvien jälkeen satoa voidaan suojella esimerkiksi viivästäväällä sadonkorjuuta tai käyttämällä lämpökäsittelyä. (Tirado ym. 2010, 13.)

Viljelytuotanto ja ihmisten ravitsemus hyötyvät siemen- ja kotieläinlajikkeista, jotka kestävät vaihtelevia sääolosuhteita, tuholaisia ja tauteja. Näihin lajikkeisiin voi kuulua perinteisiä tai alkuperäisiä lajikkeita, luonnonvaraisia kasveja ja äskettäin kehitettyjä lajikkeita. Ruokien ravintorikkautta voidaan myös yrittää lisätä erilaisilla keinoilla, kuten biofortioinnin avulla, jossa viljelykasvien ravintoarvoa parannetaan jalostusta tai geenitekniikkaa hyödyntämällä (Owino ym. 2022).

4.1.2 Varautumiskeinot käsittelyssä ja jalostuksessa

Myös elintarvikkeiden jalostusvaiheessa tarvitaan varautumiskeinoja. Keskeytykset elintarvikkeiden jalostuksessa uhkaavat ruokaturvaa ja voivat viivästyttää ruokaketjun loppupään toimintoja. Pahimmassa tapauksessa jalostuksen häiriöiden seurauksena voi syntyä merkittäviä määriä ruokajätettä, sillä useat ruoka-aineet, valmisruoat sekä puolivalmisteet ovat herkästi pilaantuvia. (Fanzo ym. 2018.)

Jätteitä ja sivuvirtoja voidaan hyödyntää energianlähteinä, jolloin riippuvuus ulkoisista lähteistä vähenee ja jalostustoimet voivat jatkaa myös myrskyjen aiheuttamien sähkökatkosten aikana (Zhang ym. 2022). Lisäksi ilmastoinnilla voidaan lieventää joitakin ilmastonmuutoksen kielteisiä vaikutuksia elintarvikkeiden jalostuksessa ja jakelussa. Tämä lisää kuitenkin energiankulutusta ja -kustannuksia, ja jäähdytysjärjestelmien arvioidaan jo nykyisellään aiheuttavan 1 prosentin osuuden maailmanlaajuisista hiilidioksidipäästöistä. (Godde ym. 2021.) Energianlähteiden valinnassa tulisi siis kiinnittää huomiota uusiutuviin vaihtoehtoihin, jotka kuormittavat vähemmän ympäristöä.

4.1.3 Varautumiskeinot logistiikassa

Logistiikka on ruokaketjun kriittinen lenkki, ja siihen liittyviin häiriöihin on syytä varautua. Häiriöt logistiikassa uhkaavat niin ruoan jatkokäsittelyä, jälleenmyyntiä kuin kulutustakin. Pitkät toimitusketjut ovat alttiimpia logistiikan häiriöille kuin lyhyet toimitusketjut, minkä vuoksi yritykset yrittävät optimoida logistiikkaansa ja varautua erilaisiin häiriöihin. (Gomez-Zavaglia ym. 2020.)

Logistiikan häiriöitä voidaan ehkäistä monipuolistamalla raaka-ainetoimittajia sekä hyödyntämällä paikallista tuotantoa ja hajauttamalla varastointia. Reaaliaikaisten sääennusteiden hyödyntäminen auttaa kuljetusreittien ja varastosuunnittelun mukauttamisessa muuttuvissa olosuhteissa.

Lämpötilojen nousu lisää jäähdytyksen tarvetta. Suljetut kylmälaitteet, älykkäät lämpötilanhallintajärjestelmät ja magneettinen jäähdytys voivat vähentää jäähdytykseen tarvittavaa energianmäärää, ja samalla turvata ruoan säilyvyyden kuljetuksen aikana. (Gomez-Zavaglia ym. 2020.)

4.2 Ilmastonmuutokseen varautuminen ja resilienssi

Ilmastonmuutoksesta johtuvien häiriöiden vuoksi ruokateollisuuden toimitusketjujen on kyettävä toimimaan epävarmoissa olosuhteissa. Sopeutumisen kannalta resilienssi on tärkeässä roolissa. Resilienssillä tarkoitetaan yrityksen lyhyen aikavälin kykyä sietää tai mukautua häiriöihin (Stone &

Rahimifard, 2018). Toinen tapa määrittää resilienssi on, ”Toimitusketjun resilienssi tarkoittaa järjestelmän kykyä palautua alkuperäiseen tilaansa tai siirtyä uuteen, toivottavampaan tilaan häiriön jälkeen sekä ehkäistä häiriötilojen syntymistä.” (Carvalho ym. 2012a,2012b, Stone & Rahimifard, 2018 mukaan.) Resilienssin merkityksen uskotaan kasvavan, sillä ilmastonmuutos lisää erilaisia häiriöitä ja epävarmuutta.

Ruokaketjut voivat rakentaa resilienssiä monipuolistamalla tuotantokanavia ja varmuusvarastoja sekä kehittämällä vaihtoehtoisia kuljetusreittejä (Ghadge ym. 2020; Tchoukouang ym. 2024). Monipuolisuus vähentää häiriöistä aiheutuvia seurauksia. Redundanssi eli erilaiset varajärjestelmät ja päällekkäisyys, kuten varmuusvarastot, vaihtoehtoiset toimittajat ja joustavat logistiikkaketjut ehkäisevät kriisien vaikutuksia. Modulaarisuudella eli hajautetuilla ja verkostoituneilla ruokajärjestelmillä varmistetaan toimitusketjun eri osien toiminta, mikä ehkäisee koko järjestelmän kaatumista. (Fan ym. 2021.) Kuljetuskapasiteetti vaikuttaa merkittävästi häiriöistä toipumiseen, sillä suurempi kapasiteetti mahdollistaa toimitusten harventamisen, mikä vähentää kuljetuskustannuksia sekä polttoaineen ja kylmäjärjestelmien energiankulutusta (Rojas-Reyes ym. 2024.)

Kestävän kehityksen periaatteet tukevat resilienssiä. Yritykset, jotka panostavat ympäristöystävällisiin ja joustaviin toimintamalleihin, hyötyvät siitä sekä taloudellisesti että toimintavarmuuden kannalta pitkällä aikavälillä. Resilientit ruokajärjestelmät perustuvat monipuolisiin tuotanto- ja jakelukanaviin, ruokahävikin vähentämiseen sekä kestäviin energiaratkaisuihin. Nämä sopeutumistoimet voivat resilienssin lisäksi parantaa ruoan saatavuutta ja ravitsemuksellista turvallisuutta. (Ghadge ym. 2020; Owino ym. 2022, 5.)

Resilienssin kehittämisessä on huomioitava rajat ylittävät ilmastovaikutukset, sillä ne voivat aiheuttaa häiriöitä toimitusketjujen eri vaiheissa ja eri maissa samanaikaisesti. Näiden vaikutusten ymmärtäminen auttaa tunnistamaan, missä yhteistyö eri toimijoiden välillä on välttämätöntä tai hyödyllistä sopeutumisen toteuttamiseksi. (Carter ym. 2021.) Erityisesti tuottajien resilienssin vahvistaminen on tärkeää, jotta voidaan käsitellä tilanteita, joissa ilmastoriskit ja yhteiskunnalliset konfliktit ilmenevät samanaikaisesti (Fan ym. 2021).

Haasteita aiheuttaa resilienssin ja perinteisen talousajattelun yhteensovittaminen. Tehokkuutta ja kustannusten minimointia korostava ajattelu voi olla ristiriidassa varautumiseen vaadittavien investointien kanssa. Onkin tärkeää tehdä työtä eri tieteenalojen kanssa, ja kehittää ratkaisuja, jotka vähentävät ruokajärjestelmän riskejä mutta samalla säilyttävät sen tehokkuuden ja ovat ympäristöystävällisiä. (Fan ym. 2021.)

Toimitusketjujen resilienssi ja riskienhallinta ovat läheisiä käsitteitä. Molemmat pyrkivät vähentämään toimitusketjuun kohdistuvien riskien mahdollisuuksia. Erot liittyvät käsitteiden lähestymistapaan ja aikajänteeseen. Riskienhallinta keskittyy ennakoimaan ja tunnistamaan mahdollisia riskejä, kun resilienssi keskittyy enemmän toimitusketjun sopeutumiskykyyn. Riskienhallinnassa keskitytään lyhyen ja keskipitkien aikavälin riskien vähentämiseen, mutta resilienssi pyrkii kehittämään strategioita, joilla parannetaan pitkän aikavälin sopeutumista. (Rezaei Soufi ym. 2021.)

4.2.1 Vähittäiskaupan rooli resilienssin kehittämisessä

Vähittäiskauppiaille on kasvava rooli ruokaketjun resilienssin rakentamisessa. Ne ostavat merkittävän osan alkutuotannon ja jalostajien tuotteista, ja suurin osa kuluttajista ostaa tuotteensa vähittäiskaupoista. Tämän seurauksena kaupat voivat edistää resilienssien ruokajärjestelmien kehitystä eri tavoin. (Macfadyen ym. 2015).

Vähittäiskaupat voivat kannustaa tuottajia kohti kestäviä viljelykäytäntöjä suosimalla tuotteita, jotka on tuotettu ekologisemmin (Macfadyen ym. 2015.) Suomessa sekä Kesko että S-ryhmä kannustavat omia toimittajiaan kehittämään omia päästötavoitteita (Kesko 2023; S-ryhmä 2023). Kesko on asettanut sen omille hedelmä- ja kasvistuontituotteille vaatimuksen hyvän maataloustuotannon sertifiikatista (GLOBALG.A. P), jonka tarkoituksena on varmistaa, että tuottajat kuluttavat vettä kestävästi. (Kesko 2023.) S-ryhmä taas kerää tietoa sen toimittajien päästövähennystavoitteista ja muista ilmastotoimista (S-ryhmä 2024).

Toimitusvarmuuden turvaamiseksi voidaan hyödyntää myös puskurivarastoja, jotka vähentävät toimituskatkosten aiheuttamia riskejä, sekä joustavia sopimuksia, joissa hinnanvaihtelut on otettu huomioon, vaikka tämä voi siirtää kustannusriskejä toimittajille. (Carter ym. 2021.) Kaupat voivat myös analysoida, miten erilaiset ilmastonmuutoksesta johtuvat häiriöt voivat vaikuttaa suoraan heidän omaan toimintaansa sekä infrastruktuuriinsa. Kesko varautuu ilmastonmuutoksesta seuraaviin häiriöihin simuloimalla olosuhteita tulevaisuuden säädatalla ja huomioimalla sääilmiöiden aiheuttamia riskejä kiinteistöhankeiden suunnittelussa. (Kesko 2023). S-ryhmä huomioi sään lämpenemisen vaikutukset raaka-aineiden saatavuuteen ja tuotantoketjujen jatkuvuuteen hankinnan hajauttamisella ja skenaariotarkasteluilla (S-ryhmä 2024).

Myös kulutus päätökset vaikuttavat ympäristön kestävyys. Vähittäiskaupat voivat ohjata kuluttajien syömään kestävämmiin lisäämällä tietoisuutta tuotteiden ympäristövaikutuksista. Tämä

voi luoda kysyntää kestäville tuotteille ja tukea resilienssiä. (Macfadyen ym. 2015.) Keskon tavoitteena on kannustaa kuluttajia syömään kasvispainotteista ja vegaanista ruokaa sekä vähentää kuluttajien tuottamaa ruokajätettä. (Kesko 2023). Keskon K-ruoka-sovellus tarjoaa asiakkaille kasvisruokareseptejä sekä keinoja, miten kuluttajat voivat hyödyntää ylijäämäruokia. Sovelluksessa on myös hiilialanjälkilaskuri, joka näyttää tietoa asiakkaan ostoskorista. S-ryhmän S-mobiili sovelluksessa kuluttajat voivat tarkastella kuinka monta kiloa vihanneksia ja kasviksia he ovat ostaneet niin vuosi-, kuukausi- ja päivätasolla. (Kesko 2023; S-ryhmä 2023.)

4.2.2 Teknologian rooli toimitusketjujen resilienssissä

Teknologiset ratkaisut ovat keskeisessä roolissa ruokajärjestelmän resilienssin kehittämisessä (Fan ym. 2021.). Internet of Things (IoT) -pohjaiset ratkaisut, tekoäly, lohkoketjuteknologia ja paikkatietojärjestelmät voivat lisätä resilienssiä häiriöiden ennakoinnin, riskienhallinnan ja nopeamman sopeutumisen kautta. (Rojas-Reyes ym. 2024.)

Resilienssin kannalta on tärkeää valvoa tuotteiden alkuperää, toimitusreittejä ja laatua koko toimitusketjun ajan. Yritykset voivat lisätä tuotteidensa jäljitettävyyttä tuotannosta kuluttajalle eri tavoilla, kuten RFID:n, viivakoodien sekä QR-koodien avulla. (Gomez-Zavaglia ym. 2020.) Blockchain-teknologiaa voidaan hyödyntää selvitetessä pilaantuneiden tuotteiden alkuperää, mikä pienentää suurempien haittojen riskiä (Alkhudary ym. 2024).

Ennakoiva varautuminen voi vähentää tuotannon ja logistiikan riskejä. Mallintamisen ja paikkatietojärjestelmiin (GIS) perustuvia varhaisen varoituksen järjestelmiä voidaan hyödyntää istutus, korjuu ja kasteluajankohtien muuttamiseen sekä viljelykasvien ja varastoitujen elintarvikkeiden suojeluun ääri-ilmiöiden varalta. Lisäksi koneoppimisen algoritmit ja tekoälypohjaiset järjestelmät voivat luoda datan avulla tarkempia varoituksia lähestyvistä häiriöistä. (Gomez-Zavaglia ym. 2020)

Tieliikenteen häiriöt, kuten tulvat, myrskyt ja kuumuus voivat keskeyttää toimitusketjuja. Logistiikan optimoinnissa tekoäly ja datan analytiikka voivat auttaa tunnistamaan parhaat kuljetusreitit ja vähentämään viivästyksiä, mikä on erityisen tärkeää ilmastonmuutoksen lisäämien infrastruktuurihäiriöiden, kuten tulvien tai myrskyjen aikana. Lisäksi autonomiset kuljetusratkaisut ja sähköajoneuvot voivat vähentää pitkien toimitusketjujen päästöjä ja parantaa kuljetusten joustavuutta muuttuvissa olosuhteissa (Gomez-Zavaglia ym. 2020.)

Logistiikan toimivuus korostuu erityisesti pilaantuvien tuotteiden kannalta. IoT-pohjaiset sensorit tarjoavat reaaliaikaista tietoa varastointilämpötiloista ja kosteustasoista, mikä on tärkeää

kylmäketjujen optimoinnissa. Parempi kylmäketjujen hallinta vähentää ruokahävikkiä ja varmistaa, että tuotteet pysyvät laadukkaina koko toimitusketjun ajan. (Gomez-Zavaglia ym. 2020)

Toimitusketjujen hallinnassa voidaan hyödyntää NET-teknologioita (engl. negative emissions technologies), joiden tarkoituksena on poistaa kasvihuonekaasuja ilmakehästä ja siten mahdollistaa toimitusketjujen päästöttömyys. Näihin kuuluvat esimerkiksi biohiili, hiilidioksidin talteenotto sekä valtamerien alklinointi. Teknologioiden avulla hiilidioksidia voidaan sitoa ja varastoida kestävästi maaperään, valtameriin tai tuotteisiin, mikä edistää vähäpäästöisiä tai jopa päästöttömiä toimitusketjuja. (Matos ym. 2024.)

5 Kestävä kehitys ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen

5.1 Kestävä ruoantuotanto

Ilmastonmuutokseen varautumiseen liitetään usein kestävä kehitys. Kestävällä kehityksellä tarkoitetaan toimia, joilla pyritään turvaamaan nykyisten ja tulevien sukupolvien elämisen mahdollisuudet (YK 2023). Kestävän kehityksen periaatteisiin liittyy ilmastonmuutoksen hillintä (engl. mitigation), jonka tarkoituksena on kehittää innovaatioita, jotka tukevat kasvihuonekaasupäästöjen ehkäisyä ja vähentämistä ilmakehässä ilmastonmuutoksen vaikutusten lieventämiseksi (Matos ym. 2024).

Eläinperäinen ruokavalio kuluttaa merkittävästi vettä ja aiheuttaa korkeampia kasvihuonekaasupäästöjä verrattuna kasvipohjaisiin vaihtoehtoihin. Kasvipohjaiset ruokavaliot voivat vähentää ruoankulutuksen ympäristövaikutuksia, sillä kasvipohjaisten vaihtoehtojen tuotannossa tarvitaan vähemmän vettä ja ne tuottavat vähemmän kasvihuonekaasuja. Samalla ne edistävät ihmisten terveyttä vähentyneiden ravinnosta johtuvien sairauksien vähenemisen kautta. (Owino ym. 2022.)

Nykyinen ruoantuotanto on riippuvainen muutamista viljelykasveista, kuten vehnästä, riisistä ja maissista, joiden saatavuudessa on esiintynyt haasteita. Vaihtoehtona on laajentaa ruoantuotantoa koskemaan paikallaisia lajeja, jotka ovat ravintorikkaita mutta yleisesti vähän käytettyjä. (Owino ym. 2022.) Esimerkiksi Afrikassa on useita alkuperäisiä viljelykasveja, kuten erilaisia palkokasveja ja kvinoaa, jotka sietävät paremmin kuivuutta ja muita ilmastonmuutokseen liittyviä häiriöitä. Paikalliset viljelymenetelmät ovat alueen olosuhteisiin sopeutuneita, vähemmän riippuvaisia kemiallisista tuotteista, perustuvat ravinteiden kierrättämiseen ja niiden avulla voidaan tuottaa monipuolisempaa sekä ravintorikkaampaa ruokaa. (HLPE 2018, 58.)

Monokulttuurisen tuotannon lisäksi teollisen maatalouden keskiössä ovat koneellistaminen, mittakaavaedut, torjunta-aineet ja antibiootit. Vaikka näillä menetelmillä saadaan lisättyä satojen tuottavuutta ja määrää, voivat ne pitkällä aikavälillä aiheuttaa merkittäviä ympäristöhaittoja ja aiheuttaa antibioottiresistanssia. Keskeinen periaate onkin löytää menetelmä, joka tuottaa riittävästi ravitsevaa ja turvallista ruokaa huomioiden samalla ympäristön. (HLPE 2018.)

Maatalous voi hillitä ilmastonmuutosta regeneratiivisen viljelyn avulla. Regeneratiivisen viljelyn tavoitteena on parantaa maaperän laatua, optimoida resurssien hallintaa sekä vähentää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta samalla, kun parannetaan maatalouden kestävyyttä ja tuottavuutta.

Regeneratiivisen viljelyyn liittyy biohiili. Biohiili tarjoaa mahdollisuuden sitouttaa hiiltä pitkäaikaisesti, parantaa maaperän ravinteikkuutta sekä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. (Schreefel ym. 2020.)

5.2 Kiertotalous osana ilmastonmuutokseen sopeutumista

Kiertotalous tarjoaa vaihtoehtoisen strategian globaaleille toimitusketjuille, sillä se tukee paikallista tuotantoa ja lyhyempiä toimitusketjuja, mikä voi vähentää pitkien ja monimutkaisten globaalien toimitusketjujen haavoittuvuutta ilmastonmuutoksesta ja siitä johtuvista häiriöistä. (Zhang ym. 2022.)

Kiertotalous (engl. Circular Economy) eroaa perinteisestä lineaarisesta talousmallista, jossa luonnonvaroja käytetään, tuotteet valmistetaan ja lopulta hävitetään jätteenä (take-make-waste). Sen tavoitteena on siirtyä suljettuun ja kestäväan järjestelmään, jossa materiaalit, tuotteet ja resurssit pysyvät kierrossa mahdollisimman pitkään, samalla kun jätettä ja ympäristöhaittoja vähennetään. Kiertotalous voi auttaa yrityksiä säästämään luonnonvaroja ja vähentämään riippuvuutta kriittisistä resursseista, kuten vedestä ja neitseellisistä luonnonvaroista. (Zhang ym. 2022.)

Kiertotalouden ratkaisut voivat edistää yrityksiä ympäristönäkökulman lisäksi taloudellisesti. Sivuvirtojen ja jätteiden uusiokäyttö voivat vähentää tuotantokustannuksia ja riippuvuutta raaka-aineista (Gonçalves & Maximo 2023.) Ruokahävikistä voidaan valmistaa biopolttoaineita sekä eläinten rehuja. Myös bioenergiaa voidaan hyödyntää biokaasun ja bioöljyn tuotannossa (Matos ym. 2024). Lisäksi ruoan uudelleenjakelu ja innovatiiviset säilytysmenetelmät, kuten älypakkaukset ja kylmäketjujen optimointi, voivat parantaa ruokaturvaa häiriötilanteissa. Vesikierrätysjärjestelmien ja biopohjaisten materiaalien käyttö voi lieventää ilmastonmuutoksen aiheuttamia resurssipuutteita, sekä toimia vaihtoehtoisina raaka-ainelähteinä toimituskatkosten varalle. (Zhang ym. 2022.)

Suomalaista päivittäistavarakaupoista Kesko ja S-ryhmä ovat nostaneet vuosiraporteissaan esille kiertotalouden merkityksen. Kesko tarjoaa asiakkailleen useita eri jätteiden lajittelupisteitä (Kesko 2023). Molemmat ketjut pyrkivät pitämään raaka-aineet mahdollisimman pitkään mukana kierrossa ja siten vähentämään jätettä, esimerkiksi S-ryhmä valmistaa leipäjätteestä Eko E85 bensiiniä (S-ryhmä 2023).

Vaikka kiertotaloudessa on merkittäviä etuja, liittyy sen käyttöönottoon myös haasteita, kuten suuret investoinnit niin teknologiaan kuin infrastruktuuriin (Zhang ym. 2022). Rahoitus saattaa

painottua uusien elintarvikkeiden kehittämiseen, eikä huomio kiertotalouden periaatteita koko ruokaketjun osalta. Lisäksi kiertotalouden liiketoimintamallit vaativat selkeitä sääntelykehyksiä ja markkinoiden hyväksyntää, mikä tekee niistä alttiita taloudellisille ja poliittisille muutoksille. (Lever & Sonnino 2022.) Haasteita liittyy myös CE rebound -ilmiöön (engl. circular economy rebound), jossa kiertotalous kasvattaa tuotantoa ja raaka-aineiden kulutusta, jolloin saavutetut ympäristöhyödyt voivat osittain kumoutua (Zhang ym. 2022).

6 Yhteenveto

6.1 keskeiset tulokset

Tämän tutkielman tavoitteena oli tarkastella ruokateollisuuden toimitusketjuja, niihin kohdistuvia ilmastonmuutoksesta johtuvia häiriöitä sekä miten näihin erilaisiin häiriöihin voidaan varautua.

Tutkielman alussa määriteltiin ruokateollisuuden keskeiset vaiheet: alkutuotanto, jalostus, jakelu, jälleenmyynti ja kuluttajat. Alan ominaispiirteistä siirryttiin ensimmäisen tutkimuskysymyksen: *millaisia vaikutuksia ilmastonmuutoksella on ruokateollisuuden toimitusketjuihin?*

Kuvio 1 havainnollistaa, miten ilmastonmuutoksen vaikutukset heijastuvat koko toimitusketjuun. Keskeisimmät vaikutukset liittyvät lämpötilan nousuun ja kuumuuden lisääntymiseen, sateisiin ja tulviin, kuivuuteen sekä tuuliin ja myrskyihin. Lämpötilan nousu sekä sateet ja tulvat heikentävät maaperän laatua ja voivat vaikuttaa negatiivisesti ruoantuotantoon. Lisääntyneet lämpötilat lisäävät tarvetta tehokkaalle ilmastoinnille ja kylmäketjuille. Myrskyt ja tulvat voivat keskeyttää raaka-aineiden, jalosteiden sekä valmiiden tuotteiden kuljetuksen, ja häiritä siten kuluttajien ravinnon saantia. Nämä ongelmat siirtyvät ketjun loppupäähän ja näkyvät kuluttajahintojen nousuna sekä tarjonnan epävakauteena.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ruokateollisuuteen				
	Lämpötilan nousu & kuumuus	Sateet ja tulvat	Kuivuus	Tuulet ja myrskyt
Alkutuotanto	Lämpöstressi Satotappiot Maaperän köyhtyminen Ravinnepitoisuuden heikkeneminen Kastelun tarve	Lisääntyneet kasvitautit ja tuholaiset Satotappiot Viljelymaan saastuminen	Kastelun tarve Veden saatavuuden ongelmat Satojen tuottavuuden vaihtelut	Ruoan ravintopitoisuuden heikkeneminen Suolapitoisuuden lisääntyminen Maaperän eroosio
Jalostus	Mikrobiologiset riskit Tuotteiden pilaantuminen	Infrastruktuurivauriot Viivästykset tuotantoketjussa	Muutokset raaka-aineiden laadussa ja määrässä Kustannusten nousu	Infrastruktuurivauriot Prosessien keskeytyminen
Logistiikka	Eläinten lämpöstressi Energian kulutuksen kasvu	Kuljetuksien keskeytyminen Satamien ja teiden tulviminen	Eläinten lämpöstressi Kuljetuksien keskeytykset	Kuljetusreittien vahingoittuminen
Jälleenmyynti	Ruoan laadun heikkeneminen Hintojen nousu	Ruoan laadun heikkeneminen Saatavuuden heikkeneminen	Muutokset tarjonnan laadussa ja määrässä	Rakennuksien vahingoittuminen Muutokset tarjonnan laadussa ja määrässä
Kuluttajat	Ruokaturvan heikkeneminen Hintojen nousu Ruokavaliion muutokset	Ruoan saatavuuden heikkeneminen Mikrobiologiset riskit Hintojen nousu	Ruoan ravintopitoisuuden heikkeneminen Hintojen nousu Saatavuusongelmat	Heikentynyt saatavuus Hintojen nousu

Kuva 1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset ruokateollisuuteen mukailten (Falloon ym. 2022)

Häiriötyyppien tarkastelun jälkeen tutkielmassa siirryttiin toiseen tutkimuskysymykseen *Mitä strategioita ruokateollisuuden yritykset voivat käyttää vähentääkseen häiriöiden vaikutuksia?*

Keskeiset keinot voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan: adaptaation eli sopeutumiseen ja hillintään eli ilmastonmuutoksen vaikutusten ehkäisyyn. Adaptaatio sisältää esimerkiksi viljelylajikkeiden monipuolistamisen, kastelun tehostamisen, tuottajien hajauttamisen sekä teknologian hyödyntämisen. Teknologia tukee laadunvalvontaa, tuotteiden jäljitettävyyttä ja mahdollistaa muun muassa varhaisen varoituksen järjestelmät, joiden avulla voidaan muuttaa kylvön ajankohtaa tai kuljetusreittejä häiriötilanteissa (Er Kara ym. 2021).

Hillintä puolestaan keskittyy ilmastonmuutoksen torjuntaan, muun muassa kestäväen kehityksen ja kiertotalouden keinoin. Kiertotalouden periaate materiaalien jatkuvasta kierrosta, voi olla hyödyllinen ruokaketjuille, jotka ovat todella resurssiriippuvaisia (Zhang ym. 2022).

Kiertotalouden mukaisesti ruokaketjun eri vaiheissa syntyvää jätettä voidaan hyödyntää esimerkiksi energiantuotannossa, mikä vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja parantaa toimitusvarmuutta.

Taulukko 3 kokoaa keskeiset varautumiskeinot toimitusketjun eri vaiheissa. Alkutuotannossa regeneratiivinen viljely voi parantaa maaperän ravinnepitoisuutta, lisätä tuottavuutta ja hillitä päästöjä. Jalostus, logistiikka ja vähittäiskauppa voivat hyödyntää tuotannon sivuvirtoja energianlähteinä sekä suosia lyhyempiä ja paikallisia toimitusketjuja, jotka ovat vähemmän alttiita globaaleille häiriöille. Lisäksi jälleenmyyjät voivat ohjata sekä kuluttajia että tuottajia kohti kestävämpiä valintoja (Macfadyen ym. 2015).

Taulukko 3 Ilmastonmuutokseen varautuminen ruokateollisuuden toimitusketjussa

Toimijat	Alkutuotanto	Jalostus	Logistiikka	Jälleenmyynti	Kuluttajat
	Lajikkeiden monipuolistaminen/uudet lajikkeet kastelujärjestelmät biofortiointi Regeneratiivinen viljely	Laadunvalvonta toimittajien monipuolistaminen paikallinen tuotanto hajautetut varastot kylmälaitteet Paikallinen tuotanto sivuvirrat energianlähteenä	Vaihtoehtoiset reitit Eri kuljetusmuodot hajautetut varastot Varhaisenvaroituksen järjestelmät RFID ja viivakoodit sääennusteiden hyödyntäminen	Vaihtoehtoiset toimittajat Paikallinen tuotanto sivuvirrat energianlähteenä	Kasvisruoka valio jätteiden lajittelu

Tutkimuksessa havaittiin, että paras varautumisstrategia riippuu toimialasta ja yrityksen toimintaympäristöstä. Vaikka globaaleilla toimitusketjuilla on laajat resurssit ja tehokkuusetuja, paikallinen tuotanto voi osoittautua joustavammaksi ja vähemmän alttiiksi ilmastonmuutoksen rajavaikutuksille (HLPE 2018). Varautumisen onnistuminen edellyttää yhteistyötä eri tieteenalojen, poliittisten instituutioiden, yritysten ja maiden välillä. Vaikka varautumiskeinot täytyy määritellä jokaiselle alueelle ja toimialalle niiden erityispiirteet huomioiden, yhteiset säännöt ja terminologia luovat perustaa päätöksenteolle ja tehokkaalle toiminnalle. (Carter ym. 2021; Godde ym. 2021, 9.)

6.2 Johtopäätökset

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat häiriöt ruokateollisuuden toimitusketjuissa ovat osittain väistämättömiä, sillä niiden tarkkaa ajankohtaa tai vaikutusten laajuutta ei voida ennustaa eikä tapahtumien syntyä täysin estää (Huhta & Melin 2023). On olennaista keskittyä toimenpiteisiin, joiden avulla ruokateollisuuden prosesseja onnistutaan jatkamaan häiriöistä huolimatta.

Toiminnan jatkuvuuden kannalta keskeisessä asemassa on toimitusketjujen resilienssi eli yritysten kyky jatkaa toimintaa poikkeusoloista huolimatta, ja palautua häiriöistä nopeasti. Resilienssin vahvistaminen ei ainoastaan auta yrityksiä selviytymään ilmastonmuutoksen vaikutuksista, vaan voi myös lisätä kilpailukykyä ja toimitusvarmuutta muuttuvassa toimintaympäristössä. Keinoja tähän ovat muun muassa hankintakanavien monipuolistaminen, vaihtoehtoiset kuljetusratkaisut sekä investoinnit dataohjattuihin järjestelmiin, jotka mahdollistavat riskien ennakoinnin.

Varautumisen ja sopeutumisen ohella ruokateollisuudella on mahdollisuus vaikuttaa ilmastonmuutoksen etenemiseen vähentämällä päästöjään toimitusketjun kaikissa vaiheissa, alkutuotannosta kulutukseen. Kestävän kehityksen ja kiertotalouden integroiminen ruokateollisuuden toimitusketjuihin voi päästöjen vähentämisen lisäksi parantaa resurssitehokkuutta ja tuotannon tuottavuutta. Samalla tämä voi kuitenkin aiheuttaa ristiriitoja talouskasvutavoitteiden tai eri maiden poliittisten linjausten välillä, sillä mailla on toisistaan poikkeavia tavoitteita ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja siihen varautumisen suhteen. (Falloon ym. 2022, 6.)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ruokajärjestelmiin ovat alueellisesti ja ajallisesti vaihtelevia. Pitkän aikavälin vaikutukset voivat olla joillakin alueilla vähäisiä, kun taas haavoittuvimmat alueet, kuten Saharan eteläpuolinen Afrikka, joutuvat kohtaamaan merkittäviä vaikutuksia (Hedlund ym. 2022). Näiden alueiden sopeutuminen edellyttää usein ulkopuolista tukea ja rahoitusta. Samalla myös kehittyneet maat ovat alttiita ilmastoriskeille, eivätkä voi kokonaan välttää niiden seurauksia.

Gloaalien markkinoiden keskinäisriippuvuuden takia yksittäiset häiriöt voivat heijastua koko toimitusketjuun maantieteellisistä etäisyyksistä riippumatta. Ilmastonmuutoksen aiheuttamien häiriöiden ketjuuntuminen voi näkyä elintarvikkeiden hinnannousuna, toimituskatkoksina ja ruokaturvan heikkenemisenä. Tämän vuoksi ilmastonmuutokseen varautuminen edellyttää jokaisen ruokasektorin yrityksen panosta, sekä kansainvälistä yhteistyötä ruokateollisuuden eri toimijoiden välillä.

Tulevaisuuden tutkimuksen tulisi kohdistua toimitusketjun vähemmän tutkittuihin osiin, kuten elintarvikkeiden jalostamiseen pakkaamiseen, varastointiin, kuljettamiseen ja vähittäiskauppaan. Lisäksi tulisi kiinnittää huomiota toimitusketjujen sisäisiin riippuvuussuhteisiin, joiden kautta häiriöt voivat vaikuttaa myös alueilla, jotka eivät ole häiriön alkulähde. Erityisesti tarvitaan lisää tapaustutkimuksia siitä, miten eri kokoiset ruoka-alan yritykset ovat jo varautuneet toimitusketjuhäiriöihin ja millaisia käytännön toimia ne ovat ottaneet käyttöön ilmastonmuutoksen vaikutusten hallitsemiseksi. Myös keinoja häiriöiden todennäköisyyden vähentämiseksi tulisi kehittää, kestävän kehityksen periaatteet huomioiden.

Lähteet

- Alkhudary, R., Queiroz, M. M., & Féniès, P. (2024). Mitigating the risk of specific supply chain disruptions through blockchain technology. *Supply Chain Forum: An International Journal*, Vol. 25 (1), 1–11. <<https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2090273>>
- Ruokavirasto. Elintarvikkeiden alkutuotanto
<<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/>> ,
haettu 6.3.2025.
- Andreoni, V., & Apollinia, M. (2014). Climatevulnerability of the supply-chain: Literature and methodological review. European Union Publications Office. <<https://data.europa.eu/doi/10.2788/38860>>
- Baldwin, C. (2015). *The 10 principles of food industry sustainability* (1st ed.). Wiley Blackwell.
- Cagliano, R., Caniato, F. F. A., Worley, C. G., Shani, A. B., & Mohrman, S. A. (2016). *Organizing supply chain processes for sustainable innovation in the agri-food industry* (1st ed.). Emerald.
- Carter, T. R., Benzie, M., Campiglio, E., Carlsen, H., Fronzek, S., Hildén, M., Reyer, C. P. O., & West, C. (2021). A conceptual framework for cross-border impacts of climate change. *Global Environmental Change*, Vol. 69, 102307.
- Er Kara, M., Ghadge, A., & Bititci, U. S. (2021). Modelling the impact of climate change risk on supply chain performance. *International Journal of Production Research*, Vol. 59(24), 7317–7335. <<https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1849844>>
- Falloon, P., Bebbler, D. P., Dalin, C., Ingram, J., Mitchell, D., Hartley, T. N., Johnes, P. J., Newbold, T., Challinor, A. J., Finch, J., Galdos, M. V., Petty, C., Cornforth, R., Bhunnoo, R., Pope, E., Enow, A., Borrion, A., Waterson, A., MacNeill, K., & Houldcroft, A. (2022). What do changing weather and climate shocks and stresses mean for the UK food system? *Environmental Research Letters*, Vol. 17 (5), 051001.
- Fan, S., Cho, E. E., Meng, T., & Rue, C. (2021). How to Prevent and Cope with Coincidence of Risks to the Global Food System. *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 46(1), 601–623. <<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-020844>>
- Fanzo, J., Davis, C., McLaren, R., & Choufani, J. (2018). The effect of climate change across food systems: Implications for nutrition outcomes. *Global Food Security*, Vol. 18, 12–19. <<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.06.001>>
- Gaupp, F. (2020). Extreme Events in a Globalized Food System. *One Earth*, Vol. 2(6), 518–521. <<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.001>>

- Ghadge, A., Wurtmann, H., & Seuring, S. (2020). Managing climate change risks in global supply chains: A review and research agenda. *International Journal of Production Research*, Vol. 58(1), 44–64. <<https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1629670>>
- Godde, C. M., Mason-D’Croz, D., Mayberry, D. E., Thornton, P. K., & Herrero, M. (2021). Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. *Global Food Security*, Vol. 28, 100488. <<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488>>
- Gomez-Zavaglia, A., Mejuto, J. C., & Simal-Gandara, J. (2020). Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. *Food Research International*, Vol. 134, 109256. <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>>
- Gonçalves, M. L. M. B. B., & Maximo, G. J. (2023). Circular Economy in the Food Chain: Production, Processing and Waste Management. *Circular Economy and Sustainability*, Vol. 3 (3), 1405–1423. <<https://doi.org/10.1007/s43615-022-00243-0>>
- Govindan, R., & Al-Ansari, T. (2019). Computational decision framework for enhancing resilience of the energy, water and food nexus in risky environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 653–668. <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.015>>
- Hawkes, C – Ruel, M. T. 2011 Value chains for nutrition. 2020 Conference Paper 4. <https://hdl.handle.net/10568/152613>
- HLPE. (2018). Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. September 2017. <<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i7846e>>
- Huhta, E., & Melin, M. (2023). Ilmastonmuutoksen ja sään ääri-ilmiöiden vaikutukset luontoon ja luonnonvaratalouteen: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 118/2023. Luonnonvarakeskus (Luke). <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-849-2>>
- Kesko. (2023). Keskon vuosiraportti 2023. <<https://www.kesko.fi/media/uutiset-ja-tiedotteet/uutiset/2024/keskon-vuosiraportti-2023-on-julkaistu/>> , haettu 13.3.2025
- Kesko. (2024). Keskon vuosiraportti 2024. <<https://www.kesko.fi/media/uutiset-ja-tiedotteet/porssitiedotteet/2025/keskon-vuosiraportti-2024-on-julkaistu/>> , haettu 13.3.2024.
- Lever, J., & Sonnino, R. (2022). Food system transformation for sustainable city-regions: Exploring the potential of circular economies. *Regional Studies*, Vol. 56 (12), 2019–2031. <<https://doi.org/10.1080/00343404.2021.2021168>>
- Luchtenbelt, H., Doelman, J., Bos, A., Daioglou, V., Jägermeyr, J., Müller, C., Stehfest, E., & Van Vuuren, D. (2025). Quantifying food security and mitigation risks consequential to climate change impacts on crop yields. *Environmental Research Letters*, Vol. 20 (1), 014001. <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad97d3>>

- Macfadyen, S., Tylianakis, J. M., Letourneau, D. K., Benton, T. G., Tittonell, P., Perring, M. P., Gómez-Creutzberg, C., Báldi, A., Holland, J. M., Broadhurst, L., Okabe, K., Renwick, A. R., Gemmill-Herren, B., & Smith, H. G. (2015). The role of food retailers in improving resilience in global food supply. *Global Food Security*, 7, 1–8.
<<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.01.001>>
- Matos, S. V., Schleper, M. C., Hall, J. K., Baum, C. M., Low, S., & Sovacool, B. K. (2024). Beyond the new normal for sustainability: Transformative operations and supply chain management for negative emissions. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 44 (13), 263–295. <<https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2024-0487>>
- Milicevic, V.(2023). Research for AGRI Committee: The impact of extreme climate events on agricultural production in the European Union.
<[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU\(2023\)733115](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2023)733115)>
- Owino, V., Kumwenda, C., Ekesa, B., Parker, M. E., Ewoldt, L., Roos, N., Lee, W. T., & Tome, D. (2022). The impact of climate change on food systems, diet quality, nutrition, and health outcomes: A narrative review. *Frontiers in Climate*, 4.
<<https://doi.org/10.3389/fclim.2022.941842>>
- Rahman, M. M., Nguyen, R., & Lu, L. (2022). Multi-level impacts of climate change and supply disruption events on a potato supply chain: An agent-based modeling approach. *Agricultural Systems*, 201, 103469. <<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103469>>
- Rezaei Soufi, H., Esfahanipour, A., & Akbarpour Shirazi, M. (2021). Risk reduction through enhancing risk management by resilience. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 64, 102497. <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102497>>
- Rojas-Reyes, J. J., Rivera-Cadavid, L., & Peña-Orozco, D. L. (2024). Disruptions in the food supply chain: A literature review. *Heliyon*, Vol. 10 (14), e34730.<
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34730>>
- Schmitt, J., Offermann, F., Söder, M., Frühauf, C., & Finger, R. (2022). Extreme weather events cause significant crop yield losses at the farm level in German agriculture. *Food Policy*, 112, 102359. <<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102359>>
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., De Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & Van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404.
<<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100404>>
- Seneviratne. (2021). Climate Change2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change(1. p.). Cambridge University Press. <<https://doi.org/10.1017/9781009157896>>

- S-ryhmä. (2023). S-ryhmän vuosi ja vastuullisuus 2023. <<https://s-ryhma.fi/talous-ja-hallinto/raportit>> , haettu 13.3.2025
- S-ryhmä. (2024). S-ryhmän vuosi ja vastuullisuus 2024. <<https://s-ryhma.fi/talous-ja-hallinto/raportit>>, haettu 1.4.2025
- Stone, J., & Rahimifard, S. (2018). Resilience in agri-food supply chains: A critical analysis of the literature and synthesis of a novel framework. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 23 (3), 207–238. <<https://doi.org/10.1108/SCM-06-2017-0201>>
- Sun, Y., Zhu, S., Wang, D., Duan, J., Lu, H., Yin, H., Tan, C., Zhang, L., Zhao, M., Cai, W., Wang, Y., Hu, Y., Tao, S., & Guan, D. (2024). Global supply chains amplify economic costs of future extreme heat risk. *Nature*, Vol. 627 (8005), 797–804. <<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07147-z>>
- Tchonkouang, R. D., Onyeaka, H., & Nkoutchou, H. (2024). Assessing the vulnerability of food supply chains to climate change-induced disruptions. *Science of The Total Environment*, Vol. 920, 171047. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171047>>
- Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. (2010). Climate change and food safety: A review. *Food Research International*, Vol. 43 (7), 1745–1765. <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003>>
- Vilko, J. (2012). *Approaches to Supply Chain Risk Management: Identification, Analysis and Control*. Lappeenranta University of Technology. <<https://lutpub.lut.fi/handle/10024/74849>>
- Yang, M., Chen, L., Wang, J., Msigwa, G., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2023). Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues. *Environmental Chemistry Letters*, Vol. 21 (1), 55–80. <<https://doi.org/10.1007/s10311-022-01499-6>>
- YK. (2023). Fast Facts—What is Sustainable Development? *United Nations Sustainable Development*. <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2023/08/what-is-sustainable-development/>>, haettu 23.3.2025.
- Zhang, Q., Dhir, A., & Kaur, P. (2022). Circular economy and the food sector: A systematic literature review. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 655–668. <<https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.05.010>>