

Jere Jantunen

TIEKARTTOJA TULEVAISUUTEEN

Sosiotekninen näkökulma kuuden Pohjoismaisen kaupungin
kestävyyssiirtymiin

TIIVISTELMÄ

Jere Jantunen: Tiekarttoja tulevaisuuteen. Sosiotekninen näkökulma kuuden Pohjoismaisen kaupungin kestävyys siirtymiin
Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Sosiologia
Maaliskuu 2020

Ilmastonmuutos ja muut ympäristökriisit ovat pakottaneet yhteiskunnat tavoittelemaan kestävämpiä tuotannon ja kulutuksen tapoja. Hiilineutraaliuden tavoite on noussut osaksi tätä siirtymää kestävämpään tulevaisuuteen. Hiilineutraalius saavutetaan, kun toiminta ei kasvata ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta eli nettopäästöt ovat nolla. Tämä voidaan saavuttaa vähentämällä päästöjä ja kompensoimalla jäljelle jäävät päästöt. Kaupungit väestön keskittymänä ja taloudellisen toiminnan keskuksina ovat keskeisessä asemassa yhteiskuntien tavoitellessa hiilineutraaliutta. Hiilineutraaliuden tavoite kaupunkien viitekehyksessä tarkoittaa erityisesti niiden energiantuotannon, liikenteen ja asumisen järjestelmien muuttamista puhtaammiksi. Näitä järjestelmiä kutsutaan sosioteknisiksi järjestelmiksi, koska niissä kietoutuvat yhteen sosiaaliset ja teknologiset ulottuvuudet muodostaen monimutkaisen kokonaisuuden. Kaupunkien sujuva toiminta on riippuvaista lukuisista sosioteknisistä järjestelmistä.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan kuuden Pohjoismaisen kaupungin julkaisemia toimenpideohjelmiä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Toimenpideohjelmat esittelevät niitä keinoja, joiden avulla kaupungit aikovat toteuttaa siirtymänsä hiilineutraaliuteen. Ne toimivat organisaatioiden toimintaa suuntaavina työkaluina ja viestivät käsillä olevasta muutoksesta. Toimenpiteiden erittelyn ja arvioimisen lisäksi siirtymiä on tarkasteltu niin kutsutun monitasoperspektiivin (engl. multi-level perspective) näkökulmasta. Se on keskitason teoria, jota käytetään analysoimaan kokonaisia tuotannon ja kulutuksen sosioteknisiä järjestelmiä ja kuvaamaan muutosta yhdestä järjestelmästä toiseen. Tutkielmassa on teoriaa apuna käyttäen pyritty arvioimaan tarkemmin minkälaisia siirtymäprosesseja kaupungit tulevat käymään läpi siirtymässään hiilineutraaliuteen.

Avainsanat: Hiilineutraalius, sosiotekninen, kestävyys siirtymä, monitasoperspektiivi, visiointi, kaupunkijärjestelmä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

Sisällys

Sisällys	iii
1 Johdanto	1
2 Kaupunkijärjestelmät, strategiat ja visiot suunnitteluvälineinä sekä sosiotekniset kestävyys siirtymät	4
2.1 Kaupunkijärjestelmät	5
2.2 Strategiat ja visiot suunnitteluvälineinä	8
2.3 Sosiotekniset kestävyys siirtymät	10
2.3.1 Monitasoperspektiivi sosioteknisiin siirtymiin	12
2.3.2 Monitasoperspektiivin muutosprosessit	18
3 Tutkimuksen toteutus ja tutkimusmenetelmät	21
3.1 Aineisto	21
3.2 Aineiston hankinnan prosessi	24
3.3 Laadullinen sisällönanalyysi	24
3.4 Analyysin toteutus	25
4 Analyysi	27
4.1 Helsingin toimenpideohjelma	28
Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus	28
Helsingin nykyiset kasvihuonekaasupäästöt	28
Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset	30
Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset	33
Hiilinielut ja päästöjen kompensointi	36
Ilmastonmuutoksen vaikutusten hillintä Helsingissä	37
Smart & Clean -kasvu ja hiilineutraalius mahdollisuutena	37
4.2 Tampereen toimenpideohjelma	39
Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus	39
Tampereen nykyiset kasvihuonekaasupäästöt	39

Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset	40
Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset.....	41
Muut päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset.....	42
4.3 Turun toimenpideohjelma	43
Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus	43
Turun nykyiset kasvihuonekaasupäästöt.....	43
Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset	44
Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset.....	45
Muut päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset.....	46
4.4 Kööpenhaminan toimenpideohjelma	47
Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus	47
Kööpenhaminan nykyiset kasvihuonekaasupäästöt.....	48
Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset	48
Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset.....	51
Muut päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset.....	52
4.5 Oslon toimenpideohjelma	54
Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus	54
Oslon nykyiset kasvihuonekaasupäästöt.....	56
Oslon päästövähennystoimenpiteet.....	56
4.6 Tukholman toimenpideohjelma	58
Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus	58
Tukholman nykyiset kasvihuonekaasupäästöt.....	61
Energiankulutuksen osa-alueella tehtävät päästövähennykset.....	62
Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset.....	64
Resurssiviisaus, kierrätys ja päästöjen kompensointi	65
4.7 Monitasoperspektiivin muutosprosessit toimenpideohjelmissa.....	67
5 Johtopäätökset.....	68

5.1 Siirtymät kaupunkien sosioteknisissä järjestelmissä.....	68
5.2 Kaupunkien siirtymät monitasoperspektiivin mukaan.....	71
Lähdeviitteet.....	73

1 Johdanto

Tämän työn aiheen valinnan taustalla vaikutti halu ymmärtää paremmin epäselvänä hahmottuvaa yhteiskuntien energiasiirtymää ja yleistä siirtymää kestävämpään tulevaisuuteen. Vuonna 2018 öljy, hiili ja maakaasu vastasivat yhä noin 85% maailman primaarienergiantuotannosta (BP 2019, 11). Yhteiskunnat ovat siis riippuvaisia fossiilisista polttoaineista määrällisesti ja laadullisesti. Samanmuotoista energiaa on oltava saatavilla jatkossakin vähintään yhtä paljon kuin nyt. Fossiilisten polttoaineiden käyttö kuitenkin vähenee väistämättä tulevaisuudessa varantojen ehtyessä ja toisaalta niiden käytöstä aiheutuvien ympäristöongelmien pakottaessa etsimään vaihtoehtoisia energianlähteitä. Siirtymä hiilineutraaliuteen on ensimmäinen todellinen yritys siirtyä jälkifossiiliseen yhteiskuntaan. Lukuisat valtiot, kaupungit ja yritykset ovatkin julkaisseet hiilineutraaliustavoitteensa ja hiilineutraalius on noussut osaksi yleistä julkista keskustelua.

Globaali energiajärjestelmä ja sen vaatima infrastruktuuri ovat muotoutuneet vuosikymmenten saatossa fossiilisten polttoaineiden varaan. Koko globaali talousjärjestelmä erilaisineen osajärjestelmineen on syvästi riippuvainen runsaasti tarjolla olevista halvoista fossiilisista polttoaineista, erityisesti öljystä. Öljy liikuttaa käytännössä kaikkia maailman ihmisiä, materiaaleja, elintarvikkeita ja muita hyödykkeitä maiden sisällä ja ympäri maailman. Se on huomattavan monikäyttöistä, kätevää ja koko 1900-luvun se oli myös suhteellisen halpaa, varsinkaan kun sen käytöstä aiheutuneita ympäristöongelmia ei lisätty sen hintaan, vaan niiden hoitaminen pystyttiin ulkoistamaan luonnonjärjestelmien osaksi. (Urry 2010, 195.) Luodessamme energiasiirtymäsuunnitelmia meidän on aloitettava fossiilisista polttoaineista. Niin kauan kuin ne pystyvät vastaamaan kysyntään markkinoilla, vaihtoehtoisilla energianlähteillä on suuria vaikeuksia vallata markkinaosuuksia. Suuri haaste vaihtoehtoisille energiajärjestelmille on tuottaa merkittäviä määriä energiaa, juuri silloin kun kysyntää on. Energia on keskeinen hyödyke, joten maailman markkinat tarvitsevat sitä ylimääräistä kapasiteettia toimiakseen kunnolla. Jos energian tuotantokapasiteetti voi ainoastaan vastata kysyntään, järjestelmä on markkinahäiriön partaalla. Tämän vuoksi yhteiskuntien on suunniteltava ja varauduttava erittäin tarkasti tuleviin energiasiirtymiin. Esimerkiksi öljyn ylijäämäkapasiteetin tuotanto on ollut noin viisi prosenttia koko globaalista kokonaistuotannosta, eli kahdesta neljään miljoonaa barreliä päivässä, kahtena viime vuosikymmenenä. Tämä on energiamäärältään enemmän kuin globaalit aurinko- tuuli- ja bioenergiasektorit tuottavat yhteensä. Suosituimmat vaihtoehdot tuleviksi pääenergianlähteiksi tuottavat siis tällä hetkellä yhtä paljon energiaa, kuin mitä öljyä on pidettävä reservissä markkinoiden

vakauden vuoksi. (Ebenhack & Martinez 2013, 161–162.) Energiatarjontamme sisältääkin valtavia kustannuksia ja riskejä, jotka juontavat juurensa tämän sosioteknisen järjestelmämme ominaispiirteistä (Van de Graaf 2013, 25).

1900-luvun aikana luotiin lukuisia voimakkaita hiili-intensiivisiä ja polkuriippuvaisia järjestelmiä, joiden mukana syntyi myös erilaisia taloudellisia ja sosiaalisia instituutioita. Siirtyminen hiilineutraaliin yhteiskuntaan vaatii myös tämän sosiaalisen elämän täydellistä uudelleen organisoimista. Saavuttaaksemme tämän tavoitteen, tulevaisuusskenaarioiden on esiteltävä hiilineutraaleja ihmistoiminnan malleja, joista tulee uusi normaali, ohjaten näin yhteiskunnat uudelle polkuriippuvaiselle uralle. Tuodaksemme tämän muutoksen käytäntöön, tarvitsemme laajaa monitieteellistä tutkimusta, jonka avulla voimme selvittää miten toteuttaa erilaisten sosiaalisten järjestelmien ja käytäntöjen monimutkaisia siirtymiä. (Urry 2010, 198.) Hiilineutraaliuteen siirtyminen voi myös tarkoittaa, että yhteiskuntien on siirryttävä ylimääräisen energian suomasta ylimäärien yhteiskunnista energianiukempaan tulevaisuuteen. Fossiilisille polttoaineille vaihtoehdot energianlähteet eivät tarjoa enää samaa runsautta mikä oli ennen tavallista ja ainoa tie eteenpäin on tuotannon ja kulutuksen merkittävä vähentäminen (Leahy 2008, 480). Tämä mullistaa pakostakin kulutuskeskeisen elämäntapamme. Resilienssi ja joustavuus ovat keskeisiä tekijöitä yhteiskunnan sopeutuessa uuteen tilanteeseen. Erilaisia tulevaisuuksia rajoittavat perityt, muokkaantuvat ja yhteisesti kehittyvät järjestelmät ja emergentit ristiriitaisuudet (Urry 2010, 208).

Aikaisemmat energiasiirtymät ovat korvaamisen sijaan täydentäneet jo olemassa olevaa energiapalettia ja tarjonneet oman lisänsä kasvavaan kokonaisenergian kulutukseen. Nyt käsillämme oleva siirtymä hiilineutraaliin tulevaisuuteen tarkoittaa käytännössä kulutuksen absoluuttista vähentämistä, sillä olemme korvaamassa jo olemassa olevia energialähteitä, emme lisäämässä uusia niiden lisäksi. On vaikea kuvitella sellainen siirtymä, jonka tekisimme alhaisilla kustannuksilla, helposti ja ilman merkittäviä muutoksia nykyisiin yhteiskunnallisiin, sosiaalisiin, poliittisiin ja taloudellisiin instituutioihin ja tapoihimme olla ja toimia.

Energiajärjestelmien muutoksia on tutkittu jo pitkään. Tutkimukset kertovat, että ne ovat vaikeita ja paljon aikaa vieviä prosesseja. Siirtymät kohtuuhintaiseen ja vähähiiliseen energiajärjestelmään toteutuvat helpommin, kun käytössä on laaja valikoima erilaisia käytettävissä olevia teknologioita, joiden avulla toteuttaa muutos järjestelmän koostumuksessa. Tutkimukset, joissa päästään energiajärjestelmän koostumuksen osalta uusiin lopputuloksiin, mutta joissa ei oteta kantaa muiden huomioonottamiin tekijöihin, tehdään suuri määrä tukemattomia oletuksia ja käytetään tärkeitä

tekijöitä sivuuttavia yksinkertaisia malleja, sisältävät väistämättä olennaisia virheitä ja täten poikkeavia tuloksia ei voida pitää uutena löytönä. (Clack et al. 2017, 6727.)

Tämän hetken ympäristöongelmat, kuten ilmastonmuutos, biodiversiteetin katoaminen ja resurssien hupeneminen asettavat yhteiskunnille valtavia haasteita. Näihin ongelmiin vastaaminen vaatii syviä rakenteellisia muutoksia muun muassa energiantuotanto-, liikenne- ja ruokajärjestelmissä. Tällaisia järjestelmätason muutoksia kutsutaan usein sosioteknisiksi siirtymiksi, sillä ne edellyttävät teknologisten ja infrastruktuuristen muutosten lisäksi muutoksia myös politiikassa, markkinoilla, kulutuskäytännöissä, kulttuurisissa merkityksissä ja tieteellisessä osaamisessa. Ne ovat monimutkaisia ja pitkäkestoisia prosesseja, joita ovat toteuttamassa muun muassa yritykset, kuluttajat, kansalaisyhteiskunta, tieteen tekijät sekä poliitikot ja muut päättäjät. (Geels 2011, 24.)

Vastatakseen hiilineutraaliuden asettamiin haasteisiin lukuisat kaupungit ovat julkaisseet suunnitelmia, miten toteuttaa siirtymä hiilineutraaliuteen ja kestävämpään tulevaisuuteen. Minä haluan ymmärtää näitä siirtymiä erityisesti pohjoismaisessa viitekehyksessä. Haluan tietää, miten kaupungit aikovat toteuttaa nämä siirtymät ja mitä haasteita niihin sisältyy. Vastatakseni näihin kysymyksiin analysoin kuuden pohjoismaisen kaupungin hiilineutraaliussuunnitelmia. Kyseenalaistan strategioiden ilmiselvyyden. Lisäksi pohdin, mikä on kaupunkien asema järjestelmätason sosioteknisissä kestävyys siirtymissä. Pystyvätkö kaupungit luomaan systeemisiä muutoksia sosioteknisissä verkostoissa? Minkälaisia sosioteknisten kokoonpanojen uudelleen muotoutumisia suunnitelmat kuvailevat? Käytän apuna työssäni sosioteknisten muutosten analyysivälineenä käytettyä monitasoperspektiiviä (engl. multi-level perspective on sociotechnical transitions), joka toimii analyysini teoreettisena taustana ja ohjaa sen tulkintaa alustavan sisällönanalyysivaiheen jälkeen.

Tutkimuskysymykseni ovat seuraavat:

1. Miten kaupungit aikovat toteuttaa siirtymän hiilineutraaliuteen toimenpideohjelmiansa mukaan?
2. Minkälaisia monitasoperspektiivin mukaisia muutosprosesseja kaupunkien sosiotekniset järjestelmät tulevat toimenpideohjelmien mukaan käymään läpi?

2 Kaupunkijärjestelmät, strategiat ja visiot suunnitteluvälineinä sekä sosiotekniset kestävyys siirtymät

Tämän tutkielman teoreettinen tausta tulee sosioteknisten järjestelmien muutosten tutkimuksesta. Sosioteknisten muutosten tutkimus tarjoaa välineitä laajojen pitkän aikavälin järjestelmätason siirtymien tarkasteluun. Sen teoreettinen tausta on innovaatiotutkimuksen ja tieteen- ja teknologiantutkimuksen tieteenaloilla (Smith et al. 2010, 436). Muutoksen ymmärtäminen on erilaisten sosioteknisten kokoonpanojen emergenttien ominaisuuksien kuvailua ja analysoimista (Berkhout et al. 2005). Sosioteknisten järjestelmien muutoksia voidaan kutsua kestävyys siirtymiksi (engl. sustainability transition), kun yhteiskunnassa tähdätään muuttamaan sen tuotannon ja kulutuksen prosesseja kestävämmiksi. Nämä siirtymät ovat seurausta yhteiskunnallisesta innovatiivisuudesta, jossa nykyiset tavat tehdä asioita haastetaan ja muutetaan ja jonka kautta ”vähemmän resurssi-intensiiviset hallintotavat, rutiinit, osaaminen, markkinat ja odotukset ottavat jalansijaa” (Shove 2010, 281). Meidän on siirryttävä resurssi-intensiivisestä yhteiskunnasta kestävämpään tulevaisuuteen. Toimenpideohjelmat toimivat näiden siirtymien suunnitteluvälineinä, joiden avulla voidaan yhdistää lyhyen aikavälin tavoitteet pitkän aikavälin päämääriin sekä auttaa hahmottamaan erilaisia mahdollisia tulevaisuuksia. Niiden on tarkoitus ohjata erilaisia toimijoita ja organisaatioita käynnistämään kollektiivisen muutoksen mahdollistavia teknologisia ja institutionaalisia läpimurtoja.

Se, mitä on kutsuttu materiaaliseksi käännökseksi, on nostanut tarkastelun keskiöön inhimillisen ja ei-inhimillisen häilyvärajaisessa ja yhteen kietoutuneessa yhtymäkohdassa olevat kokoonpanot osana ihmisten ja heidän fyysisen ympäristönsä yhteistä vuorovaikutusta (Shove 2010, 280). Myös sosiotekninen näkökulma tarkastelee vuorovaikutusta yhteiskunnan kompleksisten järjestelmien ja ihmiskäyttäytymisen välillä. Kestävyys siirtymät eivät ole seurausta ainoastaan uusien teknologioiden leviämisestä, vaan ne edellyttävät välttämättä muutoksia myös ”markkinoissa, säännöksissä, käytännöissä, infrastruktuureissa ja kulttuurisissa merkityksissä” (Geels et al. 2004, 1). Tämän hetken sosiaaliset käytännöt muokkaavat niiden omaa tulevaisuuden kehitystä (Shove 2010, 281).

Kestävyys siirtymiä koskevan tutkimuksen täytyy tunnistaa kestävä kehityksen normatiivisuus ja kuvailu perustavanlaatuisesti muutettavia asioita. Siinä on osattava tunnistaa ja erottaa toisistaan yksilötasoinen toimijuus ja yhteiskunnallisella tasolla tapahtuvat rakenteelliset muutokset.

Yhteiskunnallisesti merkityksellisen kestävyys siirtymää koskevan tutkimuksen on tuotettava muutokseen tähtäävää tietoa. (Rauschmayer et al. 2015, 219.)

2.1 Kaupunkijärjestelmät

Kytken tutkimuksen kompleksisten järjestelmien muutoksia tarkastelemaan tutkimusperinteeseen, jota sosioteknisen näkökulman voidaan katsoa edustavan. Kompleksisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että jokin kokonaisuus koostuu monesta toisiinsa vaikuttavasta osasta, jotka muodostavat yhdessä kokonaisuuden, joka on enemmän kuin osiensa summa. Tarkasteluun valitut kaupungit toimivat esimerkkeinä kompleksisista järjestelmistä. Kaupunkijärjestelmät toimivat monella tapaa kuten elävät organismit. Ne käsittelevät resursseja, kuten vettä, energiaa ja materiaaleja, luovat ja uusintavat infrastruktuurijärjestelmiä ja palveluita sekä tuottavat jätteitä. Kaupunkialueet vievät vain noin 2 prosenttia maapallon pinta-alasta, mutta väestön ja taloudellisen toimeliaisuuden keskuksina ne ovat maailman pääasiallisia resurssiniveluja sekä päästöjen ja jätteiden lähteitä. Kompleksiset ja keskinäisriippuvaiset sosiotekniset järjestelmät mahdollistavat tiiviiden kaupunkialueiden olemassaolon. (Xu et al 2010, 4038–4039.) Kaupunki-infrastruktuurit kestävät yleensä 50–100 vuotta, ja 90 prosenttia niihin liittyvistä ympäristövaikutuksista muodostuu käyttövaiheessa (Junnila et al. 2006). Kaupunki-infrastruktuurien määrän odotetaan lisääntyvän 40 prosenttia vuosien 2000 ja 2030 välillä, joten tässä on mahdollisuus muuttaa merkittävästi sitä, kuinka kaupunkiyhteisöt kuluttavat resursseja ja tuottavat sekä käsittelevät jätteitään. Tämän tavoitteen saavuttaminen vaatii kuitenkin toteutuakseen parempaa ymmärrystä sosioteknisten kaupunkijärjestelmien kompleksisuudesta ja keskinäisestä vuorovaikutuksesta. (Xu et al. 2010, 4038–4039.)

Kaupunki-infrastruktuurit välittävät siirto- ja jakeluverkostoillaan tärkeitä julkisia resursseja ja palveluita liikenteen, energian, tietoliikenteen ja vesihuollon kautta. Erilaisista infrastruktuureista muodostuvat verkostot ovat puolestaan yhä keskinäisriippuvaisempia toisistaan, ja tämä keskinäisriippuvaisuus vain lisääntyy, kun verkostoihin lisätään infrastruktuurien kapasiteettia ja toimintaa parantavia teknologioita. Tällä verkostojen integroitumisella on positiivisia seurauksia, jotka ilmenevät infrastruktuurien toiminnan mahdollisena tehostumisena, alhaisempina investointikustannuksina ja parantuneina elinolosuhteina, mutta haittapuolena voi olla lisääntyvä epävarmuus mahdollisissa häiriötilanteissa. (Zimmerman 2005, 67.)

Keskinäisriippuvuuden suomia hyötyjä voi olla mahdotonta saada haltuun ilman, että joudutaan hyväksymään sen mukanaan tuoma järjestelmän resilienssin heikkeneminen tai haurauden lisääntyminen (Centeno et al. 2015, 76). Maailmassa on yhä enemmän järjestelmiä, joissa informaatioteknologiajärjestelmät yhdistyvät kriittisiin fyysisiin infrastruktuureihin (Rinaldi et al. 2001). Kaikki muut globaalit järjestelmät ovat puolestaan riippuvaisia informaatioteknologiajärjestelmien ja kriittisten fyysisten infrastruktuurien yhteen kytkeytymisestä. Globalisaation myötä on syntynyt tiukasti yhteen liittynyt keskinäisriippuvainen virtojen järjestelmä. Tämä verkottunut maailma on myös riippuvainen suhteellisen vakaasta ilmastosta. Ilmastonmuutos puolestaan heikentää kykyämme ennustaa ilmastoa ja lisää sään ääri-ilmiöitä. Ennustettavuus on modernin kapitalistisen järjestelmän yksi keskeisistä ominaisuuksista ja tärkeää sen sujuvalle toiminnalle. Yhteiskuntien lisääntynyt kompleksisuus on toiminut muokkaantuvana ongelmanratkaisustrategiana, jota lisäämällä on pystytty sopeutumaan yhä uudenaikaisiin ympäristöihin ja niiden muutoksiin (Tainter 1988, 8). Kompleksisuuden lisääntymisellä on toisaalta ollut merkittäviä kuluja kuten jatkuvasti kasvava energiankulutus ja mahdollinen organisatoristen ja teknologisten kehitysten rajahyödyn aleneminen (Centeno et al. 2015).

Kaupungit ovat siis yhä riippuvaisempia useiden teknologisten verkostojen sujuvasta toiminnasta. Toisaalta ne ovat paikkoja, joissa uusia verkostoja kehittäviä teknologisia, sosiaalisia ja taloudellisia innovaatioita kehitetään. Verkostojen kehittyminen on erilaisten järjestelmien, käyttäjien ja instituutioiden monimutkaisen yhteisen rakentumisen seurausta. Erilaiset teknologiat ja yhteiskunta kehittyvät siis samanaikaisesti toinen toisiinsa vaikuttaen. (Coutard et al. 2005, 1–2.)

Taloudelliset, ekologiset, väestölliset ja institutionaaliset rajoitteet ovat luoneet uusia haasteita ja paineita kaupunkien kasvulle ja niiden kriittisen infrastruktuurin hallinnoimiselle. Nämä haasteet ovat samankaltaisia ympäri maailman, mutta se miten ne koetaan ja niihin vastataan, vaihtelee kaupunkien välillä ja sisällä. Nämä vastaukset määrittelevät kaupunkien infrastruktuurijärjestelmien tulevia sosiaalisia ja teknologisia kokoonpanoja. Siirtymät kaupunkien infrastruktuurien kokoonpanoissa vaativat uusia ja tehokkaita vuorovaikutteisesti tuotettuja ja kommunikoituja kaupunkeihin liittyvän tiedon muotoja. (Hodson & Marvin 2010, 477.) Kaupunkien julkaisemat hiilineutraaliussuunnitelmat tuottavat uutta tietoa päästötavoitteista ja niiden saavuttamiskeinoista. Kaupungit ovat yleensä tuottaneet ne vuorovaikutuksessa eri intressiryhmien kanssa, ja ne tähtäävät viestimään kaupungin tavoitteista sisäisesti ja ulkoisesti.

Kaupungit kehittävät ja pyrkivät ottamaan käyttöön strategisia ratkaisuja makrotason muutoksiin järjestämällä uudelleen kaupunkialueidensa infrastruktuurien sosioteknisiä järjestelmiä. Valtioiden taas pyrkivät varmistamaan jatkuvan pääsyn taloudellisen ja sosiaalisen toiminnan takaaviin resursseihin. Kysymykset resurssivarmuudesta ovat sisäistyneet ja kietoutuneet yhteen valtioiden ensisijaisten vastualueiden kuten sosiaalisen hyvinvoinnin ja taloudellisen kilpailukyvyn kanssa. Nämä ovat kuitenkin myös yhä tärkeämpiä asioita kaupunkitasolla. (Hodson & Marvin 2010, 478.) Kiihkeän globaalin kilpailun maailmassa kansallisilla valtioilla on moninaisia strategisia suhteita eri alueisiinsa (Brenner 2004).

Valtiot ja kaupungit yrittävät ylläpitää taloudellista kasvua eri paikkojen kesken voimakkaasti kilpailuilla globaaleilla markkinoilla. Samaan aikaan käydään jatkuvaa geopolittista kilpailua taloudellisen kasvun mahdollistavista energia-, vesi-, ja ruokaresursseista. Kiihtyvää kaupungistumista ja kaupungeissa luodun taloudellisen kasvun yhä suurempi osuus ovat nykyisiä ja tulevaisuuden megatrendejä. Kaupunkien on rakennettava ja muokattava infrastruktuurijärjestelmänsä nämä trendit ja erilaiset ympäristöongelmat mielessä. Tehokkaat vastaukset infrastruktuurien kohtaamiin paineisiin riippuvat siitä, miltä näkökannalta ongelmia tarkastellaan. Moninaisia haasteita on ratkaisemassa monet erilaiset toimijat, jotka toimivat lukuisilla eri tasoilla, ylikansallisista instituutioista paikallisiin pienyrityksiin, kotitalouksiin ja yksilöihin. Kaupungit kehittävät tämän vuoksi strategisempaa otetta tulevaisuuden resurssi- ja infrastruktuurivaatimuksia kohti. Kaupungit yrittävät varmistaa resurssien saatavuuden kollektiivisten palvelujärjestelmiensä sisään. Tämä johtaa uudenlaisten sosioteknisten infrastruktuurijärjestelmien kehitykseen. Huolehtiessaan kyvyistään taata asukkailleen resursseja kaupungit ovat alkaneet julkaisemaan kaupunkien uudelleen muokkaamista esitteleviä strategioita. (Hodson & Marvin 2010, 478.)

Globaalia ekosysteemiä on ajateltava yhtenä kokonaisuutena, jota ei voida muokata loputtomasti ilman valtavan vahingollisia seurauksia. Ihmisten kyky innovoida ja rakentaa uusia asioita ja materiaaleja uusilla tavoilla on vienyt pohjaa malthusilaisilta resurssien loppumisen oletuksilta. Ilmastonmuutoksen tapauksessa ongelmana on fossiilisten polttoaineiden liiallinen määrä, ei niiden vähäisyys. Ihmiskunta luo voimakkaasti tulevaisuuttaan, mutta sillä ei ole tehokkaita hallintamekanismeja muokatakseen luomisvoimaansa. Tällaisten instituutioiden synnyttäminen vaatii lukuisia sosiaalisia ja poliittisia innovaatioita, mutta myös selkeän kuvan ihmiskunnan toiminnan ekologisista rajoista sekä niistä rajakynnyksistä, joita ei voida ylittää ekologisten katastrofien välttämiseksi. (Dalby 2017, 242–243.)

Kaupunkien toimenpideohjelmat ovat osa strategista suunnittelua, joiden avulla ne yrittävät luoda omat sosiotekniset järjestelmänsä uudestaan vastauksena ilmastonmuutoksen ja resurssien ehtymisen aiheuttamiin pitkän aikavälin kaupunkikohtaisiin ongelmiin. Kaupungit pyrkivät vähentämään riippuvaisuuttaan ulkoisista resursseista ja tehostamaan aineiden kiertoa hyödyntäviä järjestelmiä. Tämä kaupunkien infrastruktuurijärjestelmien keskeisissä sosioteknisissä kokoonpanoissa toteutettava hallittu systeeminen muutos on edellytys hiilineutraaliuden saavuttamiseksi.

2.2 Strategiat ja visiot suunnitteluvälineinä

Tulevaisuutta rakennetaan ja suunnitellaan jatkuvasti. Tänään tehdyillä päätöksillä on kauaskantoisia ja moninaisia seurauksia. Yhteisistä asioita päättäminen ja asioiden läpi vieminen voi olla hidasta ja resursseja kuluttavaa toimintaa. Päätös rakentaa vesistön ylittävä kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen silta vaatii vuosien suunnittelua ja poliittista vääntöä, ja jos silta päätetään rakentaa, se seisoo yleensä paikallaan vuosikymmeniä ellei -satoja ja vaikuttaa olemassaolollaan tuleviin päätöksiin. Näin pitkälle tulevaisuuteen vaikuttavia päätöksiä pitää suunnitella tarkkaan ja suunniteltaessa mielessä on usein jokin näkemys tulevaisuudesta – visio – minkälaista tulevaisuutta toivotaan ja odotetaan (Berninger 2012, 11). Visiointi on prosessi, jossa määritellään tulevaa maailmaa. Visiot ovat harkitun epämääräisiä, mutta silti suuntaa näyttäviä. Ne kuvaavat tulevaa toiminnan ympäristöä ja eri toimijoiden asemia siinä, mutta eivät kerro näiden tarkkoja kokoonpanoja tai toimintatapoja. Vision viestinnän on oltava puoleensavetävää, ja ihmisten on pystyttävä näkemään itsensä osana visiota. Visio piirtää kuvaa tulevaisuuden tilasta, joka on jotain muuta kuin nykytila. Kompleksisina avoimina järjestelminä yhteiskuntien suunta on kohti suurempaa epäjärjestystä, ja tulevaisuuden tila on joka tapauksessa erilainen kuin mennyt tila, eli muutos on jatkuvaa. Tulevaisuus ja muutostilanne ovat aina epävarmoja, mutta informaatio vähentää epätietoisuutta. Tämän vuoksi organisaatiot pyrkivät lisäämään toimintansa rakenteisuutta ja ennustettavuutta erilaisten ohjeiden, sääntöjen ja toimintatapojen kautta. Visiot auttavat tässä suuntaamalla organisaation toimintaa ja toimimalla muutoksesta viestimisen työkaluina. Vision julkistamisen myötä siihen voidaan sitoutua ja sitä voidaan lähteä toteuttamaan. (Åberg 2006, 70–71, 120–131.)

Yhteistä visiota tarvitaan, koska esimerkiksi innovaatioiden kaupallistaminen ja kehitystyö ovat riippuvaisia monista eri toimijoista. Yhteisen vision rakentaminen kannustaa sitoutumaan pitkän

aikavälin tavoitteisiin ja ohjaamaan eri toimijoita kohti keskinäisiä tavoitteita. Toimenpideohjelmaa voidaan käyttää apuvälineenä järjestelmätason muutokseen tähtäävän politiikan suunnittelussa. Niiden avulla voidaan tunnistaa piilevää yhteiskunnallista kysyntää esimerkiksi kestävyteen liittyvissä asioissa. Erityisesti kun olemassa olevista teknologioista on aiheutunut suuria kustannuksia, järjestelmä on usein lukkiutunut teknologisiin vaihtoehtoihin, joita halutaan lähteä muuttamaan esimerkiksi sosiaalisten syiden vuoksi ja jotka eivät automaattisesti muutu pelkkien markkinamekanismien avulla. Toimenpideohjelmat voivat auttaa ilmaisemaan näitä tarpeita selkeämmin ja yhdistää ne nousevaan teknologiseen ja teolliseen kehitykseen. Järjestelmätason muutosta voidaan helpottaa erilaisilla poliittisilla ratkaisuilla, kuten muokkaamalla sääntelyä ja verotusta tai luomalla uusien teknologioiden omaksumista helpottavia ohjauskeinoja. (Ahlqvist et al. 2012, 181.)

Toimenpideohjelmissa pyritään luomaan strategisia ohjeita tarvittavien toimien tunnistamiseksi, jotta siirtymä kohti yhteistä visiota on mahdollista. Se voi myös tarjota monipuolisemman näkökulman teknologian ja innovaatioiden kehityksen ja siihen liittyvien poliittisten ohjausvälineiden ajalliseen järjestämiseen. Toimenpideohjelmat ovat ennakoinnin muoto, joka voi auttaa tulevien riippuvuuksien verkostojen käsittelemisessä. Ennakointi luo yhteyksiä useiden erilaisia näkökulmia ja rajallista tietoa omaavien sidosryhmien välille ja mahdollistaa niiden yhteensovittamisen yhteisiin pitkän aikavälin tavoitteisiin. Ennakointiprosessit voivat tuottaa tuloksia, jotka johtuvat useiden sidosryhmien välisestä vuorovaikutuksesta. Systemisen ennakointiprosessin onnistumista voitaisiin arvioida esimerkiksi sen useille sidosryhmille luomilla, tärkeiksi osoittautuvilla ideoilla tai prosessin aikana sidosryhmien välille muodostuneiden uusien yhteyksien määrällä. (Ahlqvist et al. 2012, 189.)

Innovaatioiden leviäminen riippuu usein infrastruktuureissa, informaatiojärjestelmissä, organisaatiokäytännöissä ja sosiaalisissa instituutioissa tapahtuvista muutoksista. Toimenpideohjelmien luominen voi auttaa näiden osatekijöiden ja niihin liittyvien keskinäisten riippuvuuksien tunnistamisessa. Kaupallisten innovaatioiden laajamittainen leviäminen edellyttää myös markkinoiden syntymistä näille uusille tuotteille. Tällaisten markkinoiden syntyminen puolestaan riippuu usein muiden assosioituneiden instituutioiden muodostumisesta. Tällaiset instituutiot voivat olla muodollisia, kuten sääntely ja standardit, tai epävirallisia, kuten uusien organisaatioiden väliset kumppanuudet. Näitä yhteiskunnallisia tekijöitä voidaan hahmottaa myös toimenpideohjelmien avulla. (Ahlqvist et al. 2012, 189.)

Jopa sellaisten siirtymien viitekehyksessä, joissa lopputulemat ovat kiistanalaisia tai vain osittain ymmärrettyjä, ideat tietynlaisesta tulevaisuudesta ovat elintärkeitä kuvitellaksemme ja motivoidaksemme muutoksen mahdollisuuksia. Tulevien systeemisten innovaatioiden visioimisella on useita tarkoituksia. Visiot tunnistavat sosioteknisten toimintojen ja niiden toteutuskeinojen mahdollisia vaihtoehtoja. Ne toimivat myös ongelmia määrittävinä työkaluina tunnistuen teknisiä, institutionaalisia ja käyttäytymiseen liittyviä ongelmia, jotka pitää ratkaista. Visiot luovat vakaan viitekehysten teknologisia ja muita innovaatiotoimintoja toteuttaville yhteistyöverkostoille, jonka avulla voi asettaa päämääriä ja seurata niiden edistymistä. Lisäksi visioita voidaan käyttää tunnuksena keskeisten visiota toteuttavien jäsenten ulkopuolisen avun järjestämisessä. (Smith et al. 2005, 1506.)

Visioita ja odotuksia jäsentävät tarinat ovat tärkeitä eri toimijoiden tuomiseksi yhteen. Ne syntyvät usein vastaamaan erityisistä olosuhteista aiheutuvaan tarpeeseen ja toisaalta ne on usein suunnattu erityiselle yleisölle. Lisäksi muutosprosessi itsessään voi pakottaa muuttamaan visiota. Alkuperäinen visio voikin usein olla suhteellisen epämääräinen ja epäjohdonmukainen, pelkkä ongelman kehystämisen tai siihen perehdyttämisen, jonka ympärille ongelmia ratkaisevat ja muutosta ajavat ryhmät voivat muodostua. Järjestelmän innovoinnin prosessi voi antaa visiolle sen kaipaamaa muotoa ja kiinteyttä, muodostamalla selkeämmän kuvan toivotulla tavalla toimivien ja tiettyjä odotuksia lunastavien artefaktien ja käytäntöjen kokoonpanojen muodoista. (Smith et al. 2005, 1507.)

Joustavuus vision tulkinnan suhteen voi auttaa tekemään siitä merkityksellisen laajemmalle joukolle toimijoita. Liiallinen joustavuus voi kuitenkin aiheuttaa epävarmuutta tulkinnasta ja tehdä haittaa vision puoleensavetävyydelle. Uskottavuus visiolle voi tulla sen ajankohtaisuudesta, sisällön kelpoisuudesta ja vetovoimasta itsestään tai vision muodostavien eturyhmien asemista ja arvovalloista. Se, tuleeko visiosta vaikutusvaltainen näkemys, riippuu siitä kulttuurisesta ja poliittisesta kontekstista, missä sitä ehdotetaan. Visiot sisältävät aina epäsuoria ideologioita oletuksia – esimerkiksi siinä, miten ongelmia kehystetään – ja tällä on vaikutuksia niiden viehätysvoimaan. (Smith et al. 2005, 1507.)

2.3 Sosiotekniset kestävyys siirtymät

Kiinnostus kestävyys siirtymiä kohtaan kertoo aihealueen tärkeydestä ja ajankohtaisuudesta globaalien kestävyys liittyvien keskusteluiden ja tutkimuksen sisällä. Pelkkään ongelmien

kuvailemiseen keskittymisen sijaan tutkimuksessa pyritään kohti ratkaisujen tunnistamista ja parempaa ymmärrystä mahdollisista poluista kestäväan ympäristön ja yhteiskunnan muutokseen. Hallinnointi ja politiikka ovat keskeisessä asemassa yrittäessämme ymmärtää, analysoida ja muokata kestävyys siirtymiä, koska ne ovat väistämättä poliittisia kysymyksiä, joihin vaikuttavat erilaiset hallinnan tavat. Kestävyys siirtymien tarkastelussa huomion kohteina ovat yhteiskuntien kestävämpään ja tasa-arvoisempaan tulevaisuuteen siirtymiseen liittyvät prosessit, joita voidaan lähestyä normatiivisesti sekä analyttisesti. (Patterson et al. 2017, 2.) Ponnistelut kestäväan kehityksen muutosten aikaansaamiseksi ovat syvästi poliittisia ja kiistanalaisia, koska kestävyys siirtymien toteuttamisella on kuluja, joiden jakaminen synnyttää häviäjiä ja voittajia. (Meadowcroft 2011, 72).

Siirtymä voidaan määritellä vähittäiseksi, jatkuvaksi muutoksen prosessiksi, jossa koko yhteiskunnan, tai sen monimutkaisen osajärjestelmän, rakenteelliset ominaispiirteet muuttuvat. Siirtymät eivät ole yhdenmukaisia eivätkä siirtymäprosessit ole deterministisiä, muutosten laajuuksissa ja niiden tapahtumanopeuksissa on suuria eroja. Siirtymillä on monia mahdollisia kehityssuuntia, joiden suuntaan, kokoluokkaan ja nopeuteen voidaan vaikuttaa poliittisilla ohjaukeinoilla. Yhteiskuntien kompleksisen luonteen vuoksi siirtymiä ei kuitenkaan voida koskaan täysin hallita. (Rotmans et al. 2001, 16.)

Siirtymät ovat toisiinsa vuorovaikutuksessa olevien eri osa-alueiden, kuten teknologian, talouden, instituutioiden, käyttäytymisen, kulttuurin, ekologian ja uskomusjärjestelmien muutosten kokonaisuus ja seurausta näillä tapahtuvista kehityskuluista. Toisiinsa keskinäisessä vuorovaikutuksessa olevat itsenäiset kehityspolut aiheuttavat moninaisia syy-seuraussuhteita, jotka usein vahvistavat itse itseään. Siirtymien moniulotteisuuden vuoksi useiden edistysaskelien on tapahduttava samanaikaisesti useilla eri osa-alueilla, jotta siirtymä on mahdollinen. Kaikki osa-alueet eivät kuitenkaan välttämättä koe merkittäviä muutoksia samanaikaisesti, samassa mittakaavassa tai samalla nopeudella. Vakiintuneilla järjestelmillä ja toimintatavoilla on hitausvoimaa, minkä vuoksi siirtymät tarvitsevat toteutuakseen uusia käytäntöjä ja sääntöjä. Yllättävät ja äkkinäiset tapahtumat, kuten esimerkiksi sodat, öljykriisit tai suuronnettomuudet, voivat nopeuttaa muutosten vauhtia. (Rotmans et al. 2001, 16–17.)

Hiilineutraaliuden viitekehityksessä siirtymä tarkoittaisi merkittäviä samanaikaisia muutoksia ainakin energiantuotannon ja -kulutuksen, ihmiskäyttäytymisen ja kulttuurin sekä politiikan ja hallinnan osa-alueilla. Nämä yhteiskunnan eri osa-alueet ovat kompleksisessa vuorovaikutuksessa toisiinsa, ja esimerkiksi teknologisella innovaatiolla voi olla merkittäviä vaikutuksia moniin eri osa-alueisiin sen

päästessä leviämään ja yleistymään yhteiskunnassa. Toisaalta tämän yleistymisen esteenä tai edistäjänä voivat olla vakiintuneet toimintatavat esimerkiksi politiikan tai hallinnan osa-alueilla.

Siirtymien hallinta perustuu pitkän aikavälin visioille, jotka toimivat lyhyen aikavälin tavoitteiden ja vallitsevien ohjauskeinojen laatimisen ja arvioimisen viitekehyksenä. Näiden visioiden on oltava houkuttelevia, kekseliäitä ja monien erilaisten toimijoiden tukemia, jos niiden avulla halutaan ennakoida siirtymäpolkuja. Visioita voidaan päivittää osallistavan siirtymäprosessin aikana tavoitteiden ja päämäärien tarkentuessa ja muuttuessa. (Rotmans et al. 2001, 23.)

Siirtymien tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita niistä laajoista yhteiskunnallisista muutoksista, jotka ovat seurausta uusien teknologisten regiimien vakiintumisesta, ja toisaalta siitä, kuinka laajat yhteiskunnalliset kehityskulut valikoivat uusia mahdollisia regiimejä tai pakottavat niitä muuntautumaan. Kestävyyssiirtymien tutkimus on ottanut osaa poliittisiin keskusteluihin ja hallinnollisiin toimiin, auttaen uusien kestävien ratkaisujen kehittämisessä sekä tuotannon ja kulutuksen järjestelmien uudistamisessa. Niin sanottu monitasoperspektiivi, jota esittelen seuraavaksi, on tarjonnut analyysien ja poliittisten ohjauskeinojen järjestelemisessä auttavan viitekehyksen. (Smith et al. 2010, 440.)

2.3.1 Monitasoperspektiivi sosioteknisiin siirtymiin

Monitasoperspektiiviä käytetään analysoimaan kokonaisia tuotannon ja kulutuksen sosioteknisiä järjestelmiä ja kuvaamaan muutosta yhdestä järjestelmästä toiseen. Se kehittyi alun perin liikenteen, vesihuollon, viihteen, ruoan ja muiden vastaavien sosioteknisten järjestelmien historiallisten muutosten kuvailusta (Smith et al. 2010, 435). Monitasoperspektiivin analyysiyksikkö on sosiotekniset järjestelmät, jotka toteuttavat yhteiskunnallisia toimintoja, kuten liikkumista, lämmöntuotantoa, asumista tai ravinnontuotantoa. Ne ovat siis fyysisiä, tarpeita tyydyttäviä järjestelmiä (Geels & Kemp 2007, 442). Nämä järjestelmät koostuvat keskinäisriippuvaisista ja yhteisesti kehittyvistä sekoituksesta teknologioita, toimitusketjuja, infrastruktuureja, markkinoita, sääntöjä, kulutuskäytäntöjä ja kulttuurisia merkityksiä. Sosiotekniset järjestelmät kehittyvät vuosikymmenien ajan, ja näiden eri elementtien ryhmittäminen johtaa polkuriippuvaisuuteen ja muutoksen vastustamiseen. Olemassa olevia järjestelmiä ylläpidetään, puolustetaan ja uudistetaan

vähittäisesti vallassa olevien toimijoiden toimesta, joita ohjaavat sosiotekniset regiimit eli osittain yhtenäinen joukko sääntöjä ja instituutioita. (Geels 2018, 225.)

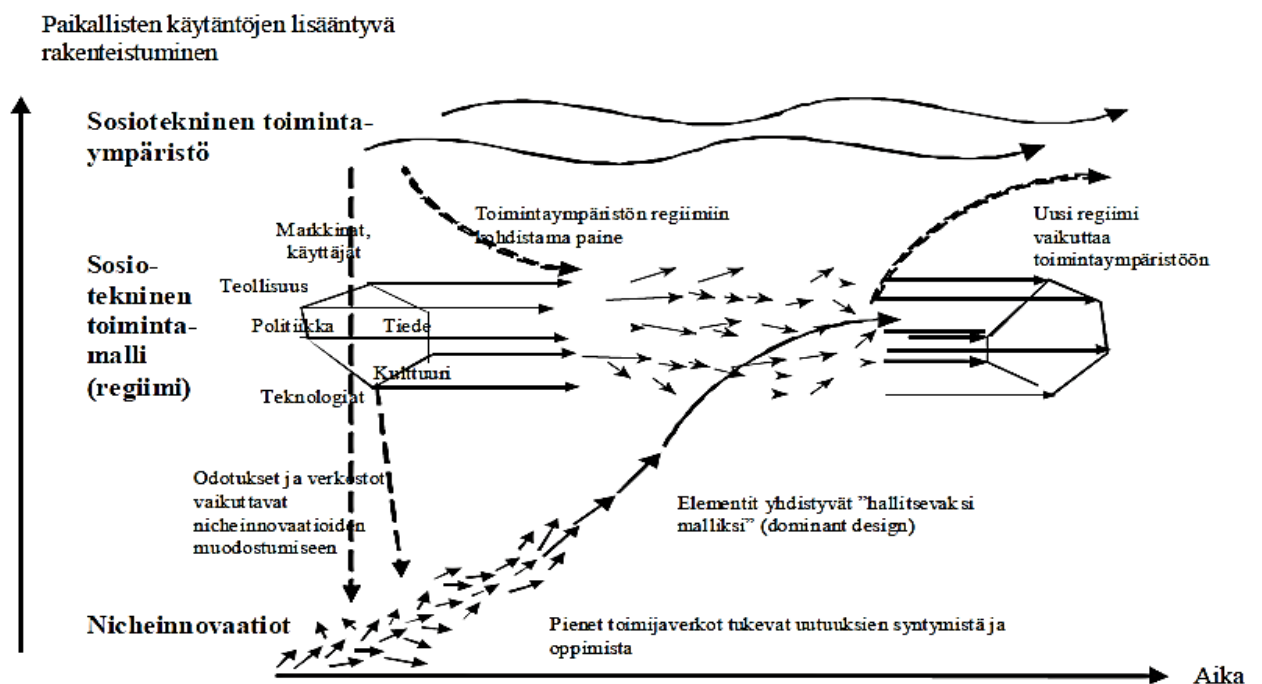
Teoreettinen tausta siirtymien tarkasteluun tulee innovaatiotutkimuksen ja tieteen- ja teknologiantutkimuksen tieteenaloilta (Smith et al. 2010, 435). Ne yhdistävät mikrotason yksittäiset toimijat ja paikalliset käytännöt makro- ja meso-tasoilla tapahtuvien kulttuurin rakenteiden, organisaatioiden, markkinoiden, sääntöjen ja infrastruktuurien kuvailuun (Rip and Kemp, 1998). Monitasoperspektiivin hyödyllisyys on sen käyttökelpoisuudessa pysyviä kestävyysaasteita aiheuttavien suurten sosioteknisten järjestelmien dynamiikkojen tarkasteluun (Rotmans et al. 2001). Innovatiivisilla toimilla on aina tuntemattomia järjestelmätason vaikutuksia, ja niiden erilaisten ympäristöllisten, sosiaalisten ja taloudellisten ominaisuuksien tarkat merkitykset ja vaihtoehdot yhteiskunnalle ovat tulkinnalle ja neuvottelulle avoimia (Smith et al. 2010, 436).

Monitasoperspektiivissä erotetaan kolme muutoksen tasoa tai ulottuvuutta: mikrotaso eli niche-taso kuvaa paikallisia ja rajattuja sovellusalueita eli nicheitä, meso-taso eli regiimi-taso kuvaa vallitsevaa toimintajärjestelmää eli regiimiä ja makrotaso eli maisemataso, joka kuvaa sosioteknistä maisemaa eli ulkoista rakennetta tai viitekehystä toimijoiden vuorovaikutukselle (Geels 2002, 1259). Monitasoperspektiivin mukaan sosiotekniset siirtymät ovat seurausta vuorovaikutuksesta radikaalien niche-tason innovaatioiden, vallitsevan regiimin ja sosioteknisen maiseman sisällä ja välillä. Niche-innovaatiot ovat kehittyviä sosiaalisia tai teknisiä innovaatioita, jotka eroavat merkittävästi vallitsevasta sosioteknisestä järjestelmästä ja regiimistä, mutta jotka pystyvät saamaan itselleen jalansijaa erityisissä sovelluksissa, maantieteellisillä alueilla tai kohdennettujen politiikkatoimien avulla. (Geels 2018, 225.) Perustavanlaatuisilla uusilla teknologioilla on vaikeuksia murtautua markkinoille, koska sääntely, infrastruktuurit, käyttäjien tavat ja huoltoverkostot ovat järjestäytyneet yhteen jo olemassa olevien teknologioiden kanssa (Geels 2002, 1258). Nichet toimivat markkinoiden paineelta suojattuina paikkoina tekemällä, käyttämällä ja vuorovaikuttamalla oppimiselle (em. 1261).

Sosioteknisellä toimintajärjestelmällä eli regiimillä tarkoitetaan sääntöjoukkoa, joka koostuu tieteellisestä tiedosta, käytännöistä, teknologioista, tuotteiden ominaisuuksista, taidoista, vakiintuneista käyttäjien tarpeista, sääntelyvaatimuksista sekä tavoista tehdä asioita ja määritellä ongelmia (Rip & Kemp 1998, 338). Sen pysyvyyttä aiheuttava vaikutus on keskeisellä sijalla monitasoperspektiivissä. Toimintajärjestelmät pyrkivät säilyttämään kokoonpanojensa asetelmat ja vastustamaan muutoksia järjestelmän toiminnalle (Coenen et al. 2012, 971). Sosiotekninen maisema taas viittaa laajempiin viitekehyksellisiin kehityskulkuihin, jotka vaikuttavat sosiotekniseen

regiimiin, ja johon regiimi-tason toimijoilla on vähän tai ei ollenkaan vaikutusvaltaa. Maisematason kehityskulut koostuvat hitaasti muuttuvista trendeistä, kuten esimerkiksi väestön kehityksestä, ideologioista, tilallisista rakenteista, ja ulkoisista shokeista, kuten esimerkiksi sodista, taloudellisista kriiseistä, suurista onnettomuuksista ja poliittisista mullistuksista. (Geels 2018, 225.)

Eri tasot eivät ole ontologisia kuvauksia todellisuudesta, vaan analyttisiä ja heuristisia välineitä, joiden avulla voidaan kuvata sosioteknisen muutoksen kompleksista dynamiikkaa. Vakiintuneiden sosioteknisten kokoonpanojen pysyvyys on seurausta yhteyksistä erilaisten heterogeenisten tekijöiden välillä. Nämä tekijät ja yhteydet ovat seurausta ryhmien toiminnasta, joka tuottaa ja uusintaa ne. Eri ryhmien toiminnat sitoutuvat toisiinsa ja alkavat toimia yhteistyössä. (Geels 2002, 1259.) Kuva 1. kuvaa eri tasoja ja niiden keskinäistä vuorovaikutusta sekä toiminnan rakenteistumista.



Kuva 1. Monitasoperspektiivi sosioteknisiin siirtymiin (Geels & Schot 2007, 401; suomennos: Nieminen et al. 2011, 52).

Monitasoperspektiivin mukaan siirtymät tapahtuvat näiden kolmen eri tason sisällä ja välillä tapahtuvien prosessien yhdenmukaistumisen seurauksena. Radikaalit innovaatiot ilmaantuvat ääri-nicheinä, jonka jälkeen ne vakiinnuttavat asemansa pieninä toimijoina markkinoilla. Läpimurto

riippuu nichen sisäisistä tekijöistä kuten parannuksista hinnan ja suorituskyvyn suhteessa, mittakaava- ja oppimiseduista, täydentävien teknologioiden ja infrastruktuurien rakentamisesta, positiivisista kulttuurisista diskursseista sekä vaikutusvaltaisten toimijoiden tuesta. Innovaatioiden leviäminen riippuu kuitenkin myös ulkoisista mahdollisuuksista, jotka ovat seurausta maisematason paineista tai jatkuvista sisäisistä ongelmista johtuvista regimien muuttumisista epävakain. Regiimin muutoksessa infrastruktuurit, politiikkatoimet, elämäntyyli ja näkemykset normaalista muuttuvat. (Geels 2018, 225.)

Tällä hetkellä tapahtuvat siirtymät hiilineutraaliuteen näyttävät, että järjestelmämuutokset tapahtuvat myös useiden innovaatioiden vuorovaikutuksen seurauksena. Esimerkiksi siirtymät vähähiiliseen sähköntuotantoon eivät riipu ainoastaan radikaaleista innovaatioista, kuten uusiutuvista energianlähteistä vaan myös risteytyksistä niche-innovaatioiden ja regimien välillä sekä täydentävistä innovaatioista sähköverkoissa ja kulutuksessa. Yhdessä nämä innovaatiot voivat muuttaa koko sähköjärjestelmän. (Geels 2018, 225.)

Yhtä lailla siirtymät vähähiiliseen järjestelmään liikkumisessa voisivat tarkoittaa muutakin kuin vähähiilisiä autoja ja koskettaa myös laajempia muutoksia henkilökohtaisessa liikkumisen järjestelmässä, kuten uusia liiketoimintamalleja, muutoksia kulutuskäytännöissä ja informaatio- ja kommunikaatioteknologioiden integroimista osaksi järjestelmää. Laajemmin, liikkuminen voidaan järjestää uudelleen järjestelmien välillä olevien yhteyksien kautta. Kaupunkisuunnittelu ja liikkumisjärjestelmät voidaan integroida kuljetukseen keskittyvän rakentamisen, tiiviimmän kaupunkirakenteen ja eri kulkemismuotojen paremman yhdistelemisen kautta. (Geels 2018, 225.)

Monitasoperspektiiviin kuuluu teknologiaan ja liiketoimintaan liittyvien ulottuvuuksien lisäksi kulutukselliset, kulttuuriset ja sosiopoliittiset ulottuvuudet. Asioiden rinnakkaisen kehittymisen tarkastelu on keskeisessä asemassa tarkasteltaessa siirtymiä vähähiilisyteen, koska ne ovat päämääräorientoituneita siirtymiä, joissa etsitään ratkaisua ilmastonmuutoksen ongelmaan. Tämä erottaa nämä siirtymät aikaisemmista historiallisista siirtymistä, jotka olivat pitkälti luonteeltaan emergenttejä, yrittäjien hyödyntäessä uusien teknologioiden luomia liiketoimintamahdollisuuksia. (Geels 2018, 227.)

Yksityisillä toimijoilla, kuten esimerkiksi yrityksillä ja kuluttajilla, on rajoitetut kannusteet toimia ilmastonmuutoksen torjunnan eteen johtuen sen luonteesta julkisena hyödykkeenä ja tästä seuraavista vapaamatkustajan ongelmista ja vangin dilemmeista. Tämä tarkoittaa, että julkisten politiikkatoimien

on oltava keskeisessä asemassa vähähiilisten innovaatioiden kehittämisessä ja käyttöönotossa sekä taloudellisten viitekehysten – esimerkiksi verot, tuet ja sääntely – muuttamisessa yrityksiä, kuluttajia ja muita toimijoita kannustaviksi. Suuret muutokset julkisiin politiikkatoimiin sisältävät kuitenkin aina poliittista kamppailua ja julkista debattia. Lisäksi myös kulttuuriset käytännöt ja diskursiiviset kamppailut ovat tärkeitä vähähiilille siirtymille. Ne muokkaavat tulkintoja ja merkityksiä radikaaleista innovaatioista ja olemassa olevista teknologioista, vaikuttavat kuluttajavalintoihin ja innovaatioiden sosiaaliseen hyväksyntään sekä vaikuttavat julkisiin ja poliittisiin keskusteluihin tarjoamalla kategorioita ja vertauskuvia, joita käytetään hyväksi asioista keskusteltaessa. Siirtymät vähähiilisyteen ovat moniulotteisia ja ne sisältävät rinnakkain kehittyvää vuorovaikutusta teknologian, yritysten, markkinoiden, kuluttajakäytäntöjen, kulttuuristen merkitysten ja instituutioiden välillä. (Geels 2018, 227.)

Monitasoperspektiivin käsitteellinen ydin, jonka avulla se selittää toimijuuden uppoutuneisuutta ja nykyisen järjestelmän vakautta, on sosiotekninen regiimi eli toimintajärjestelmä (Svensson & Nikoleris 2018, 463). Se viittaa niihin puoliyhtenäisiin sääntöihin, jotka ohjaavat ja koordinoivat sosioteknisten järjestelmien perustekijöitä uusintavien ryhmien toimintaa (Geels 2011, 27). Vaikka regiimin käsitettä ei ole aina käytetty johdonmukaisesti siirtymiä koskevassa kirjallisuudessa, sen merkitystä on selvennetty viime aikaisessa teoreettisessa kirjallisuudessa tarkoittamaan niitä sääntöjä, jotka muodostavat toimijuuden ja rakenteen kaksinaisuuden (Geels & Schot 2010). Rakenne ilmenee sääntöinä toimijoiden käytännöissä. Toimijuudessa olevat muutosvoimat ja toisaalta rakenteen uusintavat vaikutukset rakentuvat yhtenäisesti, eikä niitä voi erottaa toisistaan. Monitasoperspektiivin teoreettisena taustana toimii näin Giddensin rakenteistumisen teoria, jossa ei anneta ensisijaisuutta toimijalle tai rakenteelle, vaan sosiaalisten järjestelmien katsotaan muodostuvan keskinäisesti käytännöissä. (Svensson & Nikoleris 2018, 464.) Rakenteet eivät ole olemassa maailmassa ilmenevinä ulkoisina rajoitteina, vaan ainoastaan sosiaalisissa käytännöissä toteutuvina ilmentyminä ja muistijälkinä, jotka ohjaavat tietoisten ihmistoimijoiden käytöstä (Giddens 1984, 17). Monitasoperspektiivi käsitteellistää rakenteen rutinoituneiden käytäntöjen sosiokognitiivisiksi säännöiksi (Svensson & Nikoleris 2018, 464). Näitä sääntöjä pidetään sosioteknisten järjestelmien kielioppina, jotka ohjaavat ja koordinoivat käyttäytymistä paikallisissa käytännöissä (Geels 2004, 905). Monitasoperspektiivi perustuu näin eronteolle rakenteen ja sosioteknisen järjestelmän välillä (Geels & Schot 2010). Sosiaaliset järjestelmät koostuvat toimijoiden ja kollektiivien välisistä suhteista, jotka uusiutuvat ajassa ja tilassa (Giddens 1981, 26). Rakenteen taas muodostavat toimijoiden ja kollektiivien välisiin suhteisiin liittyvät sosiokognitiiviset säännöt, joita toimijat käyttävät hyväkseen uudentaessaan järjestelmää. Rakenteen ja järjestelmän

välille tehtävällä eronteolla, ja rakenteen käsitteellistämällä niiksi säännöiksi, jotka ohjaavat ja koordinoivat käyttäytymistä, on tärkeitä seuraamuksia sille, miten kestävyys siirtymiä voidaan ymmärtää ja selittää. (Svensson & Nikoleris 2018, 464.) Regiimeissä sääntöjen rajoittava vaikutus on paljon vahvempi kuin nicheissä. Niiden sääntörakenteet ovat nicheitä kehittyneemmät, joten ne aiheuttavat voimakkaampaa rakenteistumista. Tästä seuraa, että vakiintuneista toimintatavoista on vaikeaa poiketa. (Geels & Schot 2007, 403.)

Sosiotekninen regiimi on laajennettu versio Nelsonin ja Winterin (1982) teknologisesta regiimistä. Se koostuu viidestä eri ulottuvuudesta, jotka ovat (Geels 2004, 906; Nieminen et al. 2011, 49):

- 1) Teknologinen regiimi, joka pitää sisällään muun muassa teknologiset standardit, tuottavuusoleukset ja tuotteiden erityisvaatimukset.
- 2) Tiederegiimi, joka kattaa tiedejärjestelmän arvot ja normit, tieteen rahoitusmallit, lainsäädännön, toimintamallit, tieteelliset paradigmat ja niin edelleen.
- 3) Poliitiikkaregiimi, jolla viitataan muun muassa lainsäädäntötoimintaan, teknologioita säänteleviin muodollisiin sääntöihin ja politiikan tavoitteisiin ja agendoihin.
- 4) Sosiokulttuuriset regiimit, jotka määrittelevät yhteiskunnan arvoja, kulttuuristen symboleiden tuotantoa ja levittämistä sekä kertovat tiettyjen teknologioiden symbolisesta arvosta.
- 5) Käyttäjä- ja markkinaregiimi pitää sisällään markkinoiden luomisen sääntöjen ja lainsäädännön avulla sekä ne käytännöt, joiden avulla käyttäjien ja markkinoiden toimintaa tulkitaan.

Näiden ulottuvuuksien monimutkainen vuorovaikutus ja yhteen kietoutuminen muodostavat suhteellisen pysyvän toimintamallin. Tällaisia voivat olla jokin teknologia tai yhteiskunnan sektori, kuten esimerkiksi terveydenhuoltojärjestelmä tai vesihuolto. Sosiotekniset regiimit muodostuvat erilaisista sääntöjärjestelmistä ja muodostavat valintaympäristön, jossa erilaisia teknologisia tai toiminnallisia mahdollisuuksia joko otetaan mukaan regiimin toimintaan tai suljetaan sen ulkopuolelle. Regiimi mahdollistaa toiminnan, mutta samalla muutokset sen puitteissa ovat usein vähäisiä. (Nieminen et al. 2011, 50.)

2.3.2 Monitasoperspektiivin muutosprosessit

Geels ja Kemp (2007, 445–446) erottelevat kolme eri muutosprosessia sen mukaan, kuinka merkittävä järjestelmän muutos on kyseessä. Ensimmäinen prosessi on uusintaminen (*reproduction*). Se tapahtuu, kun muutoksia tapahtuu vain regiimi-tasolla. Olemassa olevat sosiotekninen järjestelmä ja regiimi muodostavat vakaan viitekehyksen sosiaalisten ryhmien vuorovaikutukselle. Vallassa olevat toimijat uudistavat olemassa olevia sääntöjä ja sosioteknisen järjestelmän osia parannetaan. Vallitsevien toimijoiden, avainteknologioiden ja tietopohjan suuntautumisesta eivät muutu merkittävästi. Kehityksessä tapahtuu vähittäinen ja kumulatiivinen muutos. Tämä on normaali tilanne regiimi-tasolla. Vähittäin tapahtuvat innovaatiot vakaisissa regiimeissä ovat tärkeitä, koska ajan kuluessa ne kasautuvat ja johtavat merkittäviin parannuksiin suorituskyvyssä.

Toinen prosessi on nimeltään muodonmuutos (*transformation*). Siinä on regiimi- ja maisematason välistä vuorovaikutusta, mutta vähän vaikutusta niche-tasolta. Maisematason muutokset luovat paineita regimille, johtaen innovatiivisten toimien uudelleen suuntautumiseen. Tämä tapahtuu regiimin toimijoiden toimintaa koordinoivien regiimin sääntöjen muutosten kautta eli esimerkiksi muutoksissa visioissa, päämäärissä ja ohjaavissa periaatteissa, säännöstelyissä, kannustimissa tai teknisten ongelmien määrittelyissä. Maisematason paineisiin mukautuminen ja sitä seuraava uudelleen suuntautuminen eivät tapahdu mekanistisesti, vaan neuvottelujen, kamppailujen ja toimijoiden muuttuvien liittoutumien myötä. Vallalla olevilla toimijoilla on yleensä aluksi tarve vähätellä muutoksen tarvetta, joten muutosprosessin aloittamiseksi on usein tapahduttava muutos myös sosiaalisissa verkostoissa. Ulkopuoliset toimijat, julkiset paineet ja sääntelypaineet tai uusien toimijoiden ilmaantuminen voi auttaa haastamaan aikaisempia olettamuksia ja asettaa uusia asioita ongelmalistalle. Ulkopuoliset toimijat saattavat esittää huoliaan olemassa olevan järjestelmän negatiivisten ulkoisvaikutusten vuoksi ja vaatia vastauksia regiimin toimijoilta. Nämä ulkopuoliset eivät kuitenkaan kehitä olemassa olevan järjestelmän syrjäyttämiseen tähtäviä kilpailevia teknologioita. Tästä johtuen vallassa olevien regiimin toimijoiden selviytyminen ei ole uhattuna, vaan he ovat niitä, jotka toteuttavat olemassa olevan järjestelmän kehityssuunnan uudelleen suuntaamisen. Muutosprosessissa uusi järjestelmä voi syntyä vanhasta, uuteen suuntaan ohjaavien kumulatiivisten mukauttamisten kautta. (Geels & Kemp 2007, 445.)

Kolmas prosessi on nimeltään siirtymä (*transition*). Sillä viitataan muutokseen yhdestä sosioteknisestä järjestelmästä toiseen. Siinä ei ole kyse olemassa olevan kehityssuunnan uudelleen suuntaamisesta, vaan siirtymästä uudelle kehityssuunnalle. Yksi esimerkki on siirtymä hevosien

vetämiin vaunuihin perustuvasta liikennejärjestelmästä autoihin perustuvaan järjestelmään. Tässä siirtymässä tapahtui muutoksia sosioteknisessä järjestelmässä, sosiaalisissa ryhmissä ja regiimin säännöissä. Siirtymäprosessissa muutoksia tapahtuu maisema-, regiimi- ja niche-tasoilla. Maisematasolla tapahtuneen kehityksen tulokset aiheuttavat paineita regiimille, johtaen merkittäviin ongelmiin. Regiimi-tason toimijat reagoivat mukautuksilla järjestelmään samalla tavalla kuten muutosprosessissa, mutta ne eivät pysty ratkaisemaan ongelmia. Tämä aukaisee ”mahdollisuuksien ikkunan” uusille niche-tasolla kehitetyille innovaatioille, joita ovat vieneet eteenpäin uusien sosiaalisten ryhmien verkostot. Uuden innovaation läpilyömistä ja vanhan järjestelmän korvaamista seuraa luova tuho ja vallassa olevien toimijoiden romahdus. Kun siirtymä on tapahtunut, sitä seuraa uusi vakauden ja uusintamisen aikakausi. (Geels & Kemp 2007, 446.) Taulukko 1. kuvaa monitasoperspektiivin mukaiset kolme eri muutosprosessia ja niissä mukana olevat eri tasot ja toimijat.

	Uusintaminen (reproduction)	Muodonmuutos (transformation)	Siirtymä (transition)
Mukana olevat tasot	Hallitsevan sosioteknisen regiimin sisäinen dynamiikka Pienet muutokset regiimin puitteissa	Muutospaine maisemasta Regiimin uudelleen suuntaaminen	Muutospaineita maisemasta Regiimin ongelmat lisääntyvät, uudelleen suuntaaminen epäonnistuu Uusia innovaatioita kehitty nichessä, lyövät vähitellen itsensä läpi
Toimijat	Regiimin kehitystä hallitsevat toimijat	Ulkopuoliset regiimiin painetta kohdistavat toimijat Regiimin hallitsevat toimijat reagoivat uudelleenorientoimalla toimintaa ja kehittämällä uusia innovatiivisia ratkaisuja	Ulkopuoliset regiimiin painetta kohdistavat toimijat Hallitsevat toimijat epäonnistuivat regiimin ongelmien ratkaisemisessa Ulkopuoliset toimijat kehittävät uusia innovaatioita

Taulukko 1. Monitasoperspektiivin kolme muutosprosessia (Geels & Kemp 2007, 445; Nieminen et al. 2011, 53).

Kestävyyssiirtymien tutkimuksen tarkoitus on sitouttaa tutkimuksen kohteet itsereflektioon tavalla, joka johtaa takaisin heidän käytäntöihinsä ja edelleen käytäntöjen uudelleensuuntaamiseen kohti kestävästä kehitystä. Monitasoperspektiivin empiirinen operationalisointi vaatii refleksiivisyyttä analyysoijalta sekä herkkyyttä käsillä olevaa tehtävää kohtaan. Mitään valmiita menetelmiä tai operationalisointeja ei kuitenkaan ole olemassa. Määrälliset lähestymistavat painottavat usein jo tiedetyn ja olemassa olevan järjestelmän kuvausta eivätkä ole näin herkkiä uusille nouseville ilmiöille. Kestävyyssiirtymien tutkimus tarkastelee pääasiassa emergenttejä ja refleksiivisiä tapahtumia ja tämän vuoksi näissä tutkimuksissa on käytetty pääasiassa laadullisia menetelmiä. (Smith et al. 2010, 444.)

3 Tutkimuksen toteutus ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen lähtökohtana oli halu ymmärtää paremmin epäselvänä hahmottuvaa, mutta paraikaa käynnissä olevaa siirtymää kohti kestävämpää tulevaisuutta ja erityisesti hiilineutraaliutta. Tähän kysymykseen oli mahdollisuus vastata, kun löysin aineistoksi kuuden pohjoismaalaisen kaupungin julkaisemat toimenpideohjelmat niiden siirtymistä hiilineutraaliuteen tai vapauteen fossiilisista polttoaineista. Analysoimalla näitä toimenpideohjelmia minun oli mahdollisuus luoda tiivistetty ja yleisempi kuvaus tutkimuksen kohteesta. Tuomalla analyysiin mukaan sosioteknisten järjestelmien tarkasteluun kehitetyn monitasoperspektiivin, pystyin edelleen syventämään aineiston tulkintaa etsimällä siitä ilmentymiä perspektiivin mukaisista kolmesta eri analyttisestä tasosta ja muutosprosessista. Näin pystyin laajentamaan ymmärrystä tarvittavista toimenpiteistä ja niiden keskinäisistä suhteista.

Yksi osa siirtymässä kohti kestävämpää yhteiskuntaa on siirtymä hiilineutraaliuteen. Tätä siirtymää on kuvailtu kaupunkien julkaisemissa toimenpideohjelmissa, jotka valitsin aineistokseni. Ne ovat kaupunkien ulkoiseen ja sisäiseen viestintään tuotettuja kerronnallisessa muodossa esitettyjä tiiviitä skenaariokuvauksia, joiden taustalla vaikuttaa tutkimuksellinen työ. Analysoimalla tätä kirjallista materiaalia halusin kertoa yleisesti kaupunkien toimenpiteistä sekä hahmottaa mahdollisia keskeisiä ongelmakohtia hiilineutraaliuden saavuttamisessa yleisessä pohjoismaisessa viitekehyksessä. Tämän lisäksi halusin arvioida toimenpideohjelmia sosioteknisten siirtymien monitasoperspektiivistä käsin. Tästä seurasi, että valitsin analyysivälineekseni laadullisen sisällönanalyysin, koska sen avulla pystyisin nostamaan aineistosta esiin tutkimuskysymysten kannalta olennaisen.

3.1 Aineisto

Tutkimuksen aineisto koostui kuuden pohjoismaalaisen kaupungin Helsingin, Kööpenhaminan, Oslon, Tampereen, Tukholman ja Turun kaupunkien julkaisemista toimenpideohjelmissa hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Toimenpideohjelmat ovat muodoiltaan hieman erilaisia, mutta niille yhteistä on se, että ne esittelevät toimenpiteitä, joita toteuttamalla kaupungit voivat siirtyä kestävämpään ja hiilineutraaliin tai fossiilisista polttoaineista vapaaseen tulevaisuuteen. Hiilineutraaliutta ja kestäväää kehitystä tavoitellaan globaalisti valtioiden, kaupunkien ja yritysten tasolla erilaisten ympäristöuhkien, kuten ilmastonmuutoksen, biodiversiteetin kadon ja resurssien

ehtymisen, vuoksi. Kaupungeilla tulee yhä kiihtyvän kaupungistumisen vuoksi olemaan ympäristöuhkien torjunnassa keskeinen asema. Vuonna 2010 kaupunkialueilla asui puolet maailman väestöstä ja ne tuottivat 40–70 prosenttia maailman kasvihuonekaasupäästöistä (UN-Habitat 2011, 91).

Tutkimuksen kohteena olevat kaupungit valittiin niiden suhteellisella samankaltaisuudella. Ne ovat kaikki saman maantieteellisen alueen – Pohjoismaiden – kaupungeja, joiden ilmasto-olosuhteet, yhteiskuntarakenteet, kulttuuri ja taloudellinen kehitysaste ovat hyvin samankaltaisia verrattaessa maailman muihin kaupunkeihin. Helsinki, Kööpenhamina, Oslo ja Tukholma ovat maansa pääkaupunkeja ja asukasluvultaan maansa suurimmat kaupungit. Turku ja Tampere on valikoitu mukaan aineistoa täydentäviksi kaupungeiksi, ja ne ovat suomalaisista, Helsingin keskustaajaman ulkopuolisista kaupunkialueista, väkiluvultaan suurimmat (Tilastokeskus 2017). Muihin suomalaisiin keskisuuriin kaupunkeihin verrattaessa Tampereen ja Turun toimenpideohjelmat ovat myös uusia, julkaisuvuosien ollessa Tampereelle 2017 ja Turulle 2018. Tutkimuksessa analysoitiin laadullisen sisällönanalyysin keinoin kaupunkien toimenpideohjelmiä ja niissä esitettäviä keinoja hiilineutraaliuden saavuttamiseksi.

Helsinki, Kööpenhamina, Oslo ja Tukholma kuuluvat Carbon Neutral Cities Alliance (CNCA) -yhteistyöverkostoon, jossa on jäsenenä 20 kaupunkia pääasiassa Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta. Tampere ja Turku eivät kuulu kyseiseen verkostoon, mutta ne ovat lähteneet tavoittelemaan hiilineutraaliutta omaehtoisesti osana kaupunkistrategioitaan. Aloittaessani tutkielman tekoa Helsinki ei kuulunut CNCA -verkostoon, mutta se liittyi siihen vuoden 2019 aikana. Kaikkien kaupunkien hiilineutraalisuustavoite on määritelty samalla tavalla, kaupunkialueella tuotettujen päästöjen on oltava saman suuruiset tai pienemmät kuin alueen sitomat kasvihuonekaasut eli nettopäästöjen on oltava nolla. Kaupunkien tavoitteet vaihtelevat hieman päästöleikkauksien suuruuksien ja tavoitevuosien mukaan, Kööpenhaminan vuoden 2025 tavoitteesta Tukholman tavoitevuoteen 2040. Suomalaisten kaupunkien toimenpideohjelmat haettiin Googlen hakutoimintoa apuna käyttäen kaupunkien omilta internetsivuilta ja muiden kaupunkien toimenpideohjelmat CNCA:n internetsivujen kautta. Olen viitannut julkaisuihin toimenpideohjelmina läpi tutkielman, vaikka niiden omat nimitykset poikkeavatkin hieman toisistaan.

Helsingin toimenpideohjelma on nimeltään Esitys Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelmaksi, Turun toimenpideohjelma on nimeltään Turun kaupungin ilmastosuunnitelma 2029 ja Tampereen toimenpideohjelma on nimeltään Kestävä Tampere 2030 -tiekartta. Helsingin

toimenpideohjelma on Helsingin kaupungin keskushallinnon julkaisu 2018:4, joka on julkaistu 24.8.2018 ja päivitetty 12.9.2018. Turun ja Tampereen toimenpideohjelmat ovat luonnoksia, joista Turun ohjelma on päivätty 24.5.2018 ja Tampereen 17.11.2017. Tampereen toimenpideohjelma on suomalaisista luonnoksista vanhin ja se koostuu esityskalvoista, kun Helsingin ja Turun ohjelmat puolestaan vastaavat muodoltaan virallisia julkaisuja. Kööpenhaminan tiekartta on nimeltään CPH 2025 Climate Plan ja se on Kööpenhaminan kaupungin tekniikka- ja ympäristöviraston julkaisu syyskuulta 2012. Tukholman tiekartan on julkaissut kaupungin toimeenpanotoimisto (eng. *city executive office*) joulukuussa 2016 ja se on nimeltään Strategy for a fossil-fuel free Stockholm by 2040. Oslon tiekartta on nimeltään Climate and Energy Strategy for Oslo ja se on Oslon kaupungin esitys 195/16, jonka kaupunginhallitus on hyväksynyt 22.6.2016.

Kaikki toimenpideohjelmat ovat kaupunkiorganisaatioiden julkaisuja, jotka toimivat yleisinä esityksinä ja ohjaavina välineinä kaupunginstrategiassa. Niissä esitellään toimenpiteitä, joiden avulla toteutetaan kestävyys siirtymiä eri osa-alueilla, kuten energiantuotannossa tai liikenteessä. Ne ovat kokoelma yksityiskohtaisia ohjeistuksia ja suunnitelmia sekä yleisiä suuntaviivoja tarjoavia esityksiä. Toimenpideohjelmat tarjoavat viitekehyksen, joka auttaa suunnittelemaan ja koordinoimaan pitkäaikaisissa strategisissa muutoksissa (Phaal et al. 2004, 5). Ottamalla tarkasteluun useampi toimenpideohjelma, niistä on mahdollista etsiä niitä yhdistäviä ja erottavia tekijöitä ja muodostaa näin laadukas yleinen kuvaus siitä, miten kestävyys siirtymiä aiotaan suurten pohjoismaalaisten kaupunkien kontekstissa toteuttaa. Tämä tutkimus näyttää minkälaisia erilaisia polkuja kohti hiilineutraaliutta eri kaupunkien laatimat toimenpideohjelmat esittelevät. Toimenpideohjelmien viestintä on suunnattu kaupunkiorganisaatioille itselleen sekä ulkopuolisille tahoille, kuten kaupunkilaisille, yhteisöille, yrityksille, erilaisille organisaatioille, yliopistoille ja muille koululaitoksille tai muille asiasta kiinnostuneille tahoille.

Kööpenhaminan, Oslon ja Tukholman toimenpideohjelmat ovat käännoiksiä tanskan-, norjan- ja ruotsinkielisistä versioista. Ne on julkaistu englanninkielisinä, koska ne kuuluvat englanninkieliseen Carbon Neutral Cities Alliance -yhteistyöverkoston, jossa esiteltyt eri kaupungit ja niiden toimenpideohjelmat ovat kaikki saatavilla englanninkielisinä. Suomalaisten kaupunkien tiekarttoista on tutkielman aineistona käytetty suomenkielisiä versioita. Kooltaan tiekartat vaihtelevat Oslon 28:sta sivusta, Helsingin 116:a sivuun, ja koko aineiston laajuus on 397 sivua.

3.2 Aineiston hankinnan prosessi

Tutkimusprosessi lähti liikkeelle Helsingin, Tampereen ja Turun tiekarttojen tarkastelusta ja aluksi tarkoituksena oli käyttää vain näitä tutkielman aineistona. Kyseiset tiekartat olivat avoimesti saatavilla kaupunkien internetsivustoilta. Tutkimusprosessin edetessä kävi kuitenkin pian selväksi, että tutkittavaa materiaalia olisi oltava enemmän tutkimuksen laadun parantamiseksi. Tämän seurauksena etsin myös muiden suomalaisten kaupunkien julkaisemia samankaltaisia hiilineutraaliin tulevaisuuteen ohjaavia tiekarttoja, mutta ne osoittautuivat laajuudeltaan rajatuiksi tai useita vuosia vanhemmiksi kuin Helsingin, Tampereen ja Turun tiekartat. Muiden suomalaisten kaupunkien osoittautuessa huonoiksi vaihtoehdoiksi aineiston laajentamisen suhteen kohdistin etsinnän ulkomaisiin kaupunkeihin. Seminaarissa saadun palautteen myötä löytyi Carbon Neutral Cities Alliance -yhteistyöverkosto, jonka internetsivuilta oli ladattavissa kahdenkymmenen kaupungin tiekartat hiilineutraaliuteen. Eri kaupunkien toimenpideohjelmiin tutustumisen myötä ja seminaarissa saadun palautteen jälkeen valitsin aineiston täydennykseksi kolme pohjoismaista kaupunkia: Kööpenhaminan, Oslon ja Tukholman. Ne soveltuivat valinnoiksi, koska yleistettävyyden maksimoimiseksi on valittava mahdollisimman samankaltaisia tapauksia, tässä tapauksessa pohjoismaisia suuria tai keskisuuria kaupunkeja. Toisaalta Kööpenhaminan, Oslon ja Tukholman kaupunkien valinnan jälkeen aineisto koostui kolmen suomalaisen kaupungin ja kolmen ulkomaisen kaupungin tiekarttoista. Näin vältettiin tapausten liiallisesta samankaltaisuudesta aiheutuva ylimääräytyminen ja tutkimuksen pelkistyminen vain tietyn alueen kuvaukseksi (Melin 2005, 59).

3.3 Laadullinen sisällönanalyysi

Perusanalyysimenetelmä, jota voidaan käyttää kaikissa laadullisen tutkimuksen perinteissä, on sisällönanalyysi. Sitä voi pitää paitsi yksittäisenä metodina myös väljänä teoreettisena kehyksenä, joka voidaan liittää erilaisiin analyysikokonaisuuksiin. Sisällönanalyysi soveltui tutkimukseni analyysimenetelmäksi, koska siinä aineistoa tarkastellaan eritellen, tiivistäen sekä yhtäläisyyksiä ja eroja etsien. Se on tekstianalyysia, jossa tarkastellaan jo valmiiksi tekstimuotoisia tai sellaiseksi muutettuja aineistoja. Sisällönanalyysin avulla pyritään muodostamaan tutkittavasta ilmiöstä tiivistetty kuvaus, joka kytkee tulokset ilmiön laajempaan kontekstiin ja aihetta koskeviin muihin tutkimustuloksiin. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2009, 97; Tuomi & Sarajarvi 2018.)

Laadullisessa analyysissä puhutaan usein aineistolähtöisestä, teoriaohjaavasta ja teorialähtöisestä analyysistä, jolla viitataan tutkimuksessa käytettyyn päättelyn logiikkaan. Tässä tutkielmassa käyttämäni analyysi on ollut teoriaohjaavaa. Siinä aineiston analyysivaiheessa edetään aluksi aineistolähtöisesti, mutta analyysin loppuvaiheessa tuodaan mukaan analyysia ohjaava teoreettinen viitekehys, tässä tapauksessa monitasoperspektiivi ja sen eri analyttiset tasot. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 81.)

Aineistona käyttämäni toimenpideohjelmat ovat kaupunkiorganisaatioiden omien sekä ulkopuolelta palkattujen asiantuntijoiden luomia, minkä vuoksi ne soveltuivat hyvin kestävyys siirtymien – joita siirtymät hiilineutraaliuteen ovat – tarkastelun aineistoksi. Aineistoa tarkasteltiin systemaattisesti luoden siitä sanallinen tiivistetty ja järjestetty yleinen kuvaus johtopäätöksiä varten.

3.4 Analyysin toteutus

Aloitin analyysin ensimmäinen vaiheen, kun olin päättänyt lopullisen aineiston olevan käsiteltävät kuusi toimenpideohjelmaa. Silmäilin aluksi kaikki ohjelmat läpi ja muodostin näin yleisen tilannekuvan niiden laajuudesta ja yleispiirteistä. Ensimmäiseksi tarkemmin analysoitavaksi ohjelmaksi valitsin Helsingin kaupungin toimenpideohjelman, joka on näistä myös laajuudeltaan suurin. Seuraavaksi tiivistin jokaisen toimenpideohjelman toimenpiteiden sisällön tekstimuotoon ja rakenteeltaan suhteellisen samanlaiseksi. Aineiston sisällön tiivistämisen ja kommentoinnin jälkeen tarkastelin sisältöä etsien siitä merkkejä monitasoperspektiivin kolmesta eri analyttisestä tasosta ja niiden välisestä vuorovaikutuksesta. Jokaista tasoa kuvasi oma värinsä – niche-tasoa kuvasi keltainen, regiimi-tasoa punainen ja maisematasoa sininen väri – ja kun aineistosta löytyi jotakin esimerkiksi niche-tasoon viittaavaa, tämä kohta väritettiin Wordin työkaluja käyttäen tasoaan vastaavalla värillä. Kävin näin koko tiivistetyn kuvauksen läpi, minkä jälkeen kommentoin merkintöjä tekstin sisään, yleensä omiin kappaleisiinsa. Löytämällä aineistosta merkkejä kolmesta eri analyttisestä tasosta minun oli mahdollista päätellä mitä kolmea eri muutosprosessia – uusintamista, muodonmuutosta tai siirtymää – ne kuvaavat. Näin sain kommentoitua tiekarttoja ja niiden esittelemiä toimenpiteitä hiilineutraaliuden saavuttamiseksi monitasoperspektiivin näkökulmasta.

Toimenpideohjelmat ja niiden tiivistetyt kuvaukset olivat muodoltaan hyvin samankaltaisia, joten niissä oli paljon samankaltaisia merkkejä mallin mukaisista eri tasoista. Haasteita aiheutti myös

perspektiivin tasojen soveltaminen tekstin tulkintaan eli sen päättely, minkä tason kuvauksesta on kyse kussakin esimerkissä. Siis jos esimerkiksi toimenpideohjelmissa kerrotaan latausinfrastruktuurin luomisesta sähköautoille, niin onko kyse regiimin vähittäisestä uusintamisesta vai niche-innovaatioiden laajemmasta leviämisestä osaksi sosioteknistä järjestelmää, ja näin vanhan regiimin korvaamisesta? Oli siis tulkittava, onko kyseessä pienet sopeutumukset regiimin puitteissa, uusien sääntöjen ja normien muodostuminen eli regiimin uudelleen suuntautuminen vai täysin uusien toimijoiden esiintulo uusine sääntöineen. Lisäksi piti pohtia, mitä eri toimijoita muutosprosessissa on mukana. Erityisesti tämä osoittautui usein hankalaksi, koska toimenpideohjelmien sisältävät harvoin tarkkaa kuvausta siitä, mitkä eri toimijat tulevat olemaan mukana minkäkin toimenpiteen toteuttamisessa ja kuinka vahvasti. Tämä on toisaalta ymmärrettävää, sillä toimenpideohjelmat ovat enemmän visioita kuin tarkkoja yksityiskohtaisia kuvauksia toteutettavista toimenpiteistä. Ja vaikka toteutettavia toimenpiteitä kuvailtaisiinkin tarkasti, ei toimenpideohjelmiin voida liittää tarkkaa kuvausta kaikista niiden toteutukseen osallistuneista toimijoista vasta kuin jälkikäteen kun toimenpiteet on jo tehty. Etukäteen toimenpideohjelmissa voidaan puhua mukana olevista toimijoista vain yleisellä tasolla – kuten niissä tehdäänkin – esimerkiksi mainitsemalla, kuinka toimenpiteitä pitää olla mukana toteuttamassa kaupunkilaiset, yritykset ja valtio.

4 Analyysi

Aineiston analyysi on tehty lukemalla tiekartat läpi tutkimuskysymys mielessä. Teoreettisena viitekehyksenä on toiminut sosioteknisen muutoksen teoria, joka on ohjannut aineiston tulkintaa. Erityisesti aineistosta on etsitty vastauksia siihen, miten eri kaupunkien tiekarttojen mukaan aiotaan toteuttaa siirtymä hiilineutraaliin tulevaisuuteen. Sosioteknisen muutoksen teoriassa erotetaan kolme eri analyttistä tasoa: niche- eli mikrotaso, regiimi- eli mesotaso ja maisema- eli makrotaso. Keskeisenä ajatuksena on, että laajamittaisen siirtymän kestävämpään, hiilineutraaliin tai fossiilisista polttoaineista vapaaseen yhteiskuntaan toteutumiseksi on muutoksia tapahduttava kaikilla kolmella tasolla. Aineistosta ja niissä esitellyistä toimenpiteistä on etsitty näiden tasojen ja niiden välisen vuorovaikutuksen ilmentymiä. Analyysi on luonteeltaan vertailevaa eli se nostaa esille eri hiilineutraaliussuunnitelmia ja kaupunkeja yhdistäviä ja erottavia asioita.

Jokainen tiekartta ja sen esittelemät toimenpiteet on kuvattu erikseen ja sisällön tiivistetyn kuvailun lisäksi toimenpiteitä on kommentoitu sosioteknisen muutoksen teorian näkökulmasta käsin. Tiekarttojen sisältö on jaoteltu alaotsikoihin, joita ovat:

- 1) toimenpideohjelman laadinta ja toteutus
- 2) kaupungin nykyiset kasvihuonekaasupäästöt
- 3) energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset
- 4) liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueella tehtävät päästövähennykset
- 5) muut toimenpiteet ja taloudelliset vaikutukset

Energian osa-alue sisältää erityisesti sähkön ja lämmityksen tuotantoon ja kulutukseen liittyviä toimenpiteitä. Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueen kuvaukset puolestaan esittelevät erilaisia liikkumiseen, kaupunkisuunnitteluun, asumiseen ja rakentamiseen liittyviä toimenpiteitä. Jokaisella tiekartalla voi lisäksi olla omia aineiston erityisyydestä nousevia alaotsikoita. Alaotsikoissa esitellään osa-alueittain eriteltyjä päästövähennyksiä ja näiden toteuttamiseksi tehtäviä toimenpiteitä, koska hiilineutraaliudessa on erityisesti kyse päästöjen voimakkaasta leikkaamisesta.

4.1 Helsingin toimenpideohjelma

Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus

Esitys Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman ovat laatineet Helsingin kaupungin kansliapäällikön asettama työryhmä, johon kuuluivat kaupungin toimialojen lisäksi jäsenet Helen Oy:stä, HSL- ja HSY -kuntayhtymistä sekä Smart & Clean -säätiöstä. Gaia Consulting Oy:n ja WSP Finland Oy:n toteuttamat alustavat laskelmat liikenteen ja rakentamisen toimenpiteiden päästövähennysvaikutuksista ja kustannuksista toimivat työryhmän apuna. Ohjausryhmä ja kaupungin asiantuntijat muokkasivat yhdeksästä työpajasta kerätyt ehdotukset päästövähennystoimenpiteistä lopulliseen muotoonsa. Toimenpiteitä kirjattiin yhteensä 143 kappaletta: 30 liikennetoimenpidettä, 56 rakentamisen ja 57 muuta toimenpidettä. Vastuu toimenpiteiden toteutumisesta on toimenpideohjelmassa jokaisen toimenpiteen kohdalla erikseen mainitulla toimialaorganisaatiolla. Esimerkiksi toimenpideohjelman ensimmäinen toimenpide käsittelee liikenteen solmukohtia ja vaihtojen sujuvuuden parantamista ja vastuu sen toteutumisesta on kolmella eri kaupunkiorganisaatiolla: Helsingin seudun liikenteellä, liikenne- ja katusuunnittelulla sekä asemakaavoituksella. Työryhmän esitys valmistui 28.2.2018, toimenpideohjelma julkaistiin 24.8.2018 ja sitä päivitettiin vielä 12.9.2018. Toimenpideohjelma on esitys niistä käytännön keinoista, joilla Helsingin kaupunki aikoo toteuttaa hiilineutraaliuden tavoitteen vuoteen 2035 mennessä. Tämä tavoite toteutuu vähentämällä kasvihuonekaasupäästöjä 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta ja kompensoimalla jäljelle jäävän 20 prosenttia muualla. (Helsingin kaupunki 2018, 8.)

Ohjelmassa on määritelty toimenpiteet hiilineutraaliuden tavoitteen saavuttamiseksi osa-alueittain. Osa-alueita ovat: liikenne, rakentaminen ja rakennustenkäyttö, kuluttaminen, hankinnat, jakamis- ja kiertotalous, Smart & Clean -kasvu, kaupungin omistaman energiayhtiön Helen Oy:n kehitysohjelma, hiilinielut ja päästöjen kompensointi, viestintä ja osallistaminen, ilmastotyön koordinointi, seuranta ja arviointi. (Helsingin kaupunki 2018, 8.)

Helsingin nykyiset kasvihuonekaasupäästöt

Suurin osa Helsingin päästöistä tulee rakennusten ja liikenteen energiankäytöstä. Näiden päästöt riippuvat olennaisesti siitä, miten niiden käyttämä energia on tuotettu. Eri energiantuotantomuotojen

tuottamia päästövaikutuksia kuvataan niin sanotulla päästökertoimella: kuinka paljon hiilidioksidiekvivalentteja (lyh. CO₂-ekv.) yhden kulutetun energiayksikön tuottaminen synnyttää (esimerkiksi 120 g CO₂-ekv. /kWh). Hiilineutraalisuustavoite eli 80 prosentin päästövähennys tarkoittaa, että vuosipäästöt saavat olla enintään noin 700 kilotonnia CO₂-ekv. vuonna 2035, kun ne vertailuvuonna 1990 olivat 3,5 miljoonaa tonnia. (Helsingin kaupunki 2018, 8–9.)

Helsingin kaupunki on jo vähentänyt kokonaispäästöjään neljänneksellä vuodesta 1990, kun nykytilannetta kuvaa vuosi 2015. Laskevasta päästötrendistä huolimatta toimenpideohjelmassa tuodaan esille, että päästöjä on tulevaisuudessa vähennettävä entistä enemmän ja nopeammin kaupungin väestömäärän kasvaessa noin 8000 asukkaalla vuodessa. Toimenpideohjelmassa peräänkuulutetaan yhteistyötä kaupungin, kaupunkilaisten, yritysten ja erilaisten Helsingissä toimivien organisaatioiden kanssa sekä päästövähennyksiä edistäviä politiikkatoimia valtiolta. Näin Helsingin kaupunki tukee omilla tavoitteillaan kansallisia päästövähennystavoitteita. Ohjelma ei esittele toimenpiteitä ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi, koska niitä on käsitelty tarkemmin muissa Helsingin kaupungin ohjelmissa kuten esimerkiksi tulvastrategiassa. (Helsingin kaupunki 2018, 17–18.) Helsingin kaupungin väestömäärän kasvu on makrotason tekijä, joka vaikuttaa voimakkaasti ja pitkään tulevaisuuteen kaupungin päästövähennystavoitteisiin ja -toimenpiteisiin.

Helsingin nykyisten politiikkaohjeiden ja jo päätettyjen toimenpiteiden noudattaminen eli niin kutsuttu Business As Usual -skenaario (BAU) johtaisi kasvihuonekaasupäästöjen vähenemiseen 52 prosentilla vuoteen 2035 mennessä vuoden 1990 tasoon verrattuna. Hiilineutraaliustavoitteen kannalta BAU -skenaarion toimenpiteet eivät kuitenkaan ole riittäviä. Merkittävimmät erot BAU -skenaarion ja hiilineutraaliusskenaarion vuoden 2035 päästöissä tulevat kaukolämmön, kulutussähkön ja liikenteen osa-alueilta. Kaukolämmön saralla 70 prosenttia kaukolämmöstä on tarkoitus olla päästötöntä vuonna 2035 ja se on tarkoitus saavuttaa sulkemalla Hanasaari B -voimalaitos ja luomalla korvaavalle tuotannolle tarvittavat kaupunkitilat, vähentämällä lämmönkulutusta tehostamalla vanhan rakennuskannan sekä uudisrakennusten energiatehokkuutta, nostamalla merkittävästi maalämmön määrää ja luopumalla täysin öljylämmityksestä. Lisäksi ilmaston lämpenemisen ennustetaan vähentävän lämmityksen tarvetta kymmenellä prosentilla. Liikenteessä päästövähennyksiin aiotaan päästä raideliikenteen sekä pyöräilyn ja kävelyn merkittäväällä kasvulla, joukko- ja laivaliikenteen hiilineutralisoimisella, kasvattamalla biopolttoaineiden osuus 30 prosenttiin liikennepolttoaineista, ajoneuvojen energiatehokkuuden paranemisen avulla sekä nostamalla sähköautojen osuus 30 prosenttiin autokannasta. Sähköautojen

määrän voimakas kasvu on tarkoitus mahdollistaa markkinaehtoisesti rakennetun julkisen latausinfraan avulla. (Helsinki 2018, 27–31.)

Tarkastelen seuraavaksi, minkälaiset toimenpiteet kaukolämmön, kulutussähkön ja liikenteen osaluilla synnyttävät merkittävimmät erot BAU-skenaarion ja hiilineutraaliusskenaarion välillä ja ovat näin keskeisessä asemassa mahdollistamassa hiilineutraaliuteen siirtymisen.

Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset

Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman rinnalla toimii kaupungin omistaman energiayhtiö Helen Oy:n kehitysohjelma, joka vastaa keskitetyn energiantuotannon päästövähennystoimenpiteistä. Sen aikajänne ulottuu vuoteen 2024 asti, ja sillä on keskeinen asema erityisesti kaukolämmön päästöjen vähentämisessä. Merkittävin muutos on Hanasaari B -kivihiilivoimalaitoksen sulkemisella ja sen tuotannon korvaamisella biomassalla ja muulla hajautetummalla energiantuotannolla. Helen Oy:n tavoitteena on lopettaa kivihiilen käyttö 2030-luvun aikana, mutta Suomen hallitus on esittänyt kivihiilestä luopumista koko maassa jo vuoteen 2029 mennessä. Tämä tarkoittaisi nopeutettua ja kalliimpaa muutosta Salmisaaren kivihiilen ja biomassan yhteistuotantolaitoksen polttoaineessa. (Helsingin kaupunki 2018, 97–98.) Hallituksen päätöksessä nähdään makrotasolta tulevan paineen vaikutus regiimi-tason tekijöihin, kun ilmastonmuutoksen torjuntaa pyritään edesauttamaan kieltämällä erittäin saastuttava hiilen poltto. Tämä pakottaa regiimi-tason toimijan eli kaupungin energiayhtiö Helenin reagoimaan päätökseen ja muuttamaan vakiintuneita toimintamallejaan suunniteltua nopeammalla aikataululla. Ohjelmassa mainittu hajautetumpi energiantuotanto taas voidaan nähdä niche-tasolta tulevana vaikutteena, joka on muotoutumassa osaksi regiimi-tason vakiintuneita toimintatapoja.

Biomassan polttamisen laskeminen päästöttömäksi perustuu tämän hetken vallitseviin laskentatapoihin, joissa pitkän aikavälin tarkastelussa kaadetun puuston tilalle kasvava uusi puusto sitoo kasvaessaan hiiltä ilmakehästä (Soimakallio 2018, 94–96). Tätä laskentatapaa on kuitenkin kritisoitu siitä, että lyhyellä aikavälillä biomassan poltosta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt saattavat olla jopa fossiilisia polttoaineita suuremmat ja että tehdyt investointipäätökset energiajärjestelmään sitovat sitä vuosikymmeniksi eteenpäin (VALOR 2018). Kritiikissä keskeistä on eri aikajänteiden tarkastelu. Poltettaessa puuhun sitoutunut hiili vapautuu ilmakehään välittömästi,

kun taas uuden puun kasvamisessa kestää vuosikymmeniä. Puuhun sitoutunut hiili vapautuu myös silloin, kun puu kuolee metsään ja lahoaa sinne, mutta tässäkin prosessissa hiili vapautuu ilmakehään hiljalleen vuosikymmenten aikana. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi päästöt olisi saatava laskemaan tai kääntymään negatiivisiksi mahdollisimman pian, mutta bioenergian laajamittaisesta käytöstä saatavat hyödyt nähtäisiin vasta vuosikymmenien päästä ja silloinkin puuston tai muun biomassan korjuun kestävydestä huolehtien. Tästä seuraa, että vaikka toiminta voi olla hiilineutraalia, se ei välttämättä ole ilmastonneutraalia tai ilmastonmuutoksen hillintään parhaiten sopiva väline. (Soimakallio 2018, 93–96, 101–102.)

Lisäksi toimenpideohjelmassa tuodaan mielenkiintoisesti esille, kuinka kivihiilen korvaava energiantuotanto vaatii enemmän tilaa, joka Helen Oy:n on huomioitava toimintojensa tontti- ja tilavarauksissa (Helsingin kaupunki 2018, 98). Uusiutuvat energianlähteet ovat tehokkuudeltaan moninkertaisesti alhaisempia fossiilisiin polttoaineisiin nähden. Jos uusi energijärjestelmä rakennetaan pääasiassa uusiutuvien energianlähteiden varaan, joudutaan ottamaan käyttöön kymmeniä tai jopa tuhatkertaisesti suurempi pinta-ala fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaan energijärjestelmään verrattuna. Tästä seuraa lukuisia sääntelyllisiä, oikeudellisia, teknologisia ja logistisia haasteita, ja nämä haasteet toimivat osaltaan yhtenä tekijöinä siinä, miksi siirtymät eivät ole niin nopeasti toteutettavissa. (Smil 2008, 312.)

Pääosin fossiilisilla polttoaineilla tuotettava rakennusten lämmitys aiheuttaa yli puolet Helsingin päästöistä. Yli 90 prosenttia helsinkiläisistä kiinteistöistä kuuluu kaukolämpöverkkoon. Erillislämmityksen osuus on noin 10 prosenttia ja tämän jakautuu lähes tasan sähkö- (49%) ja öljylämmityksen (47%) kesken. Öljylämmitys vastaa noin viittä prosenttia Helsingin rakennusten lämmityksen päästöistä, mutta siitä ollaan yleisesti siirtymässä kohti kauko- ja maalämpöä, ja tätä tukee Suomen hallituksen tavoite puolittaa tuontiöljyn käyttö kotimaan tarpeisiin 2020-luvun aikana. Lisäksi kaupunki seuraa lämpökaivojen poraustekniikan kehittymistä yhteistyössä alan toimijoiden kanssa. Lämmöntuotannon hiilineutralisoinnin lisäksi helsinkiläisten on vähennettävä rakennustensa lämmitystarvetta kustannustehokkuuden vuoksi. Lämmitystarvetta vähennetään erityisesti rakennusten energiatehokkuutta parantamalla, tuottamalla kiinteistökohtaisesti energiaa tai ottamalla aktiivisesti talteen ilman ja veden mukana hukkaan menevä lämpö. Ohjelmassa esitetään, että energijärjestelmää on tärkeää tarkastella kokonaisuutena eikä vain yksittäisten kiinteistöjen tai alueiden näkökulmasta, jotta päästövähennykset saavutettaisiin kustannuksiltaan ja muilta vaikutuksiltaan optimaalisella tavalla. (Helsingin kaupunki 2018, 56–57, 75.)

Ohjelmassa nimitetään olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantamista ja uusiutuvan energian lisäämistä peruskorjausten yhteydessä energiarenessanssiksi. Energiatehokkuuden parantaminen on helpointa ja kustannustehokkainta, kun toimet ajoitetaan rakennusten peruskorjausten yhteyteen. Korjausrakentamisella ja maalämpöön siirtymisellä voidaan kummallakin säästää jopa 15 prosenttia rakennusten lämmönkulutuksesta vuoteen 2030 mennessä. Samalla ohjelmassa kuitenkin tuodaan esille, kuinka yksityisessä omistuksessa olevilta taloyhtiöiltä, jotka kuluttavat noin puolet Helsingin rakennuskannan energiasta, puuttuvat kannusteet ottaa energia-asioita huomioon peruskorjausten suunnittelun yhteydessä. Ohjelmassa ehdotetaan perustettavaksi peruskorjausten yhteydessä energiarenessanssia toteuttava kehitysohjelma energiatehokkuustoimien tehostamiseksi. Kaupunki voisi toimia tässä yhdessä yksittäisten taloyhtiöiden ja niiden omistajien kanssa aluekohtaisten yhteishankkeiden riippumattomana ja luotettavana toteuttajana, edesauttaen näin alueellisten synergioiden ja urakoiden energiatehokkuustoimien toteutumisessa. (Helsingin kaupunki 2018, 72–73.)

Huomionarvoista on myös, että rakennusten koko elinkaaren aikaiset päästöt eivät sisälly päästölaskentaan, vaan siinä tarkastellaan ainoastaan rakennusten käytön aikaisia vaikutuksia. Tulevaisuudessa energiatehokkuuden parantuessa käytöstä aiheutuvien päästöjen osuus vähenee ja yhä keskeisempään asemaan ilmastotavoitteita tarkasteltaessa nousevat rakennusten koko elinkaaren aikaiset päästöt, erityisesti rakennusmateriaalit. Ohjelman mukaan tämä luo painetta kehittää menetelmiä elinkaari- ja päästöjen arviointiin myös kaupunkien päästölaskennassa. (Helsingin kaupunki 2018, 57.)

Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma keskittyy energiantuotantoon liittyvissä asioissa ensisijaisesti energiankulutukseen ja uusiutuvan energian kiinteistökohtaiseen tuotantoon. Suuremmat Helsingin energijärjestelmätason ratkaisut ovat kaupungin omistaman energiayhtiö Helen Oy:n vastuulla, ja energiantuotannon päästövähennyksiä käsitellään tarkemmin sen omassa kehitysohjelmassa. Toimenpideohjelman mukaan sähköntuotanto Suomessa on jo 80 prosenttisesti hiilidioksidivapaata, joten kokonaispäästöjen vähentämisessä keskeisellä sijalla on kaukolämmön päästöjen vähentäminen. (Helsingin kaupunki 2018, 97.)

Sähkönkulutuksen päästölaskenta tehdään valtakunnallisen sähkön päästökertoimen perusteella, koska sähkön voi ostaa mistä vain. Tämän seurauksena muutokset Helsingin alueen sähköntuotannossa vaikuttavat päästöihin vain sen verran, kuin niillä on vaikutusta koko maan päästökertoimeen. Lisäksi Helen Oy:n kaukolämmöntuotanto kuuluu Euroopan Unionin

päästökauppasektorille eli päästöjä tuottavat laitokset omistavat tietyn määrän päästöoikeuksia, joilla ne voivat käydä keskenään kauppaa. (Helsingin kaupunki 2018, 98.) Päästökaupalla pyritään seuraamaan päästöjen kehittymistä sekä vähentämään niitä kustannustehokkaasti. Jos Helen Oy vähentää päästöjä enemmän kuin sillä on laskennallisia päästöoikeuksia, päästöoikeudet käytetään jossain muualla EU-alueella. Tämä tarkoittaa, että Helen Oy:n tekemät päästökauppasektoria kalliimmat päästövähennykset eivät johda suoraan globaalien päästöjen vähentymiseen. Kokonaispäästöt laskevat vasta, kun kaupunki tai valtio mitätöi markkinoilta alueellisia päästövähennyksiä vastaavan määrän päästöoikeuksia. Toimenpideohjelman mukaan tähän ollaan siirtymässäkin EU-tasolla, kun EU on sopinut siirtävänsä markkinoilla olevat ylimääräiset päästöoikeudet markkinavakausmekanismiin ja mitätöivänsä ne. (Helsingin kaupunki 2018, 98.) Päästökauppa toimii hyvänä esimerkkinä ilmastonmuutoksen tapaisen maailmanlaajuisen monimutkaisen ilmiön hallinnan vaikeudesta. Keskitetty energiantuotanto on sosiotekninen järjestelmä, joka sisältää useita yhteen kietoutuneita ja keskenään vuorovaikutuksessa olevia toimijoita ja rakenteita vakiintuneineen käytäntöineen ja hallinnollisineen toimintamalleineen.

Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset

Kestävien kulkumuotojen eli kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen osuuksia liikenteestä voidaan kasvattaa helpottamalla ja edistämällä niiden yhteiskäytön sujuvuutta, vaivattomuutta ja yleistä palvelutasoa. Joukkoliikenteen palvelutasoa on pakko nostaa myös ajoneuvoliikenteen hinnoittelun myötä. Sähköpyöräilyn määrän odotetaan kasvavan tulevaisuudessa, mutta tämä lasketaan vain yhdeksi tekijäksi pyöräilyn kulkutapaosuuden tulevaisuuden kasvussa. Joukkoliikenteen palvelutarjonnan parannukset muun muassa raideliikenteen verkoston laajennuksilla sekä pyöräilyn kantakaupungin tavoiteverkon ja baanaverkon rakentamiset vaativat raportin mukaan merkittäviä kustannuksia eivätkä ole kaikki yksin Helsingin päätettävissä. (Helsinki 2018, 39.)

Liikenteen hinnoittelu koostuu pysäköinnin, joukkoliikenteen ja mahdollisesta ajoneuvoliikenteen hinnoittelusta, joka tarkoittaa käytännössä tietulleja tai ruuhkamaksuja sekä pysäköinnin hinnoittelua. Sen on arvioitu olevan päästövähennysten näkökulmasta liikenteen osa-alueen vaikuttavin ja kustannustehokkain toimenpide (Gaia Consulting Oy 2014; Siemens 2016). Tämän lisäksi se on tehokkain tapa vähentää liikenteestä koituvia haittavaikutuksia ilmanlaatuun, meluun ja ruuhkiin ja tätä kautta kaupunkilaisten terveyteen. Toteutuakseen se kuitenkin vaatii seudullista ja valtiollista

yhteistyötä, eikä ole näin pelkästään Helsingin kaupungin päätettävissä. Toisaalta se ei vaadi myöskään yksittäisten kuluttajien investointipäätöksiä. Ajoneuvoliikenteen hinnoittelujärjestelmän käyttöönotto edellyttäisi lainsäädännön muutosta, mutta hiilineutraaliustavoite vaatisi sen kokeilun aloittamista jo 2020-luvulla ja käyttöönottoa ennen vuotta 2035. (Helsinki 2018, 42–43.)

Liikenteen toimenpiteet toimivat esimerkkinä niistä monimutkaisista vuorovaikutussuhteista, joita sosioteknisillä regiimeillä on esimerkiksi eri hallinnollisilla tasoilla sekä infrastruktuurien ja lakien suhteen. Esimerkiksi joukkoliikenteen palveluita parantavat toimet vaativat toteutuakseen yhteistyötä eri hallinnollisilla tasoilla Helsingin kaupungin, kaupunkiseudun ja valtion välillä. Lisäksi ajoneuvoliikenteen hinnoittelujärjestelmän käyttöönotto edellyttäisi lainsäädännön muutosta, joka toimii esimerkkinä siitä, kuinka jo olemassa olevat teknologiat ovat järjestäytyneet yhteen vallitsevien sääntöjen kanssa. Tämä puolestaan hidastaa uusien tekemisen tapoja.

Kaupunkirakenteen suunnittelulla ja kaavoittamisella pyritään vaikuttamaan hiilineutraaliustavoitteen toteutumiseen täydentämällä kaupungin yhdyskuntarakennetta ja ohjaamalla näin yhä suurempi osa väestöstä kestävien kulkumuotojen käyttäjiksi. Näiden toimenpiteiden etuna on niiden toteuttamiseen vaadittavat pienet kustannukset, koska ne voidaan tehdä virkatyönä ja Helsingin kaupungin omina päätöksinä. (Helsinki 2018, 44.)

Osansa liikenteen päästövähennyksissä on ajoneuvoteknologian muutoksella, jonka kautta ajoneuvojen yksikkökohtaiset päästöt laskevat. Helsingin kaupunki edistää päästövähennyksiä suosimalla vähäpäästöisiä ajoneuvoja esimerkiksi alentamalla näiden pysäköinti- ja ruuhkamaksuja, mahdollistamalla sähköautojen julkisen latausinfrastruktuurin rakentamisen markkinaehtoisesti, nostamalla Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymän tilaamasta bussikalustosta sähköbussien osuuden 30 prosenttiin vuoteen 2025 mennessä sekä bussien käyttämästä polttoaineesta biopolttoaineiden osuuden 90 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Raskaan liikenteen sekä työkalujen päästöjä lasketaan kiristämällä niiden kilpailutuksessa käytettyjä ympäristökriteereitä, ja kaupungin omassa sekä kaupungin tilaamassa kalustossa käytetään vain biopolttoaineita tai uusiutuvaa sähköä vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi kantakaupungin alueelle muodostettua ympäristövyöhykettä kehitetään ja sen laajentamista selvitetään. Ympäristövyöhykkeellä Helsingin sisäiseltä ja seudulliselta bussiliikenteeltä sekä jätteenkuljetukselta vaaditaan kilpailutuksessa muita tiukempia päästökriteereitä. Suurin osa näistä toimenpiteistä on yksin Helsingin kaupungin päätettävissä ja alhaisia kustannuksiltaan, mutta erityisesti sähköautojen latausinfrastruktuurin rakentaminen sekä bussikaluston uusiminen vaativat merkittäviä panostuksia. Hiilineutraaliustavoitteiden toteutuminen

liikenteen osalta vaatii ajoneuvoteknologian kehittymistä vähintään ennakoidulla nopeudella. (Helsinki 2018, 44–46.)

Helsingin sataman päästöjä pyritään vähentämään energiatehokkuutta parantamalla, pienentämällä päästöjä lastiyksikköä kohden mahdollistamalla suurempien alusten käynti ja kiinnittyminen Vuosaaren satamassa sekä mahdolliset tuet ympäristötoimet huomioon ottaville laivayhtiöille. Helsingin Satama Oy:n toimenpiteet on koottu ”Hiilineutraali Satama” -toimenpiteen alle, ja hiilineutraalius eli nollapäästötavoite vuoteen 2035 mennessä tarkoittaa satama-alueilla Helsingin Satama Oy:n oman toiminnan päästöjä. (Helsinki 2018, 46–47.)

Perinteisen joukkoliikenteen rinnalle tai osaksi sitä tulevat uudet liikkumispalvelut voivat parantaa liikenteen sujuvuutta ja liikkumisen energiatehokkuutta. Tällaisia palveluja ovat esimerkiksi erilaiset liikkumisen ohjaus- sekä kyydinjako-, yhteiskäyttö- ja vertaisvuokrauspalvelut. Lisäksi toteutetaan erilaisia liikkumisen ohjaukseen sekä viestintään liittyviä toimenpiteitä, kuten liikkumissuunnitelmia ja -palveluita kaupungin organisaatioille, tytäryhteisöille ja yrityksille sekä kampanjointia ja viestintää kestävien liikkumismuotojen edistämiseksi. Näiden toimien avulla voidaan vähentää liikkumisen päästöjä kustannustehokkaasti sekä helposti hyväksyttävällä tavalla. Toimenpideohjelmassa huomautetaan kuitenkin, että tietoa uusien liikkumispalveluiden vaikutuksista liikkumiseen ja tätä kautta päästövähennyksiin on vielä hyvin vähän. (Helsinki 2018, 48.)

Liikenteen osa-alueella on huomattava määrä toimenpiteitä, joita kaupungin tulee tehdä sekä itse että yhteistyössä muiden kanssa, jotta liikenteen päästövähennystavoite vuodelle 2035 voidaan saavuttaa. Tavoitteen saavuttamiseksi kaikkien suunnitelmassa esiteltyjen päästöjen vähentämisen toimenpiteiden tulisi toteutua. Ohjelmassa huomautetaan, että jos yksi tai useampi toimenpiteistä ja sen myötä toteutuneista päästövähennyksistä jäisi toteutumatta, nämä pitäisi korvata toisella osa-alueella. (Helsinki 2018, 50.)

Raportissa mainitaan, että toimenpiteiden toteuttaminen voi olla aikaa vievää, koska kaupungit tiiviinä asumisympäristönä sisältävät paljon eri toimijoita, joiden intressien yhteensovittaminen voi olla hankalaa. Merkittävä osa toimenpiteistä myös toteutettaisiin joka tapauksessa osana normaalia kaupungin kehittämistä ja muita suunnitelmia. Lisäksi useiden toimenpiteiden toteuttaminen ei vaadi lisäinvestointeja vaan ne voidaan toteuttaa normaalin virkatyön puitteissa. Toisaalta monien toimenpiteiden kustannusarviot ovat suuntaa antavia tai niitä on vaikea arvioida toimenpiteiden

ollessa mahdollisia toteuttaa monin eri tavoin. Suorien kustannusvaikutusten lisäksi monien toimenpiteiden toteuttamisella voi olla muita välillisiä taloudellisia vaikutuksia tai epäsuoria hyötyjä, kuten parantunut ilmanlaatu tai melusaasteen väheneminen. (Helsinki 2018, 48–51.)

Hiilinielut ja päästöjen kompensointi

Helsingin hiilineutraaliustavoite on vähentää päästöjä 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2035 mennessä ja kompensoida loput. Lopullisena tavoitteena on se, että mitään päästöjä ei jää kompensoitavaksi. Päästökompensaation tulee siis olla vain väliaikainen ratkaisu, jolla saavutetaan laskennallinen päästöttömyys ennen kuin toiminta on täysin päästötöntä. (Helsingin kaupunki 2018, 101–102.) Sitä, mitä täydellä päästöttömyydellä tarkoitetaan, ei selitetä tarkemmin, mutta ajatus Helsingin kokoisen kaupungin täydellisestä päästöttömyydestä vaikuttaa oudolta, sillä onhan kaikki inhimillinen toiminta lopulta päästöjä aiheuttavaa. Jos vertaa mitä tahansa päästöjä aiheuttavaa toimintaa ja niiden kompensointia esimerkiksi nykyiseen tapaan laskea bioenergia päästöttömäksi, eroa ei ole. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna pyrkimys täyteen päästöttömyyteen voidaan asettaa kyseenalaiseksi.

Toimenpideohjelmassa todetaan, että vaikka Helsingin kaupunkialueen puuston, kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastoa ei oteta huomioon päästölaskennassa, hiilivaraston ja -nielujen kasvattaminen voi kuitenkin tarjota vaihtoehdon kaupungin päästöjen kompensointiin. Helsingin kaupunkialueen puustoon, kasvillisuuteen ja maaperään on vuonna 2014 tehdyn arvion mukaan laskettu olevan sitoutuneena noin 1250 kilotonnia hiiltä, mikä vastaa kaupunkialueella noin 1,5 vuoden aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. (Helsingin kaupunki 2018, 100.) Lisäksi hiilivaraston koko kasvaa 35 kilotonnilla hiiltä vuodessa, mikä vastaa hiilidioksidiksi muutettuna noin 26 000 asukkaan päästöjä (Rasinmäki & Känkänen 2014). Tämä tarkoittaa, että kaupunkialueen kasvillisuus ja maaperä toimivat parhaillaan tehokkaana hiilinieluna. Ohjelmassa kuitenkin todetaan, että laskentamenetelmät sisältävät epävarmuuksia, mutta siitä huolimatta *"tulos tukee ajatusta siitä, että myös kaupunkialueen puustolla ja maaperällä on tärkeä merkitys kaupungin tuottamien hiilidioksidipäästöjen sitomisessa"*. (Helsinki 2018, 100.) Yleiskaavan mukaisen uuden rakentamisen myötä kaupunkialueen hiilivaraston on arvioitu pienenevän tulevaisuudessa (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2014). Asemakaavoituksessa ja rakentamisessa on tärkeintä pyrkiä ratkaisuihin, joilla säilytetään kaupungin tärkeimmät hiilinielut sekä vahvistetaan ja suojellaan jo

olemassa olevaa kaupungin viherverkostoa. Tämä tehdään käytännössä metsittämällä Helsingin yleiskaavan metsäverkoston avoimia kohtia sekä hoitamalla kaupungin omistamia metsäisiä ja puustoisia alueita kestäväillä metsänhoidon toimilla. Hiilinelutoimenpiteiden etuna on niiden toteuttamismahdollisuudet kaupungin omina päätöksinä ja virkatyönä, jonka myötä toteuttamiskustannukset ovat alhaisia. (Helsinki 2018, 100–101.)

Ilmastonmuutoksen vaikutusten hillintä Helsingissä

Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulevat joka tapauksessa olemaan niin suuret, että niihin on varauduttava ja sopeuduttava. Parhaiten tämä tehdään kaupunkitasolla, koska vaikutuksetkin kohdataan aina paikallisesti. Ohjelmassa tuodaan hyvin esille, kuinka keskinäisriippuvaisia ja toisiinsa kytkeytyneitä yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisut ovat ja kuinka ilmastonmuutoksen hillintä ja sopeutuminen voivat tukea toisiaan tai olla toisilleen haitaksi. Esimerkiksi tiivis kaupunkirakenne voi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, mutta lisätä hulevesitulvariskiä ja voimistaa lämpösaarekeilmiötä. Kuumen ilmaston myötä lisääntyvä rakennusten viilennystarve taas lisää sähkönkulutusta. Esimerkkiratkaisuna näihin ongelmiin esitetään viherrakenteiden lisäämistä esimerkiksi viherkattoina, jotka voivat pidättää hulevesiä ja viilentää lämpösaarekkeita toimien samalla hiilineluina. Toimenpideohjelma ei kuitenkaan käsittele sopeutumistoimenpiteitä tarkemmin, koska niitä on jo käsitelty muissa Helsingin kaupungin ohjelmissa ja suunnitelmissa, kuten hulevesiohjelmassa ja tulvastrategiassa. Sopeutumislinjaukset on tarkoitus tuoda päätöksentekoon samanaikaisesti Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman kanssa. (Helsingin kaupunki 2018, 104–105.)

Smart & Clean -kasvu ja hiilineutraalius mahdollisuutena

Helsinki pyrkii olemaan Smart & Clean -kasvun eli älykkään ja puhtaan talouskasvun kaupunki. Vapaan markkinatalouden maailmassa Helsinki kilpailee muun muassa osaavasta työvoimasta, investoinneista ja yrityksistä eri tasoilla, Suomen sisäisesti, EU:n alueella ja globaalisti, muiden kaupunkien ja alueiden kanssa. Tämän vuoksi se haluaa olla muutosjohtaja ja digitalisaatiota hyödyntävä ilmasto- ja kiertotalousratkaisujen kaupunki, jolle hiilineutraalius ei ole pelkästään päämäärä itsessään, vaan sen avulla voidaan markkinoida ja kasvattaa kaupungin vetovoimaa ja

kaupunkibrändiä, jotka puolestaan tukevat siellä toimivien yritysten markkinointia. Luomalla yrityksille suotuisan toimintaympäristön, Helsinki voi vauhdittaa innovaatioiden kaupallistamista ja leviämistä maailmalle, ja näin Smart & Clean -kasvu hyödyttää kaikkia: kaupunkilaisia, kaupunkiorganisaatiota, elinkeinoelämää ja seudun tutkimuslaitoksia. (Helsingin kaupunki 2018, 94–95.)

Ohjelmassa todetaan, että muutoksen ennakoiminen ja johtaminen antavat kaupungille ja yrityksille mahdollisuuden rakentaa valittu tulevaisuus ja varautua näin muutokseen (Helsingin kaupunki 2018, 94). Toimenpideohjelman voidaan katsoa toimivan tässä ennakoimistyössä tiekarttana. Digitalisaatiolla on keskeinen sija tämän muutoksen mahdollistajana ja sen luomat ratkaisut ovat välttämätöntä yhdistää kaupungin nykyiseen infrastruktuuriin ja nopeuttaa näin muutosta kohti päästöttömyyttä ja kiertotaloutta. Helsingin pitkän aikavälin tavoitteiksi onkin asetettu olla ympäristöpositiivisen rakennetun ympäristön edelläkävijä ja maailman johtava kiertotalouskaupunki, jolla on maailman älykkäin kaupunkienergia, maailman houkuttelevin päästötön liikkuminen ja maailman resurssiviisaimmat kaupunkilaiset. Lisäksi sen toivotaan olevan disruptiota johtava kaupunki. (Em. 92–95.)

Disruptiolla tarkoitetaan ilmiötä, jossa vakiintuneet toimintatavat murtuvat ja uudet teknologiset innovaatiot syrjäyttävät vanhoja tekemisen tapoja. Toimenpideohjelma ei kuitenkaan tarkenna, aikooko Helsingin kaupunki luoda tavallisilta markkinoiden vaikutuksilta suojatun ympäristön, jossa nämä uudet innovaatiot voivat syntyä ja kehittyä ja miten käytännössä vakiintuneiden toimintatapojen on tarkoitus murtua. Sosioteknisen muutoksen teorian mukaan siirtymä sosioteknisestä järjestelmästä toiseen tapahtuu, kun maisematasolta kohdistuvat paineet pakottavat sosiotekniset regimit uudistumaan, mutta regiimin toimijat epäonnistuvat muodonmuutoksessa. Tämä avaa mahdollisuuksia vallitsevan sosioteknisen regiimin ulkopuolisille toimijoille kehittyä uudeksi vallitsevaksi regiimiksi.

4.2 Tampereen toimenpideohjelma

Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus

Kestävä Tampere 2030 -tiekartta toimenpideohjelma on laadittu kaupunkiorganisaation ja sen yhteistyökumppaneiden asiantuntijoiden ja sidosryhmätyöpajojen analyysien pohjalta, joissa kehitettiin energia- ja ilmastotiekarttojen visiot ja toimenpiteet hiilineutraaliuden saavuttamiseksi vuodeksi 2050. Tämän prosessin tulosten pohjalta selvisi, että Tampere saavuttaa hiilineutraaliuden vuonna 2050 jo perusskenaariossa. Vuodenvaihteessa 2016–2017 pidettyjen energia- ja ilmastotiekarttatilaisuuksien sidosryhmätyöpajojen aineiston pohjalta muodostettiin uusi visioskenaario, jossa hiilineutraalius saavutetaan jo 2030. Samaan aikaan energia- ja ilmastotiekarttojen kanssa kaupunkikonsernin sisällä tehtiin resurssiviisaustiekartta yhdessä liikelaitosten ja tytäryhtiöiden kanssa. Tämä sisälsi merkittäviä yhtymäkohtia energia- ja ilmastotiekarttojen kanssa, joten töiden tulokset päätettiin yhdistää Kestävä Tampere 2030 -tiekartaksi. Tiekartta kokoaa yhteen Tampereen kaupungin ilmasto-, energia- ja resurssiviisaustyötä, ja sitä käytetään koordinaatio- ja seurantatyökaluna hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Skenaariossa otetaan huomioon vuoden 2016 valtioneuvoston energia- ja ilmastostrategian selontekoehdotuksen poliittiset linjaukset. (Tampereen kaupunki 2017, 12–14, 22.)

Hiilineutraalius lasketaan toteutuneeksi, kun hiilidioksidipäästöt ovat laskeneet 80 prosenttia vertailuvuodesta 1990 vuoteen 2030 mennessä. Loput 20 prosenttia päästöistä kompensoidaan. Toimenpideohjelman mukaan tähän päästään yhteistyössä kaupungin yksiköiden kesken ja yhdessä sidosryhmien kanssa. Tätä yhteistyötä koordinoimaan ja seuraamaan käytetään jatkuvasti päivitettävää Kestävä Tampere 2030 -tiekarttaa. (Tampereen kaupunki 2017, 12–14, 22.)

Tampereen nykyiset kasvihuonekaasupäästöt

Tampereen kokonaispäästöt ovat laskeneet vuoden 1990 tasosta vuoteen 2015 mennessä 28 prosenttia, mikä tarkoittaa asukasta kohden mitattuna 45,5 prosentin laskua. Lämmityksen osuus vuoden 2015 kokonaispäästöistä oli noin 32 prosenttia, liikenteen 28 prosenttia, muun sähkönkulutuksen 15 prosenttia, teollisuuden ja työkoneiden 10 prosenttia ja jätehuollon 8 prosenttia. Kaukolämmön, erillislämmityksen ja lämmityssähkön yhteenlaskettu osuus tavoitelluista

päästövähennyksistä vuosille 2015–2030 on 44 prosenttia, liikenteen osuus 21 prosenttia, muun sähkön käytön 15 prosenttia, teollisuuden ja työkoneiden 11 prosenttia ja jätehuollon 9 prosenttia. Tämä tarkoittaa, että päästölähteittäin tarkasteltuna muutokset vuosien 2015 ja 2030 välillä ovat valtavia, esimerkiksi kaukolämmön päästöjen on tiputtava 89 prosenttia, muun sähkön käytön 68 prosenttia ja liikenteen 55 prosenttia. Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset vastaavat 60 prosenttia kokonaispäästövähennyksestä, liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alue 30 prosenttia ja muut osa-alueet noin 10 prosenttia. (Tampereen kaupunki 2017, 16–17, 25, 34 & 77.)

Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset

Tampereen Sähkölaitos Oy tuottaa suurimman osan Tampereella tuotetusta energiasta. Eniten energiaa kuluu rakennusten lämmittämiseen. Tampereen väestöstä 90 prosenttia asuu kaukolämpöverkon alueella, mutta sen kysyntä vähenee tulevaisuudessa energiatehokkuustoimien ja hajautetun energiantuotannon lisääntymisen myötä. Vuosien 2014 ja 2015 välinen talvi oli viimeinen, jolloin Tampereen Sähkölaitoksen energia tuotettiin pääasiassa maakaasulla. Tulevaisuudessa maakaasua korvataan uusiutuvien polttoaineiden sekä kotimaisten ja hajautettujen energianlähteiden osuuksia kasvattamalla. Kaukolämmön osa-alueella tämä tarkoittaa erityisesti puubiomassan lisääntynyttä käyttöä, geotermisen lämmön hyödyntämistä sekä aurinkolämpölaitoksen ja keskusjätevedenpuhdistamon hukkalämpöä hyödyntävän lämpöpumppulaitoksen rakentamista. Kaukolämpöverkon ulkopuolella olevien kiinteistöjen lämmitystä tulisi korvata uusiutuvilla energianlähteillä, joita ei kuitenkaan tiekartassa eritellä tarkemmin. (Tampereen kaupunki 2017, 38–42 & 47.)

Toimenpiteitä on eritelty tiekartassa sen mukaan ovatko ne toteutettavissa kaupungin tai sen tytäryhtiöiden toimesta vai vaativatko ne laajempaa yhteistyötä. Laajempaa yhteistyötä edellyttävät toimenpiteet koskevat pääasiassa hajautettua energiantuotantoa sekä älykkäitä sähkö- ja lämpöverkkoja. Laajemmalla yhteistyöllä voidaan tässä nähdä siten tarkoitettavan toimia, jotka vaativat kaupunkilaisten aktiivista osallistumista, oma-aloitteisuutta ja teknologista kehitystä. Näillä toimenpiteillä on saavutettavissa merkittäviä päästövähennyksiä, ja ne ovat pääasiassa kaupungin hallinnoiman Tampereen Sähkölaitoksen toteutettavissa. Tämä on esimerkki sosioteknisen regiimin reagoimisesta maisematasolta tulevaan paineeseen, jonka myötä se uudistaa ja muuttaa

toimintamalliaan. Toisaalta toiveet teknologisen kehityksen ja kaupunkilaisten oma-aloitteisuuden suhteen viittaisivat uusien teknologioiden käyttöönottoon tulevaisuudessa.

Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset

Tampereen kaupunki pyrkii vähentämään liikenteen osa-alueen päästöjään vähentämällä merkittävästi matkustustarvetta, tukemalla kävelyä ja pyöräilyä pyrkien tekemään näistä suosituimmat liikkumismuodot sekä tekemällä liikenteestä vähäpäästöistä sähköistymisen ja biopolttoaineiden avulla. Matkustustarvetta pyritään vähentämään tehokkaalla ja tiiviillä kaupunkirakenteella, jossa työpaikat, palvelut ja viheralueet sijaitsevat lähellä toisiaan. Matkaketjujen sujuvuutta parannetaan tekemällä eri liikkumismuotojen yhdistämisestä helppoa sekä edistämällä erilaisia liikkumispalveluja ja älykkäitä liikenne- ja ratkaisuja. Sähköajoneuvoille sekä biopolttoaineille on rakennettava toimiva jakeluverkosto, jotta ne voivat yleistyä. Liikenteen sähköistyminen ja fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopolttoaineilla sekä kaupungin väkiluvun vuosittainen kasvu 3000 asukkaalla 2020-luvun alkuun saakka mainitaan yleisinä liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueisiin vaikuttavina trendeinä. (Tampereen kaupunki 2017, 55–56 & 58.)

Tampere pyrkii uudistamaan autoiluun perustuvaa liikkumisen regiimiään yleisistä laajoista trendeistä tulevien paineiden vuoksi. Lisäksi aivan kuten Helsinginkin, myös Tampereen väkiluku kasvaa tasaisesti, aiheuttaen omat muutosvoimansa. Liikenteen sähköistyminen ei ole tietenkään vain jakeluverkostosta kiinni, vaan yksityisautoilijoiden on vaihdettava polttoainekäyttöiset autonsa sähköisiin omaehtoisesti. Tässä voivat toimia apuna sähköautojen hintojen lasku, niiden tekniikan kehittyminen sekä mahdolliset erilaiset valtion tuet. Tampereen kaupungin toimet ovat kuitenkin merkki, kuinka vallitseva regiimin puitteissa tehdään parannuksia ja uudistuksia. Liikenteen sähköistyminen seuraakin luultavasti muodonmuutoksen mallia, jossa regiimiin kohdistuu muospaineita maisema- ja niche-tasoilta, mutta regiimin toimijat kykenevät sopeutumaan uuteen tilanteeseen eikä regiimin ulkopuolisilla niche-toimijoilla ole tarjottavana tarpeeksi kypsää vaihtoehtoista toimintamallia tai teknologiaa.

Asumisessa ja rakentamisessa Tampereen kaupunki pyrkii kohti hiilineutraaliutta lisäämällä rakennusten energiatehokkuutta, minimoimalla rakennusten elinkaaripäästöt, edistämällä

puurakentamista sekä muuttamalla työkoneiden käyttövoiman lähteet vähäpäästöisiksi. Lisäksi kaikkien uusien asuinalueiden on oltava hiilineutraaleja ja kaiken uudisrakentamisen nolla- tai plusenergiarakentamista vuoteen 2030 mennessä. (Tampereen kaupunki 2017, 61–62 & 64.)

Muut päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset

Tiekartassa tuodaan esille, kuinka kuntien päästölaskenta tehdään aluepohjaisesti kaikkialla maailmassa eli materiaalien, resurssien ja energian kulutus tuotantoketjuineen näkyvät vain siellä, missä tuotanto tapahtuu. Suurin osa kulutuksesta tapahtuu eri paikassa kuin tuotanto. Kaupungit ovat suuren kulutuksen paikkoja, ja resurssien viisas käyttö on keino vähentää kaupunkilaisten ympäristövaikutuksia muualla. Tampere pyrkii vähentämään kulutusta asenteidenmuutoksella, tehostamaan resurssien käyttöä jakamistaloudella, yhteiskäytöllä ja joustavuudella sekä uusilla älykkäillä palveluilla. (Tampereen kaupunki 2017, 67, 69, 71.)

Tiekartassa todetaan, että sen ”*eri osa-alueiden vaikutuksia päästöihin on pyritty arvioimaan erotellen kaupungin ja sen tytäryhtiöiden toimenpiteiden osuudet muista toimijoista ja yleisistä muutostrendeistä.*” Kaupunki, sen tytäryhtiöt ja niiden tekemä yhteistyö muiden tekijöiden kanssa vastaavat 55 prosentista vuosien 2015–2030 välillä tehtävistä päästövähennyksistä. Muilla tekijöillä tarkoitetaan muun muassa tekniikan kehitystä, sähköntuotannon päästöjen laskua ja muita ympäristötekijöitä. Toimenpiteiden kustannusten erottelu siten, että toimista erotetaan ilmastovaikutuksen kustannukset, on kuitenkin vaikeaa, ja suurin osa Tampereella tehtävistä toimenpiteistä on sellaisia, jotka tehtäisiin muistakin kuin päästövähennyksistä. (Tampereen kaupunki 2017, 76 & 78.)

Edellä luetellut kulutuksen vähentämisen keinot sekä toisaalta kaupungin ja sen tytäryhtiöiden muut tekijät, kuten esimerkiksi jakamistalouden yleistyminen tai tekniikan kehitys, voidaan nähdä esimerkkeinä laajoista makrotason trendeistä ja kehityskuluista tai toisaalta nichetason tekijöistä, joiden toivotaan yleistyvän osaksi regiimi-tason toimintaa. Esimerkit eivät koske ainoastaan teknologisia tai liiketoiminnallisia keinoja, vaan niissä on myös lueteltu kulttuurisia ja kulutuksellisia ulottuvuuksia koskettavia keinoja. Monitasoperspektiivin näkökulmasta tarkasteltuna tämä on selkeä vahvuus hiilineutraaliuden toteutumisen kannalta, sillä regiimin muutos edellyttää myös muutoksia elämäntyylien alueella.

4.3 Turun toimenpideohjelma

Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus

Turun kaupungin kestävä ilmasto- ja energiatoimintasuunnitelma 2029 -toimenpideohjelma on laadittu kaupunkistrategian pohjalta ja valmisteltu Euroopan Unionin yhteisen mallin (SECAP, Sustainable Energy and Climate Action Plan) mukaisesti sisältäen ilmastopolitiikan toimintalinjat ja välitavoitteet vuosille 2021, 2025 ja 2029 sekä ilmastonmuutoksen hillinnän ja sopeutumisen. Se sisältää perustelut, miksi ja miten hiilineutraaliuden tavoite saavutetaan. Turku pyrkii vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2029 mennessä ja kompensoimaan jäljelle jäävät 20 prosenttia hiilinieluilla. Vuoden 2029 päätavoitteeseen edetään kahden välitavoitteen kautta siten, että vuoteen 2021 mennessä päästöjä on vähennetty 50 prosenttia ja vuoteen 2025 mennessä 60–75 prosenttia vuoden 1990 tasosta. (Turun kaupunki 2018, 1–2.) Toimenpideohjelma ei sisällä tarkkaa kuvausta ohjelman laadintaprosessista.

Turun nykyiset kasvihuonekaasupäästöt

Turun kaupunki käyttää päästöjensä laskentamenetelmänä Suomessa laajasti käytettyä CO₂-raportin laskentamenetelmää, jonka tulokset se muokkaa ja raportoi Euroopan Unionille sen vaatimien SECAP-laskentojen (Sustainable Energy and Climate Action Plan) mukaisesti. Laskennat on tehty vuosina 1990, 2000 ja vuodesta 2008 alkaen vuosittain. Päästölaskentaa kehitetään tulevaisuudessa niin, että siihen pystytään liittämään paremmin Turun alueen vuosittainen kyky sitoa hiiltä ilmakehästä ja tuottaa uusiutuvaa energiaa yli oman tarpeen, hiilinielujen status ja laskenta sekä mahdollisia muita kompensatioita. Liittämällä päästölaskentaan myös kompensatioiden laskenta, saadaan parempi kuva etenemisestä kohti hiilineutraaliutta. (Turun kaupunki 2018, 5.)

Vuonna 2015 Turun kaupungin merkittävimmät päästöjä aiheuttavat sektorit CO₂-raportin menetelmillä laskettuina olivat kaukolämpö 39 prosentin, sähkönkulutus 23 prosentin ja tieliikenne 19 prosentin osuuksillaan. Mittauksien mukaan Turun alueen kasvihuonekaasupäästöt ovat laskeneet merkittävästi seurantavuosien aikana, vuoden 2015 päästöjen ollessa 24 prosenttia vuoden 1990 päästöjä pienemmät. Merkittävin määrällinen päästövähennys päästöjen huippuvuodesta 2000 on saatu aikaan lisäämällä uusiutuvan energian osuutta kaukolämmön tuotannossa, vaikka samaan

aikaan kaukolämpöverkko on laajentunut huomattavasti ja kaukolämmön energiankulutus on kasvanut. Tämän lisäksi vuoden 1990 tasosta päästöt ovat laskeneet erityisen voimakkaasti erillislämmityksen (60%), teollisuuden ja työkoneiden (68%) sekä jätehuollon (42%) päästöjen osalta. Toimenpiteistä merkittävimmät suoritetaan energijärjestelmän saralla, jossa siirtymä hiilineutraaliin kaukolämpöön vastaa kaupungin päästövähennyksistä 45%, sähkö 28% ja liikkumiseen liittyvät toimenpiteet noin 8%. (Turun kaupunki 2018, 6–8, 20.)

Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset

Turun energijärjestelmän on tarkoitus olla hiilineutraali vuoteen 2029 mennessä, kompensatiot huomioiden. Hiilen energiakäytöstä luovutaan jo vuoteen 2025 mennessä, mikäli valtio osallistuu tästä aiheutuviin investointikustannuksiin. Uusiutuvan energian osuus Turun Energian myymästä sähköstä ja lämmöstä on oltava vähintään 80 prosenttia vuoteen 2025 mennessä. Energijärjestelmän muutoksessa on tarkoitus hyödyntää älykkäitä ratkaisuja, energian varastointia, energiatehokkuutta ja Turun alueen energialähteiden ja tuotantomahdollisuuksien koko potentiaalia. Ohjelmassa todetaan, että näiden tavoitteiden saavuttaminen vaatii merkittäviä ponnisteluja lähivuosina, mutta ratkaisut edistävät taloudellista tehokkuutta ja kannattavuutta. Kuntalaisia, yhteisöjä, korkeakouluja ja oppilaitoksia, yrityksiä, pankkeja ja muita organisaatioita aktivoidaan ja kannustetaan ottamaan osaa erilaisten hankkeiden ja kaupungin ohjauksen avulla. (Turun kaupunki 2018, 10.) Huomionarvoista on, että toimenpideohjelmassa ei eritellä kaukolämmön ja sähkön tuotannon tuotantotapoja energialähteittäin, vaan siellä esitellään ainoastaan näiden osuudet tulevista päästövähennyksistä. Turku Energian kotisivuilta kuitenkin selviää, että fossiiliset polttoaineet vastasivat vuonna 2018 sen sähkön tuotannosta 23 prosenttia ja lämmön hankinnan polttoaineista 50 prosenttia.

Turun kaupunki peräänkuuluttaa eri toimijoiden apua hiilineutraaliustavoitteensa saavuttamiseksi, mutta ohjelmasta on hieman hankala muodostaa käsitystä siitä, minkä tason toimijat osallistuisivat toimenpiteiden toteutukseen. Tärkeässä asemassa on varmasti kaupungin sähköyhtiö Turku Energia vallitsevana regiimi-tason toimijana, joka pystyy toimintansa uudistamisen kautta tekemään suurimmat yksittäiset toimet hiilineutraaliuden saavuttamisen kannalta. Tämän lisäksi ohjelmassa mainitaan monia trendikkäitä energijärjestelmän muutokseen liittyviä sanoja, kuten älykkäät ratkaisut ja energiantuotantomahdollisuuksien koko potentiaalinen hyödyntäminen, jotka yhdistettynä

yksittäisiä kuntalaisia, yrityksiä ja yhteisöjä aktivoivaan Kuntalaisten energiakäänne -hankkeeseen voidaan nähdä viittaavan erilaisiin niche-tason ratkaisuihin. Lisäksi pankkeja kannustetaan Turun kaupungin toimesta kehittämään energialuototusta ja edistämään energiainvestointeja, joiden tavoitteena voidaan katsoa olevan erityisesti uusien innovaatioiden ja pienen mittakaavan toimien edistäminen. Erityisen tärkeäksi näyttää muodostuvan myös valtion taloudellinen apu, jonka avulla Turku aikoo lopettaa hiilen polttamisen energiakäyttöön jo vuonna 2025, kun koko maan kattava kiello astuu voimaan 1.5.2029 osana kansallista energia- ja ilmastostrategiaa (HE 200/2018). Toimenpiteiden tarkan kuvauksen puuttuessa on vaikea arvioida muutoksessa mukana olevia eri tasoja.

Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset

Turun tie- ja katuliikenteen kasvihuonekaasupäästöjä pyritään vähentämään vähintään 50 prosenttia vuoden 2015 tasosta vuoteen 2029 mennessä. Tässä tavoitteessa tukena on valtakunnallinen vähennystavoite, joka on 50 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Jalankulun, pyöräilyn ja joukkoliikenteen eli niin kutsuttujen kestävien liikuntamuotojen osuutta lisätään aktiivisin toimin kaupungin yleiskaavan 2029 tavoitteiden mukaisesti. Tavoite näiden kulkumuotojen osuudeksi vuoteen 2030 mennessä on yli 66 prosenttia kaikesta liikkumisesta. Kävelyn ja pyöräilyn olosuhteita parannetaan voimakkaasti kaikkina vuodenaikoina ohjaamalla siihen riittävästi resursseja, ja kaupunkilaisia kannustetaan aktiiviseen hyötyliikkumiseen tuomalla esiin sen terveydellisiä hyötyjä. Autoliikenteessä panostetaan sähköautoihin ja muihin vähäpäästöisiin kulkuneuvoihin kehittämällä niiden olosuhteita. Panostamalla liikkuminen palveluna -ratkaisuihin Turku pyrkii uudistamaan liikkumisen tapoja ja ohjaamaan markkinoita vähäpäästöisempään suuntaan. Näin se tukee uusien digitaalisuuteen pohjautuvien innovaatioiden kehitystä ja luo niille markkinoita. Joukkoliikenteen osuutta liikkumisesta kasvatetaan ja siitä tehdään vähäpäästöisempää linjojen sähköistämisen ja biopolttoaineiden avulla. Myös joukkoliikenteen palvelujen kehittämisessä ja toteuttamisessa innovatiivisilla yrityksillä ja kehittäjillä on merkittävä rooli ratkaisujen kehittäjinä. (Turun kaupunki 2018, 11–12.)

Turun kaupunkiseudulla kestävästä yhdyskuntarakenteen kehitystä ohjataan yhteistyössä seudun kuntien ja valtion kanssa. Työtä edistetään seudullisen rakennemallin (Turun kaupunkiseudun rakennemalli 2035) ja yhteisen Maankäytön, asumisen ja liikenteen (MAL) sopimuksen avulla.

Kestävä kaupunkirakenne auttaa vähentämään päästöjä energian ja liikkumisen osa-alueilla ohjaamalla kaavoitusta, maankäyttöä, liikennesuunnittelua sekä rakentamista kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa rakennusten energiatehokkuuden parantamista sekä uusien asumiseen liittyvien energiaratkaisujen ja puurakentamisen kehittämistä. Liikennesuunnittelussa tuetaan kestäviin liikkumismuotoihin kannustavaa yhdyskuntarakenteen kehitystä. Lisäksi Skanssin kestävän kehityksen kaupunginosassa kehitetään uusia ratkaisuja, joita sovelletaan myös muihin kaupunginosiin. (Turun kaupunki 2018, 11–12.)

Kaupungin digitaalisuuteen pohjautuvien innovaatioiden kehitystä tukeva toiminta, ja niille markkinoiden luominen, käy oppikirjaesimerkistä siitä, kuinka niche-tasolla oleville uutuuksille luodaan vapailta markkinoilta suojattu ympäristö, jossa ne voivat rauhassa kehittyä. Toisaalta vallitsevaa regiimiä uudistetaan vähittäisesti kaupungin toimesta sen panostuksilla kestäviin ja vähäpäästöisiin liikkumisen muotoihin. Tämä tapahtuu erityisesti sähköistämisen ja biopolttoaineiden sekä kaupunkirakenteen tiivistämisen avulla, jotka ovat tämän hetken yleisiä maisematason trendejä. Liikenteen ja yhdyskuntarakenteen yhteen kietoutunutta kehitystä uudistetaan muokkaamalla regiimiä uusiksi rakennemallin ja MAL-sopimuksen avulla. Olemassa olevaa sosioteknistä järjestelmää uusinnetaan ja uusia innovaatioita pyritään ottamaan osaksi uutta järjestelmää. Liikenteen ja kaupunkirakenteen kehitys vaikuttavat vahvasti toisiinsa ja Turun toimenpideohjelmassa on nähtävissä merkkejä kaikilta monitasoperspektiivin mukaisilta tasoilta tulevilta vaikutteilta.

Muut päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset

Turun kaupunki pyrkii vahvistamaan hiilinielujaan lisäämällä viheralueita ja säilyttämällä alueensa metsiä, peltoja, kasvillisuuden määrää ja suosimalla luonnonmukaisuutta istutusalueilla. Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastot ja -nielut lasketaan neljän vuoden välein. Ohjelman mukaan kasvillisuuden ja maaperän hiilensidontakyvyn lisääminen on kustannuksiltaan edullista ja sillä on myös muita merkittäviä positiivisia vaikutuksia. (Turun kaupunki 2018, 14–15.)

Turun kaupunki kehittää investointihankkeiden elinkaaren aikaisten ilmasto- ja ympäristövaikutusten ennakoarviointi- ja ohjausmallin, joka mahdollistaa hankkeiden kokonaistaloudellisuuden arvioinnin ja toteutuksen. Lisäksi kaikki kaupunkikonsernin yhteisöt velvoitetaan vuodesta 2019

alkaen painottamaan investoinneissaan ja hankinnoissaan ilmasto-, ympäristö- ja elinkaarivaikutuksia ja osallistumaan kaupungin arviointimallin kehittämiseen. Yhteisöt, jotka vastaavat toimitiloista, asuinrakennuksista tai muista rakennuksista, velvoitetaan suunnittelemaan hankkeet niin, että niihin voidaan toteuttaa innovatiivisia energia- ja muita kestävän kehityksen ratkaisuja sekä parantamaan vanhan rakennuskantansa energiatehokkuutta ja muita ympäristövaikutuksia. Tässä regiimi-tason toimija eli Turun kaupunki uudistaa toimintaansa velvoittamalla kaupunkikonsernin yhteisöjä ilmastotoimiin. Tämä luo myös niche-tason toimijoille mahdollisuuksia, jos vakiintuneet regiimi-toimijat eivät pysty toteuttamaan tarvittavia ratkaisuja. Lisäksi kaikissa kaupungin yksiköissä ja konserniyhteisöissä pyritään toteuttamaan energiansäästöä, kestävää liikkumista, materiaalihukan pienentämistä sekä kestävää kehitystä tukevaa toimintakulttuuria ja yhden maapallon mukaista luonnonvarojen kulutustasoa. Toimenpideohjelman mukaan kestävän kehityksen mukaiset investointiperiaatteet ja -käytännöt vähentävät päästöjä kokonaistaloudellisesti. (Turun kaupunki 2018, 12–14.)

4.4 Kööpenhaminan toimenpideohjelma

Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus

Vuonna 2009 Kööpenhaminan kaupungin hallitus hyväksyi yksimielisesti ilmastosuunnitelman, jossa asetettiin tavoite vähentää kaupungin hiilidioksidipäästöjä 20 prosenttia vuoteen 2015 mennessä. Uusi suunnitelma, jossa asetettiin tavoite hiilineutraalista Kööpenhaminasta vuonna 2025, julkaistiin vuoden 2012 syyskuussa. Uuteen toimenpideohjelmaan sisällytettiin oleelliset aloitteet vuoden 2009 ilmastosuunnitelmasta sekä uudet kaupunginhallituksen päättämät tavoitteet, pyrkimykset ja aloitteet hiilineutraaliuden toteuttamiseksi. Ohjelmassa on määritelty tavoitteet ja aloitteet hiilineutraaliuden tavoitteen saavuttamiseksi osa-alueittain, jotka ovat energiankulutus, energiantuotanto, liikenne ja kaupunginhallinnon asettamat toimenpiteet. Ohjelma ei sisällä tarkempaa kuvausta suunnitelman laatimisesta muuta kuin maininnan, että se on laadittu yhteistyössä Kööpenhaminan kaupungin sekä lukuisten yritysten ja organisaatioiden kanssa. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 6.)

Vuoteen 2025 ulottuva aikajakso on jaettu kolmeen osaan: ensimmäinen jakso käsittää vuodet 2013–2016, toinen vuodet 2017–2020 ja kolmas vuodet 2021–2025. Ohjelmaa päivitetään ja sen edistymistä arvioidaan kunkin jakson viimeisinä vuosina. Kööpenhaminan kaupunki julkaisi vuonna 2016

tiekartan toiselle jaksolle eli vuosille 2017-2020, jossa arvioidaan ohjelman tavoitteiden edistymistä siihen asti ja asetetaan tarkempia tavoitteita toiselle vaiheelle. Toinen vaihe arvioidaan vuosina 2019-2020 ja koko ohjelman ja hiilineutraaliustavoitteen arviointi suoritetaan vuosina 2025-2026. Ohjelma tuottaa suuren määrän tietoa eri aloilta. Kokemusten ja tietojen jakaminen eri toimijoiden kesken on keskeistä kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Eri sidosryhmät tapaavat vuosittain Kööpenhaminassa kokemusten ja tulevaisuuden suunnitelmien jakamiseksi. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 6.)

Kööpenhaminan nykyiset kasvihuonekaasupäästöt

Kööpenhaminan kaupungin kasvihuonekaasupäästöjä mitataan hiililaskurilla, joka on 98 tanskalaisen kunnan etujärjestön Kommunernes Landsforeningin (KL) ja Tanskan ilmasto- ja energiaministeriön yhdessä vuonna 2008 luoma mittausväline. Se perustuu YK:n ilmastonsuojelun puitesopimukseen sitoutuneiden maiden käyttämille menetelmille. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 11.) Kööpenhaminan kaupungin päästöt ovat pudonneet ja putoaisivat vielä lisää tulevaisuudessa ilman hiilineutraaliustavoitettakin. Konsulttiyritys COWI:n tekemien laskelmien perusteella päästöt olisivat pudonneet normaalin kehityksen mukaisesti vuoden 2011 1,9 miljoonasta tonnista 1,2 miljoonaan tonniin vuoteen 2025 mennessä. Hiilineutraaliustavoitteen myötä nämä päästöt pyritään pudottamaan nollaan. Ohjelmassa huomautetaan kuitenkin, että kaupungissa on vielä vuonna 2025 jonkin verran päästöjä, erityisesti liikenteestä. Tämä johtaa kompensaation pakollisuuteen. (Em. 14.)

Energian osa-alueella tehtävät päästövähennykset

Ohjelma listaa energiankulutuksen osa-alueen päätavoitteiksi 20 prosentin vähennys lämmönkulutuksessa, 20 prosentin vähennys sähkönkulutuksessa kaupallisissa yrityksissä, 10 prosentin vähennys sähkönkulutuksessa kotitalouksissa sekä aurinkopaneelien asentaminen vastaamaan 1 prosenttia kaupungin energiankulutuksesta. Vähennystavoitteiden tavoitevuosi on 2025 ja vertailuvuosi 2010. Vuonna 2010 Kööpenhaminan lämmön- ja sähkönkulutus vastasivat 75 prosenttia kaupungin kokonaispäästöistä, josta kaupungin omat rakennukset vastasivat 5 prosenttia. Kaupungin kokonaispäästövähennyksistä energiankulutuksen osuus on puolestaan 7 prosenttia. Tästä 7 prosentista kaupallisten rakennuksien osuus on 67 prosenttia, kotitalouksien osuus 12 prosenttia ja

aurinkopaneelien osuus on 21 prosenttia. Ohjelmassa todetaan, että jos kaupunki ei toimeenpane aloitteitaan, kokonaisenergiankulutus kaupungin rakennuksissa pysyy suurin piirtein samalla tasolla kuin vuonna 2010. Toimenpiteiden onkin tarkoitus johtaa merkittäviin vähennyksiin kokonaisenergiankulutuksessa, ja sen kohteena ovat kaikki kaupungin rakennukset lukuun ottamatta kaupungin omia rakennuksia, joiden päästövähennykset kuuluvat kaupungin hallituksen toimenpiteiden osa-alueelle. Energiankulutuksen toimenpiteissä keskitytään erityisesti kaupallisten yritysten energiankulutukseen, sillä niiden energiankulutuksen odotetaan nousevan tulevien vuosien aikana. Toimenpiteiden tarkoituksena on varmistaa, että kaikki vanhat ja uudet rakennukset vastaavat edellytetyjä vaatimuksia. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 28.)

Energiankulutukseen liittyviä hiilidioksidipäästöjä on tarkoitus vähentää Kööpenhaminassa 50 prosentilla vuoteen 2025 mennessä vuoden 2010 tasosta. Tämä saavutetaan vaihtamalla kaukolämmöntuotannon polttoaine biomassaksi ja muuttamalla Tanskan sähköntuotanto 50 prosenttisesti tuulienergiaan pohjautuvaksi vuoteen 2020 mennessä. Ohjelmassa tuodaan mielenkiintoisesti esille, kuinka siirtyminen kivihiilestä biomassaan kaukolämmöntuotannossa nostaa hintoja. Energiankulutuksen vähentäminen on näin ensisijaisen tärkeää myös taloudellisten vaikutustensa vuoksi. Ohjelman mukaan kaukolämmön hiilineutralisoinnilla bioenergialla ja energiatehokkuuden avulla voidaan välttää uusiin energiantuotannon muotoihin investoimisen tarpeet. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 28.) Kun otetaan huomioon bioenergiaan liittyvät ongelmat, näkemys uusien energiantuotantomuotojen tarpeettomuudesta on erikoinen. Tätä näkemystä voi selittää se, että ohjelma on jo useita vuosia vanha ja sen kirjoitushetkellä ei olla oltu tietoisia bioenergiaan liittyvistä ongelmista. Näitä ovat ennen kaikkea sen laskennallinen hiilineutraalius, joka voi muuttua politiikan mukana, sekä poltettavaan raaka-aineeseen liittyvät ongelmat, kuten mahdolliset liialliset hakkuut.

Päähaasteina energiankulutuksen osa-alueella ohjelma listaa kasvavan kaupungin, joka johtaa uudisrakentamiseen, jo olemassa olevan rakennuskannan päivittämisen energiatehokkaammaksi sekä jouston lisäämisen energiankulutukseen. Kööpenhaminan asukasluvun ennustetaan kasvavan noin 110 000 asukkaalla ohjelman kirjoitushetken ja vuoden 2025 välisenä aikana ja tämä edellyttää merkittävää lisärakentamista. Uudisrakentaminen sekä energiatehokkuusparannukset toivotaan toteutettavan ilman merkittäviä lisäkuluja. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 29.)

Uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksia on jatkuvasti tiukennettu rakentamismääräyksissä. Suurin osa Kööpenhaminan rakennuskannasta on kuitenkin rakennettu ennen ensimmäisiä

rakentamismääräyksiä, joten niiden energiatehokkuudessa on valtavasti kustannustehokkaasti toteutettavaa parantamisen varaa. Energiatehokkuustoimista päättävien toimijoiden tiedonpuute, lainsäädäntö ja rahoitus toimivat usein esteinä uusien energiaa säästävien teknologioiden käyttöönotolle rakentamisessa, minkä seurauksena energiankulutus ei laske odotetusti. Esimerkkinä näistä esteistä esitetään niin kutsuttu omistaja–vuokralainen-paradoksi. Se kuvaa tilannetta, jossa rakennuksen omistajalla eikä vuokralaisella ole kummallakaan kannusteita tehdä energiatehokkuusparannuksia. Ohjelman toimenpiteiden tarkoituksena on vähentää ja purkaa näitä esteitä. Lisäksi energiankulutukseen on myös lisättävä joustavuutta, koska tulevaisuudessa yhä suurempi osa energiantuotannosta on epäsäännöllisesti tuottavien uusiutuvien energianlähteiden varassa. Tämä johtaa niin kutsuttujen älykkäiden sähköverkkojen tarpeeseen. Niiden avulla voidaan tasata alueellisia vaihteluita, eli ne pystyvät tasapainottamaan esimerkiksi vaihtelevan tuulisähkön tuotantoa kulutuskysynnän kanssa. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 29.)

Kuten luvussa 2.3 keskustelin, sosiotekninen regiimi tarkoittaa niitä sääntöjä, jotka muodostavat toimijuuden ja rakenteen kaksinaisuuden (Geels & Schot 2010). Ne muodostavat valintaympäristön, jossa erilaisia teknologisia tai toiminnallisia mahdollisuuksia joko otetaan mukaan regiimin toimintaan tai suljetaan sen ulkopuolelle (Nieminen et al. 2011, 50). Toimenpideohjelman esittelemät ongelmat rakentamismääräyksien, lainsäädännön ja rahoituksen saralla osoittavat, kuinka vallitsevan regiimin uudistamiseen tähtäävät toimet vaativat muutoksia myös muilla kuin vain teknologisella ulottuvuudella. Lisäksi tässä voi huomata, kuinka sosiotekninen järjestelmä rakentuu toimijoiden ja rakenteiden keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Lainsäädännön tai rahoituksen ollessa suunniteltu olemassa olevan regiimin tarpeisiin, muutokset sen piirissä ovat vähäisiä. Tässä tarvittaisiin apuna julkista ohjaamista, joka onkin toimenpideohjelman tavoitteena.

Energiankulutuksen osa-alueella puolestaan suositaan vallitsevan järjestelmän uudistamista innovatiivisilla ratkaisuilla. Tässä voidaan nähdä pyrkimys integroida niche-tason ratkaisuja osaksi vallitsevaa regiimiä ja järjestelmää. Pää tavoitteina ovat energiankulutuksen vähentäminen ja aurinkopaneelien lisääminen. Päätoimenpiteinä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi listataan rakennussektorin energiatehokkuuteen liittyvän toiminnan kehittäminen ja innovointi, energiatehokkaat rakennukset, aurinkopaneelien kasvava käyttö sekä erilaiset digitaalisia ratkaisuja ja uusiutuvia energianlähteitä yhdistävät älykkäät ratkaisut. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 30–34.)

Energiantuotannon osa-alueen päätavoitteet vuodeksi 2025 ovat: kaukolämmön hiilineutralisoiminen, sähköntuotannon perustuminen tuuli- ja bioenergiaan ja sen tuottaminen yli

oman tarpeen, muovin erottelu muusta jätteestä sekä orgaanisen jätteen muuttaminen biokaasuksi. Energiantuotanto vastaa Kööpenhaminan kokonaispäästövähennyksistä 74 prosenttia. Tästä on uuden biomassaa polttavan sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksen osuus 43 prosenttia, tuulienergian 42 prosenttia, muovijätteen erottelun 12 prosenttia ja tuotantohuipun aikaisen energiantuotannon muuttaminen biomassaan perustuvaksi 3 prosenttia. Päähaasteita energiantuotannon osa-alueella ovat peruskuormalaitosten puute, jätesektorin säännöstelyn purkaminen ja tarve strategiselle energiasuunnittelulle suur-Kööpenhaminan alueella. Hiilineutraalin kaukolämmön tuotanto vaatii kysyntähuipun aikaisten polttoaineiden hiilineutralisoimista ja muovin erottelemista poltettavasta jätteestä. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 36.)

Energiantuotannon osa-alueen päätavoitteina vuoteen 2025 mennessä ovat tuulienergian lisääminen perustamalla ainakin 100 uutta tuuliturbiinia maalle ja merelle sekä tarjoamalla kaupunkilaisille ja yrityksille mahdollisuuden osallistua näiden projektien rahoitukseen ostamalla niistä osuuksia. Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitokset on muutettava biomassaa polttaviksi, on perustettava uusi puuta polttava sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos sekä uusi geotermisen energian tuotantolaitos, ja toinen ennen vuotta 2030, sekä tuotantohuipun aikainen energiantuotanto on muutettava hiilineutraaleihin polttoaineisiin perustuvaksi. Lisäksi orgaaninen jäte on muutettava biokaasuksi, on perustettava uusi jätteenkäsittely tai biokaasulaitos sekä eroteltava kotitalouksien ja yritysten tuottama muovijäte muusta jätteestä. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 38–40.)

Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset

Liikenteen osa-alueella tehtävät päästövähennykset vastaavat 11 prosenttia Kööpenhaminan kokonaispäästövähennyksistä. Tästä pyöräilyn osuus on 30 prosenttia, älykkäiden liikennejärjestelmien (engl. Intelligent Traffic Systems, ITS) ja liikennesuunnittelun 30 prosenttia, julkisen liikenteen 22 prosenttia ja uusien polttoaineiden 18 prosenttia. Päätavoitteita vuodelle 2025 ovat: kaikista matkoista Kööpenhaminassa 75 prosenttia tehdään kävellen, pyörällä tai julkisilla liikennevälineillä, työ- tai opiskelumatkoista puolet tehdään pyörällä, julkisessa liikenteessä on 20 prosenttia enemmän matkustajia vuoteen 2009 verrattuna, julkinen liikenne on hiilineutraalia sekä kevyistä ajoneuvoista 20–30 prosenttia ja raskaista ajoneuvoista 30–40 prosenttia kulkevat uusilla polttoaineilla, kuten sähköllä, vedyllä, biokaasulla tai bioetanolilla. Näiden tavoitteiden saavuttaminen vaatii ohjelman mukaan investointeja pyöräilyinfrastruktuuriin, sähkö- ja

hybridiautoihin sekä julkisen liikenteen biopolttoaineisiin ja solmukohtien ja älykkäiden liikennejärjestelmien kehittämiseen. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 42.)

Liikenne aiheutti 22 prosenttia Kööpenhaminan kokonaispäästöistä vuonna 2010. Tieliikenteen osuus tästä oli 70 prosenttia. Väestönkasvun myötä syntyy lisää liikennettä, päästöjä, ruuhkia ja melusaastetta. Tarve erilaisille liikennemuodoille tulee jatkossakin olemaan suuri ja liikennesektori muodostaa merkittävän osan hiilineutraaliuden saavuttamisen haasteista. Ohjelman mukaan ajoneuvot ovat vielä vuonna 2025 suurimmaksi osaksi bensiini- ja dieselnäytteitä, mutta niille pitää löytää mahdollisimman paljon vihreitä vaihtoehtoja. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 43.)

Ohjelma ei listaa infrastruktuureihin investointien ja liikennejärjestelmien kehittämisen lisäksi muita keinoja siihen, miten liikenteen osa-alueen päätavoitteisiin on tarkoitus päästä. Ohjelmassa ei mainita liikkumismuotojen nykyisiä osuuksia, mutta yhdistettynä myös Kööpenhaminaa koskevaan kaupungistumisen megatrendiin, osuuksien nostamisen tavoitelluille tasoille olettaisi vaativan infrastruktuuriin panostamisen lisäksi myös merkittävää kulttuurista muutosta. Oman haasteensa voivat aiheuttaa myös politiikkatoimet, joilla ei pyritäkään edesauttamaan päästövähennyksiä, vaan kalastelemaan ääniä muutosvastaisuudella. Tällaisia esimerkkejä on nähty esimerkiksi Ranskassa, jossa polttoaineiden hinnankorotukset peruttiin, kun niin kutsutut keltaliivit asettuivat osoittamaan mieltään niitä vastaan, sekä Suomessa, jossa Perussuomalaisten suuri kannatus perustuu osaltaan ilmastotoimien vastustamiselle ja jossa Kokoomus kampanjoi eduskuntavaaleissa yksityisautoilun puolesta sloganillaan ”*Autot kuuluvat teille*”.

Muut päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset

Kaupungin hallinnon aloitteisiin (engl. City Administration Initiatives) liittyvät päästöt muodostavat Kööpenhaminan kokonaispäästövähennyksistä vain 2 prosenttia, mutta ne ovat yksi toimenpideohjelman neljästä pääosa-alueesta energiankulutuksen, energiantuotannon ja liikenteen osa-alueiden ohella. Päätavoitteet vuodeksi 2025 ovat: energiankulutuksen vähentäminen 40 prosentilla kaupungin rakennuksissa vuoden 2010 tasosta, katuvalaistuksen energiankulutuksen puolittaminen vuoden 2010 tasosta, kaikkien hallinnon omistamien autojen vaihtaminen kulkemaan sähköllä, vedyllä tai biopolttoaineilla sekä aurinkopaneelien asentaminen kaupungin rakennuksiin 60 000 neliömetrin edestä. Lisäksi kaupungin työntekijöitä koulutetaan ilmastoon liittyvissä asioissa

ja kaikki kaupungin hankinnoissa painotetaan enemmän vihreää kasvua ja ympäristöön liittyviä vaatimuksia. Kaupungin hallinnon aloitteiden hinta vuoteen 2025 mennessä arvioidaan olevan noin miljardi Tanskan kruunua. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 50–54.)

20 prosentin vähennyksellä lämmönkulutuksessa, 20 prosentin vähennyksellä sähkönkulutuksessa kaupallisissa yrityksissä ja 10 prosentin vähennyksellä sähkönkulutuksessa kotitalouksissa saavutetaan noin 1,6 miljardin Tanskan kruunun kokonaissäästöt. Uudisrakentaminen sekä vanhojen rakennuksien energiatehokkuustoimet vaativat noin 180 miljardin Tanskan kruunun investointeja vuoteen 2025 mennessä. Yksityisellä sektorilla tehtävät investoinnit aurinkopaneeleihin ovat suuruudeltaan noin 425 miljoonaa Tanskan kruunua. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 30.)

Ohjelman mukaan siirtymä hiilineutraaliuteen on yksi keskeisistä elementeistä luoda talouskasvua Kööpenhaminassa. Kaupungin on houkuteltava ulkomaisia vihreän sektorin yrityksiä ja luotava innovatiivinen ja yrittäjähenkkinen ympäristö, joka pystyy tukemaan uusien ratkaisujen kehitystä. CPH 2025 on holistinen ohjelma, millä tarkoitetaan, että pyrkimykset vähentää energiankulutusta ovat erottamattomasti yhdistetty muutokseen energiantuotannossa ja että energian ja liikkumisen sektorit on integroitava paremmin. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 26.) Tällä tarkoitetaan ilmeisesti liikkumisen integroimista muuttuneeseen energiasektoriin ja uusiin energiantuotannon tapoihin, sillä energian ja liikkumisen sektorit ovat jo vahvasti yhteen kietoutuneita fossiilisten polttoaineiden kautta. Holistisen lähestymistavan avulla on mahdollista luoda "positiivinen talous" sekä kansallisella tasolla että käyttäjätasolla. Kaupungin investointien avulla luodut "vihreät, älykkäät ja terveyttä edistävät toimenpiteet" vastaavat kööpenhaminalaisten tarpeisiin ja toiveisiin "eläväisestä, luovasta ja mielenkiintoisesta kaupungista". (Em. 26.)

Ohjelman toimenpiteet vaativat arviolta 2,7 miljardin Tanskan kruunun investoinnit kaupunginhallitukselta vuosille 2013–2025. Tämä ei kuitenkaan sisällä energiantuotantoon liittyviä kustannuksia, koska ne eivät sisälly kaupunginhallituksen budjettiin. Suurimmat osuudet budjetista vievät kaupungin omien rakennusten energiatehokkuutta parantavat toimet yhdessä ilmastonmuutokseen liittyvien sopeutumistoimien kanssa, jotka vaativat yhteensä noin 1,4 miljardin kruunun investoinnit. Pyöräilyyn ja julkiseen liikenteeseen liittyvät toimet vaativat yhteensä noin 890 miljoonan kruunun investoinnit. Ohjelman omaksuminen ei tarkoita, että rahat olisivat korvamerkittyinä budjetissa. Aloitteet rahoitetaan sovittujen budjettien rajoissa tai erikseen tehtyjen rahoituspäätösten pohjalta. Hiilineutraaliuden tavoitteen saavuttaminen riippuu vuosittaisista investoinneista ja niiden suhteista. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 56–57.)

Muutokset energiantuotannossa ja energiansäästötoimet tuovat yhteensä noin 1,5 miljardin kruunun säästöt. Suurimmat hyödyt tulevat säästöistä lämmön- ja sähköntuotannossa sekä uusien tuulienergialaitosten rakentamisesta. Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosten polttoaineiden muuttaminen hiilestä bioenergiaan sisältää merkittäviä kustannuksia, koska puupelletit ja puuhake ovat merkittävästi kivihiiltä kalliimpia polttoaineita. Biomassa nauttii kuitenkin epäsuorasta verovähennyksestä, joka kompensoi lämmöntuottajien kohonneita polttoainekuluja. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 58.) Bioenergian tapauksessa valtion voidaan katsoa reagoineen ilmastonmuutoksen muodossa ilmenevään maisematason paineeseen, joka on pakottanut muutoksiin olemassa olevassa energiantuotantoregiimissä. Verotuki on regiimin muokkaamista, jonka tavoitteena on edistää vähäpäästöisyyttä. Ohjelma ei mainitse Kööpenhaminan käyttämän biomassan alkuperää, mutta vuonna 2018 Tanskan koko vuoden biomassasta tuotiin 37 % ulkomailta, mistä puolet tuli Baltian maista ja 19 prosenttia Yhdysvalloista ja Kanadasta (Danmarks Statistik 2020). Biomassan käyttö vastaa yli kahta kolmasosaa Tanskan uusiutuvan energian osuudesta (Tanskan energiavirasto).

Energiansäästöistä saadut hyödyt kompensoivat energiantuotannon ja liikenteen kasvavia kuluja. Ohjelmassa tuodaan esille, kuinka taloudellisia vaikutuksia arvioiviin laskentoihin liittyy aina lukuisia epävarmuuksia, minkä vuoksi on vaikea ennustaa kuinka suuria riskejä nousevat ja jatkuvasti heilahtelevat energian hinnat aiheuttavat kööpenhaminalaisille. Ohjelman toimenpiteiden toteuttamisen kuitenkin esitetään vähentävän huomattavasti näitä riskejä. Taloudellisten hyötyjen lisäksi ilmastotoimenpiteet parantavat kööpenhaminalaisten elämänlaatua vähentyneiden saasteiden ja melun kautta. (Kööpenhaminan kaupunki 2012, 56–57.)

4.5 Oslon toimenpideohjelma

Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus

Oslon kaupunginhallitus hyväksyi 22.6.2016 Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden kanssa yhdenmukaisen ilmasto- ja energiastrategian (engl. Climate and Energy Strategy). Strategian esittelemien toimenpiteiden toteutuksen avulla on tavoitteena vähentää kaupungin hiilidioksidipäästöjä 50 prosentilla vuoteen 2020 mennessä ja 95 prosentilla vuoteen 2030 mennessä,

vuoden 1990 tasoon verrattaessa. Ilmasto- ja energiastrategia on tiekartta, joka esittelee miten ”vihreä siirtymä” pitäisi toteuttaa, jotta Oslo saavuttaisi ilmastotavoitteensa vuosille 2020 ja 2030. Ilmasto- ja energiastrategian lisäksi kaupungilla on useita muita kestävyys- ja kaupunkikehitykseen liittyviä julkaisuja, kuten esimerkiksi ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategia vuosille 2014–2030 sekä toimintasuunnitelma myrskyvesien hallinnaksi. Kaupunginhallituksen kaikkia suunnitelmia yhdistävänä päästrategiana toimii kaupungin julkaisu 262/15 ”Oslo mot 2030: Smart, trygg og grønn”. (Oslo kaupunki 2016, 4 & 8.) Lisäksi Oslo kaupunginhallitus perusti ilmastoviraston (engl. Agency for Climate) edistämään ja valvomaan kaupungin ilmastoaloitteiden toteutumista (Em. 26).

Ohjelman mukaan useat toimenpiteistä ovat pioneerityötä ja monet muut kaupungit seuraavat tarkasti Oslo työn edistymistä. Oslo kehittää uusia vuorovaikutuksen ja hallinnan tapoja sekä auttaa uuden teknologian kehityksessä ja osallistuu ”vihreän kasvun” luomiseen. Siirtymä kestävämpään yhteiskuntaan ei ainoastaan vähennä kasvihuonekaasupäästöjä, vaan muutoksen myötä myös ilmanlaatu puhdistuu, julkinen liikenne paranee, pyöräilystä tulee helpompaa, kaupungissa on enemmän vihreitä sekä autoista vapaita tiloja ja kaupunkielämä on eloisampaa. Ilmastotoimet parantavat näin kaupunkilaisten elämänlaatua ja terveyttä sekä auttavat yrityksiä menestymään. Tämä saavutetaan läheisellä yhteistyöllä kaupunginhallituksen, kaupunkilaisten, yritysyhteisön, organisaatioiden, koulutuslaitosten, valtion ja muiden julkisten yritysten välillä. (Oslo kaupunki 2016, 4.)

Muodostettaessa Oslo ilmasto- ja energiastrategiaa oli tärkeää kehittää monitieteellinen ja eri aloja yhdistävä kuva mahdollisista tavoista toteuttaa kestävyys siirtymä. Strategia kehitettiin 40 eri Oslo kaupungin, yksityisen sektorin sekä valtio-omisteisten yritysten organisaation yhteistyönä. Norjan energiateknologian instituutti (The Norwegian Institute for Energy Technology) ja Oslo uusiutuvan energian ja ympäristön ryhmittymä (Oslo Renewable Energy and Environment Cluster) osallistuivat strategian kehittämiseen tarjoamalla teknisiä asioita koskevia neuvoja sekä mallinnustyökaluja ja auttamalla teknologisessä kehityksessä odotettujen muutosten tunnistamisessa. (Oslo kaupunki 2016, 8.)

Oslo strategian laadinnassa on ollut mukana laaja joukko eri organisaatioita yksityiseltä ja julkiselta puolelta. Tämän voidaan katsoa olevan joko vahvuus tai heikkous regiimien uudelleen suuntaamisessa, sillä monitasoperspektiivin mukaan on jo vallassa olevien toimijoiden etujen mukaista pyrkiä säilyttämään nykytilanne. Toisaalta taas voidaan ajatella, että laajempien poliittisten ja taloudellisten muutosten läpiviemiseksi, joita regiimin muodonmuutokset välttämättä edellyttävät,

mukana on oltava vahvoja toimijoita kaikilta kolmelta eri tasolta. Strategiassa mainitaan, kuinka useat toimenpiteet ovat pioneerityötä, jotka auttavat uusien teknologioiden kehittämisessä ja hallinnan tapojen luomisessa. Monitasoperspektiivin näkökulmasta katsottuna tämä viittaisi siihen, että Oslo pyrkii auttamaan uusien teknisten ja sosiaalisten innovaatioiden kehittämisessä, mutta mitä tämä käytännössä tarkoittaa, jää arvailujen varaan, koska esimerkit ja tarkemmat kuvaukset puuttuvat.

Oslon nykyiset kasvihuonekaasupäästöt

19 prosenttia Oslon päästöistä aiheutuu jätteiden ja jäteveden käsittelystä (Oslon kaupunki 2016, 10). Kaupunki suunnittelee hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia suurimmalle jäte-energialaitokselleen Klemestrudiin, joka toteutuessaan leikkaisi kaupungin päästöjä 12 prosentilla. Päätös valtion rahoituksesta projektille tehdään vuonna 2019. (Oslon kaupunki.) Ohjelma ei esittele vaihtoehtoja sille, jos tarvittavaa rahoitusta laitokselle ei löydy. Rakennusten energiankulutus tuottaa 17 prosenttia kaupungin päästöistä. Tavoitteena on poistaa vaiheittain nämä päästöt jo vuoteen 2020 mennessä. 61 prosenttia kaupungin päästöistä aiheutuu liikenteestä, joista noin 45 prosenttia on peräisin ihmisten liikkumiseen liittyvästä liikenteestä ja noin 55 prosenttia tavaraliikenteestä sekä rakentamiseen liittyvistä koneista. (Oslon kaupunki 2016, 10–11.)

Oslon päästövähennystoimenpiteet

Maankäytön ja liikennesuunnittelun avulla pyritään vähentämään ihmisten ja tavaroiden liikkumisen tarvetta. Väkiluvun kasvun vuoksi on tärkeää kehittää kaupunkia sen liikenteen solmukohtien sekä metro- ja junalinjojen lähetyville. Vahvistaakseen tätä kehitystä Oslo laukaisee merkittäviä julkisen liikenteen projekteja. Pyöräilyverkostoa parannetaan yrityksenä tehdä pyöräilystä houkuttelevampaa ja turvallisempaa ympäri vuoden. Tavoitteena on, että vuonna 2025 25 prosenttia päivittäisistä matkoista tehdään pyörällä. Autoliikenteen määrää on vähennettävä, jotta saadaan lisää tilaa pyöräteille sekä ruuhkien välttämiseksi. Tavoitteena on vähentää autoliikennettä 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä ja 33 prosentilla vuoteen 2030 mennessä, vuoden 2015 tasoon verrattaessa. Toimenpiteinä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi kaupunki esittää parkkipaikkojen vähentämistä, parkkipaikkojen hinnan nostamista, kaupungin keskustan tekemistä autoista vapaaksi, autoista

vapaan katuverkoston luomista sekä ruuhkamaksuja. Samaan aikaan parannetaan julkisen liikenteen, pyöräilyn ja kävelyn olosuhteita. (Oslo kaupunki 2016, 16.)

Oslo pyrkii myös korvaamaan vaiheittain fossiiliset polttoaineet autojen energianlähteenä päästöttömiin vaihtoehtoihin vuoteen 2030 mennessä. Tärkeimmät toimenpiteet fossiilisista polttoaineista vapaan liikenteen luomiseksi ovat ympäristövaikutuksiin perustuvat tullimaksut, vähäpäästöisten vyöhykkeiden luominen, julkiselle ja ympäristöystävälliselle liikenteelle varattujen väylien rakentaminen, älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönotto sekä kestävä kehitys tukevien valtion politiikkatoimien ylläpitäminen ja vahvistaminen. Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen vaatii päästöttömien energianlähteiden ja biopolttoaineiden infrastruktuurin luomista. Tätä varten Oslo on luonut pilottiprojektin, jossa se rakentaa sähköä, vetyä ja biopolttoaineita tarjoavan ”energia-aseman”. Strategiat vähäpäästöisten liikenneratkaisujen hankkimiseksi edesauttavat teknologian kehitystä ja Oslo kaupungin on aktiivisesti kannustettava myös valtion sekä yksityisen sektorin yrityksiä toteuttamaan näitä ratkaisuja. (Oslo kaupunki 2016, 16 & 18.)

Ohjelmassa todetaan, että tehokas yhteistyö Norjan valtion kanssa on keskeistä Oslo liikenteen päästövähennysten onnistumisen kannalta. Tämä sisältää säännöstelyn, erilaiset työkalut ja tukisuunnitelmat, joiden avulla luodaan infrastruktuuri uusiutuville polttoaineille. Lisäksi liikenteen osa-alueen toimenpiteitä on toteutettava läheisessä yhteistyössä yksityisten ja julkisten yritysten kanssa. (Oslo kaupunki 2016, 18.)

Kansallinen lämmitysöljyn kieltö astuu voimaan vuonna 2020 ja se korvataan uusiutuville polttoaineilla. Lisäksi rakennusten energiankulutusta on tarkoitus vähentää 1,5 terawattitunnilla vuoteen 2020 mennessä. Tämä on tarkoitus saavuttaa kansallisilla ja paikallisilla toimenpiteillä, joita ei eritellä ohjelmassa tarkemmin. Oslo ilmastotavoitteiden toteutuminen vaatii, että Klemestrudin jäte-energiälaitoksella on otettu käyttöön hiilidioksidin talteenotto vuoteen 2020 mennessä. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi on lupaava tekniikka, joka voi avata mahdollisuuksia tiedon jakamiselle ja teknologian siirrolle kansallisesti ja kansainvälisesti. (Oslo kaupunki 2012, 22 & 27.)

Oslo pyrkii muuttamaan vallitsevia energiantuotanto- ja liikennejärjestelmiensä regiimejä yhteistyöllä Norjan valtion sekä yksityisten ja julkisten yritysten kanssa. Oslo voidaan katsoa ottavan huomioon myös kulttuuriset seikat regiimin uudelleensuuntaamisessa, kun se pyrkii vähentämään yksityisautoilua ja ohjaamaan nämä käyttäjät kestävien liikkumismuotojen pariin. Tälle tavoitteelle on myös lueteltu lukuisia keinoja. Tätä kautta toimiin aktivoidaan myös yksittäisiä

kansalaisia. Kaupunki edistää myös niche-innovaatioiden leviämistä edistämällä hiilidioksidin talteenotto- ja varastointi sekä sähköä, vetyä ja biopolttoaineita tarjoavan energia-aseman projekteja. Nämä ovat uusia teknologioita esitteleviä pilottiprojekteja, joilla voi hyvin toimiessaan olla merkittäviä markkinoita muuttavia vaikutuksia. Toimenpiteistä on löydettävissä vuorovaikutusta kaikkien kolmen eri tason toimijoiden välillä. Oslon liikennejärjestelmää ohjataan kohti merkittävää muodonmuutosta tai siirtymää kokonaan uudelleenlaiseen järjestelmään. Energiantuotannon muutosprosessia taas on vaikea arvioida, koska toimenpideohjelma ei esitellyt sitä kovin tarkasti.

4.6 Tukholman toimenpideohjelma

Toimenpideohjelman laadinta ja toteutus

Tukholman kaupunginhallitus hyväksyi vuoden 2015 budjetin ohessa tavoitteen fossiilisista polttoaineista vapaasta Tukholmasta vuoteen 2040 mennessä. Samalla asetettiin tavoite vuodelle 2020, jolloin asukaskohtaisten päästöjen on oltava enintään 2,3 tonnia CO₂-ekv. Tukholman kaupungin johtoryhmä (engl. City Executive Office) ja ympäristö- ja terveysvirasto (Environment and Health Administration) laativat yhdessä strategian vuoden 2020 tavoitteelle. Samalla luotiin pitkän aikavälin tiekartta vuoden 2040 tavoitteelle, joka kuvailee, mitä toimenpiteitä kaupungin on tehtävä kohdatakseen ja hoitaakseen ilmastonmuutoksen aiheuttamia haasteita ja miten Tukholmasta tehdään fossiilisista polttoaineista vapaa vuoteen 2040 mennessä. (Tukholman kaupunki 2016, 15.) Strategian muodostamiseen osallistuivat lisäksi ohjauskomitea (Steering Committee) ja konsultointiryhmä (Reference Group), joiden jäseninä olivat eri kaupungin virastojen ja yhtiöiden työntekijöitä. (Em. 2.)

Tukholman ympäristöohjelma 2016-2019 toimii ohjaavana strategiana vuosien 2020 ja 2040 tavoitteille. Se tutkii osa-alueittain kehityssuuntauksia, ennusteita ja mahdollisuuksia vuosien 2020 ja 2040 tavoitteiden saavuttamiseksi. Vuoden 2040 strategia on jaettu kolmeen osa-alueeseen: kestävä energiankäytön, ympäristöystävällisen liikenteen ja resurssitehokkaan kierrätyksen osa-alueisiin. Siinä tunnistetaan tarvittavat toimenpiteet ja jaetaan vastuualueet niiden toteuttamiseksi. (Tukholman kaupunki 2016, 15.)

Strategia esittelee laskelmat tarvittavista päästövähennyksistä. Strategiassa esitellyt toimenpiteet ovat niitä, joiden suhteen kunnallisilla viranomaisilla ja yrityksillä on suurimmat valtuudet toimia ja jotka myös johtavat suurimpiin mahdollisiin päästövähennyksiin. Ohjelman mukaan toimenpiteet vuodelle 2020 ovat käytännöllisempiä, kun taas vuoden 2040 tavoitteiden saavuttamiseen tähtäävät toimenpiteet ovat luonteeltaan strategisempia. (Tukholman kaupunki 2016, 15.)

Tukholman kokonaispäästöt ovat tippuneet vuoden 1990 tasosta miltei kolmanneksella. Saavuttaakseen tavoitteensa fossiilisista polttoaineista vapaasta kaupungista sen on kuitenkin kiihdytettävä vähennysten tahtia. Kunnan toimikunnilla ja yrityksillä on oltava selkeät vastuut toimenpiteiden toteuttamisesta ja ilmastotavoite on sisällytettävä osaksi kaikkia kunnallisia toimia. Tavoite vaatii läheistä yhteistyötä kaupunkilaisten, yritysten ja muiden julkisen sektorin ryhmien kanssa väkiluvultaan nopeasti kasvavassa kaupungissa. Kaupungin toimenpiteissä aluekehityksellä on keskeinen asema erityisesti kaupunkisuunnittelun ja julkisen liikenteen saavutettavuuden suhteen. Fossiilisista polttoaineista luopuminen vaatii toteutuakseen älykkäitä teknisiä ratkaisuja ja vähentynyttä energiankysyntää. Tavoite on saavutettavissa nykyteknologian avulla, mutta määräajassa pysyminen vaatii toteutuakseen lukuisten mahdollisimman aikaisin tehtyjen strategisten päätösten tekemistä. Strategian mukaan nykyhetken ja vuoden 2040 välillä onkin merkittävää epävarmuutta tilanteen kehittymisen suhteen. (Tukholman kaupunki 2016, 7.)

Strategiassa esitellään mitä kaupunki voi tehdä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Tukholman kaupunki vastaa organisaationa noin 10 prosentista kaupungin päästöistä ja sen tulee näyttää esimerkkiä ja olla fossiilisista polttoaineista vapaa jo vuonna 2030. Monet tarvittavista toimenpiteistä ovat kaupungin vastualueen ulkopuolella. Tämän vuoksi pitkän aikavälin strategia sisältää lukuisia tutkivia tehtäviä, joiden avulla on tarkoitus vaikuttaa ruotsalaiseen ja eurooppalaiseen lainsäädäntöön. (Tukholman kaupunki 2016, 7.)

Fossiiliset polttoaineet vastasivat vuonna 2014 noin 30 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta. Vaikeimmat haasteet ovat liikenteen osa-alueella. Tavoitteen mukaan vuonna 2040 fossiilisia polttoaineita käytetään enää lento- ja laivaliikenteessä eli osa-alueilla, jotka ovat kansainvälisten sopimusten ja sääntelyn piirissä ja joihin Tukholman kaupungilla on rajatut vaikutusmahdollisuudet. Myös fossiilisista polttoaineista tehtyjen muovien polttaminen jätteenpolttolaitoksissa todennäköisesti jatkuu energiantuotannossa. Näiden jäännösten kompensoimiseksi kaupungin on kehitettävä hiilinieluja. Lyhyemmälle aikavälille strategia esittää toimenpiteitä, joiden avulla

saavutetaan Tukholman ympäristöohjelman 2016-2019 (Stockholm Environment Program) ilmastoon liittyvät tavoitteet vuoteen 2020 mennessä. (Tukholman kaupunki 2016, 7.)

Kunnalliset toimikunnat ja yhtiöiden hallitukset ovat vastuussa toimenpiteistä strategian toteuttamiseksi. Kaupungin johtoryhmällä on puolestaan kokonaisvastuu strategisesta ilmastotyöstä, ja se voi tarvittaessa kutsua kaupungin toimikunnat ja hallitukset kokoon ja kehottaa niitä toteuttamaan tarvittavia toimia päästövähennysten eteen. Toimikuntien ja yhtiöiden käytössä on kaupungin budjetista varattuja varoja ilmastoinvestointeihin vuoteen 2018 asti. Strategia tarjoaa ohjeita varojen käyttöön ja osoittaa pitkän aikavälin budjettiprioriteetteja. Kaupungin suositellaan myös hakevan valtion rahoitusta toimenpiteille. Strategian esittelemiä toimenpiteitä seurataan samalla tavoin kuin muitakin kaupungin valvomia toimia ja budjettikysymyksiä. Päästöjen jatkuvalla analysoimisella ja laskemisella on mahdollista mallintaa päästöjen kehitystä. Strategian mukaan kaupungin on keskityttävä pitkän aikavälin tavoitteeseen ja uudistettava jatkuvasti sen analyyseja mahdollisista päästövähennyksistä eri osa-alueilla. (Tukholman kaupunki 2016, 45–46.)

Strategian mukaan ilmastonmuutos on monimutkainen haaste, jota ei voi tarkastella perinteisenä ympäristökysymyksenä. Onnistunut ilmastoon liittyvä työ vahvistaa Tukholman kilpailullista asemaa, on yhteydessä laajaan hyvinvointiin ja uusiin työmahdollisuuksiin. Vapaus fossiilisista polttoaineista on mahdollista saavuttaa jo olemassa olevien teknologioiden avulla, kunhan niitä täydentävät resurssi- ja energiatehokas infrastruktuuri sekä jatkuvat investoinnit teknologiseen kehitykseen. Toimenpiteet, jotka johtavat innovaatioihin ja teknologiseen kehitykseen ilmastoasioissa vahvistavat myös paikallista liiketoimintaa ja teollisuutta. Fossiilisista polttoaineista vapaan Tukholman tavoitteen saavuttaminen riippuu suurelta osin aluekehityksestä, erityisesti julkisen liikenteen ja kaupunkisuunnittelun osa-alueilla. Liikenteen ja uusiutuvan energian osa-alueilla myönteisen kehityksen esteenä on usein kansallisen ja kansainvälisen tason sääntely, joka vaikeuttaa tarvittavien toimenpiteiden toteuttamista ja kannustimien luomista. (Tukholman kaupunki 2016, 46.)

Strategian linjaus vaikuttamisesta ruotsalaiseen ja kansainväliseen lainsäädäntöön sekä muovien polttamisen jatkaminen energiantuotannossa ovat esimerkkejä regiimin muodonmuutoksesta. Liikenne- ja energiasektori ovat hiilineutraaliuden saavuttamisen kannalta tärkeimmät osa-alueet, mutta tämän hetken kansainväliset sopimukset ja sääntely ovat strategian mukaan esteenä näiden sektorien vapauttamiseksi fossiilisista polttoaineista. Tukholman kaupunki asemoi itsensä regiimin ulkopuoliseksi toimijaksi esittämällä, kuinka sillä on rajatut vaikutusmahdollisuudet kansainvälisiin

sopimuksiin ja lainsäädäntöön. Se pyrkii kuitenkin vaikuttamaan näiden sisältöön strategian avulla ja lisäapua toivotaan saatavan valtion rahoituksesta. Polttamisesta lämmön- ja sähkönyhteistuotantolaitoksissa ei ole yksikään muukaan kaupunki pääsemässä eroon, joten Tukholma on siinä samassa linjassa muiden kaupunkien kanssa. Strategian voisi kuitenkin kuvitella linjaavan kunnianhimoisemmat tavoitteet muovien kierrätykselle niiden polttamisen sijaan. Innovaatiot ja teknologinen kehitys ovat mukana, mutta niiden vaikutusta on vielä vaikea arvioida. Strategiassa ilmenee lisäksi ristiriitaisuutta teknologian suhteen, kun siinä mainitaan, kuinka vapaus fossiilisista polttoaineista on mahdollista saavuttaa jo olemassa olevien teknologioiden avulla, kunhan samalla investoidaan jatkuvaan teknologiseen kehitykseen.

Tukholman nykyiset kasvihuonekaasupäästöt

Fossiiliset polttoaineet vastaavat tällä hetkellä noin 30 prosenttia Tukholman energiankulutuksesta. Sitä kulutetaan ensisijaisesti Värtanin sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantolaitoksessa, jossa poltetaan hiiltä. Öljyä käytetään lämmöntuotannossa, teollisuudessa sekä laivaliikenteessä. Maakaasua käytetään yksittäisten rakennusten lämmittämisessä, uneissa ja liikenteessä. Autot, rakennuskoneet, tehtaot ja laivaliikenne käyttävät bensiiniä ja dieseliä, lentoliikenne kerosiinia. Lisäksi fossiilisista polttoaineista valmistettuja muovituotteita poltetaan kaukolämmöksi ja sähköksi yhteistuotantolaitoksissa. Vuonna 2014 kokonaispäästöt olivat 2,4 miljoonaa kilotonnia CO₂-ekv. Rakennusten energiankulutus vastasi tästä noin 35 prosenttia, kaasun ja sähkön käyttö noin 20 prosenttia ja liikenteen osuus oli noin 45 prosenttia. Fossiilisista polttoaineista aiheutuu ennusteiden mukaan vuonna 2040 henkilöä kohden mitattuna vielä 0,4 tonnia CO₂-ekv. vastaavat päästöt. (Tukholman kaupunki 2016, 7 & 17.)

Kokonaispäästöt ovat vähentyneet vuoden 1990 tasosta noin kolmanneksella, ja henkeä kohti mitatut päästöt ovat pudonneet puoleen 5,4:stä 2,7:ään tonniin CO₂-ekv. Merkittävimmät vähennykset on saavutettu rakennusten lämmityksessä, jossa päästöt ovat vähentyneet 50 prosentilla vuoden 1990 tasosta kaupungin 30 prosentin väkiluvun noususta huolimatta. (Tukholman kaupunki 2016, 17.)

Energiankulutuksen osa-alueella tehtävät päästövähennykset

Strategiassa tarkastellaan energiankulutusta asuinalueilla, liiketoiminnassa ja teollisuudessa. Sen osuus Tukholman kokonaispäästöistä on noin 56 prosenttia. Noin 80 prosenttia Tukholman rakennuksista kuuluu kaukolämmön piiriin ja sitä tuotetaan useissa sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa, jotka ovat energiayhtiö Fortumin ja Tukholman kaupungin yhteisomistuksessa. Nämä laitokset käyttävät energianlähteenään biopolttoaineita, hiiltä, jätettä, sähköä ja lämpöä meri- ja jätevedestä sekä pieniä määriä öljyä. Tukholman ilmastotavoitteiden kannalta fossiilisten polttoaineiden vähentäminen kaukolämmöntuotannossa on ensisijaisen tärkeää. Öljyä käyttävät myös yksityiskodit ja teollisuus, vaikka pääasiassa yksityiskodit lämpiävät sähköllä. Energiatehokkuuden parantumisen myötä rakennusten energiankulutus on pysynyt pitkälti samana vuodesta 1990 asti. Vuodesta 1990 alkanut kaukolämpöverkon laajentaminen on saanut öljynkulutuksen romahtamaan lämmöntuotannossa, vähennys on lähes 90 prosenttia vuoden 1970 tasoon verrattuna. Ennusteiden mukaan lämmitykseen ja lämpimän veden tuotantoon liittyvät energiategokkuusparannukset jo olemassa olevassa rakennuskannassa vähentää kokonaisenergiantarvetta 18 prosentilla vuoteen 2040 mennessä. (Tukholman kaupunki 2016, 21–23.)

Tukholman lyhyen ja pitkän aikavälin ilmastotavoitteiden toteutuminen riippuu pitkälti siitä, kuinka se tuottaa kaukolämpönsä. Tehokkain tapa vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä kaukolämmöntuotannossa on korvata niitä vaiheittain uusiutuvalla energialla. Tukholman kaukolämmön tuottaja Fortum Värme on luvannut tuottaa kaukolämpönsä ilmasto- ja resurssineutraalisti ja täysin uusiutuviin polttoaineisiin perustuvasti vuoteen 2030 mennessä. Muita keinoja leikata päästöjä on parantaa lämmöntalteenottojärjestelmiä, liittää yhteen kaupunkialueen kaukolämmitysjärjestelmiä ja laajentaa energiantalteenottolaitoksia ja matalien lämpötilojen järjestelmiä. Öljyn korvaaminen yksittäisissä lämmitysjärjestelmissä tapahtuu luonnostaan, kun vanhoja boileriteita korvataan biopolttoaineisiin, kaukolämpöön ja lämpöpumppuihin perustuvilla ratkaisuilla. Biopolttoaineiden lisääntynyt kysyntä voi kuitenkin johtaa pulaan tarjonnassa, joka puolestaan johtaa hinnan nousuun, mahdollisesti saaden näin fossiiliset polttoaineet näyttämään edullisemmilta vaihtoehdoilta. (Tukholman kaupunki 2016, 24.)

Kiinteistösektorilla kunnallisia toimenpiteitä energiankulutuksen vähentämiseksi sääntelee kansallinen lainsäädäntö, joka rajoittaa kaupungin mahdollisuuksia asettaa erilaisia ilmastotavoitteisiin liittyviä vaatimuksia. Lisäksi likviditeetin puute voi rajoittaa kiinteistöjen

omistajien kykyä rahoittaa laajoja energiatehokkuustoimenpiteitä. Yhdessä nämä tekijät voivat johtaa odotettua pienempään energiankysynnän vähenemiseen. (Tukholman kaupunki 2016, 24.)

Sähkön ja kaasun kulutusta tarkastellaan strategiassa pois lukien siitä lämmittämisessä ja liikenteessä kulutettu sähkö ja kaasu, sillä näiden osa-alueiden energiankulutusta tarkastellaan itsenäisesti. Sähkön kokonaiskulutus Tukholmassa on pysynyt lähes ennallaan viimeiset vuosikymmenet. Henkeä kohti mitatut 20 prosentin vähennys kokonaissähkönkulutuksessa ja 15 prosentin vähennys kotitalouksien sähkönkulutuksessa on saavutettu pääasiassa, kun monet teollisuuden toiminnot ovat muuttaneet pois Tukholmasta, mutta myös merkittävästi energiatehokkuusparannuksilla valaistuksessa ja kotitalouslaitteistossa. Sähkönkulutus on puolestaan noussut toimistoissa ja palvelusektorilla. Tämän hetken alhainen sähkön hinta on tekemässä ydinvoimasta kannattamatonta sekä vaikeuttamassa investointeja uusiin tuulienergiaprojekteihin. Samalla strategiassa kuitenkin todetaan, että korkeammat energianhinnat hyödyttävät uusiutuvia energianlähteitä. Ennusteen mukaan Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla energiasta tuotetaan 1–2 prosenttia fossiilisilla polttoaineilla vuonna 2040. Suurin mahdollisuus uusiutuvalle energiantuotannolle Tukholmassa on bioenergialla sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa. (Tukholman kaupunki 2016, 25.)

Strategia nostaa esille monia esimerkkejä, kuinka joko kansallinen tai kansainvälinen lainsäädäntö on esteenä päästövähennystoimenpiteille. Kuten muillakin vertailussa olevilla kaupungeilla, myös Tukholmalla kaukolämmöntuotanto on yksi suurimmista yksittäisistä päästölähteistä ja sen hiilineutralisoiminen haastavaa. Siinä missä fossiilisilla polttoaineilla oli yksinkertaista tuottaa keskitetysti ja tehokkaasti kaukolämpöä, niiden korvaaminen vaatii useiden teknologioiden yhdistämistä, joista vahvimpana tekijänä nousee esille biomassan polttaminen. Bioenergiaan liittyy monia ongelmia, joita on käsitelty jo aikaisemmin tutkielmassa. Tukholmassa näyttäisi tapahtuvan regiimin uusintamista energiankulutuksen sektorilla, koska siinä ei viitata merkittäviin innovaatioiden tukemiseen, vaan olemassa olevat infrastruktuurit ja kansallinen ja kansainvälinen lainsäädäntö sekä hallitsevat regiimin toimijat ohjaavat järjestelmän vähittäiseen muuttamiseen regiimin puitteissa. Toimenpideohjelmassa ei myöskään kuvata selkeästi regiimin ulkopuolisia toimijoita, jotka pyrkisivät toimillaan haastamaan nykyisiä tekemisen tapoja.

Liikenteen ja kaupunkirakenteen osa-alueilla tehtävät päästövähennykset

Liikennesektori vastasi 44 prosentista Tukholman kokonaispäästöistä vuonna 2014. Se on strategian mukaan suurin haaste fossiilisista polttoaineista vapaan Tukholman tiellä. Tarvitaan vahvoja toimenpiteitä tukemaan siirtymää uusiutuviin ajoneuvojen polttoaineisiin ja vähentyneeseen energian tarpeeseen sekä liikennemääriin. Tieliikenne tuottaa 80 prosenttia liikennesektorin päästöistä ja loput 20 prosenttia ovat lähtöisin laiva-, lento- ja työkoneistoliikenteestä. (Tukholman kaupunki 2016, 29–30.)

Tieliikenteessä tarvitaan investointeja uuden infrastruktuurin rakentamiseksi ja vanhojen ajoneuvojen korvaamiseksi. Strategian mukaan Tukholman kaupungilla on rajalliset valtuudet asian suhteen, mutta mahdollisuudet muutoksen tekemiseksi ovat hyvät. Tukholma on tiiviisti asuttu kaupunki, jolla on jo hyvin toimiva ja kattava joukkoliikenneverkosto. Esitykset uusien metrolinjojen ja paikallisjunaverkon rakentamisesta on jo hyväksytty. Yksityiset ajoneuvot muodostavat suurimman osan liikennemääristä, mutta myös tavaraliikenne on vastuussa suuresta osasta liikenteen päästöistä. Esimerkiksi raskastavaraliikenne vastaa vain 4:stä prosentista kuljetuista kilometreistä, mutta 20 prosenttia tieliikenteen päästöistä. Tulevaisuudessa yksityisautoilun on ennustettu vähenevän ja kevyttavaraliikenteen määrän kasvavan. Kaupungin on annettava selkeitä merkkejä markkinoille siitä, miten se aikoo toteuttaa siirtymän fossiilisista polttoaineista vapaaseen tieliikenteeseen. Ensisijaisessa asemassa tässä ovat sähköautot ja pistokehybridiautot. Sen on siksi muodostettava pitkän aikavälin tavoitteet, miten sähköautoille luodaan latausinfrastruktuuri. (Tukholman kaupunki 2016, 30.)

Tukholman kaupungilla on selkeä tarve laajalle alueelliselle yhteistyölle ja konsensukselle yhtenäisen ja tehokkaan alueellisen julkisen liikennejärjestelmän luomiseksi. Tämä on ehdottoman tärkeää liikenteen osa-alueen ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta. Edistys liikenteen osa-alueella riippuu vahvasti siitä, miten infrastruktuuriin ja ajoneuvoihin investoimisen olosuhteet ja kannustimet muuttuvat pitkällä aikavälillä. Valtion on oltava mukana muuttamalla lainsäädäntöä ja muuta sääntelyä, muokkaamalla verotusta, rahoittamalla julkista liikennettä ja infrastruktuurihankkeita sekä luomalla kansallinen strategia liikenteen toimintatavoille. Kaupungilla puolestaan on vahvaa toimintavaltaa kaupunkisuunnittelun suhteen. Tiivis, yhtenäinen ja monikäyttöinen kaupunki-infrastruktuuri luo oikeanlaiset olosuhteet tehokkaalle liikenneympäristölle ja korkean käyttökapasiteetin matkustajajunajärjestelmille. Kaupungin vastuulla on myös luoda houkuttelevat pyöräily- ja kävelyverkostot sekä tehokkaat julkisen liikenteen palvelut. Toisaalta julkisen liikenteen

palveluiden parantaminen on kallista ja sen projektien suunnittelussa ja toteutuksessa voi tulla viivästyksiä. (Tukholman kaupunki 2016, 31.)

Kunnallisilla viranomaisilla on rajatut vaikutusmahdollisuudet lento- ja laivaliikenteen sääntelyyn ja niiden käyttämiin polttoaineisiin, koska näitä osa-alueita sääntelevät pitkälti kansainväliset sopimukset. Molemmat osa-alueet ovat myös vahvasti riippuvaisia fossiilisista polttoaineista, joten niiden käyttö lento- ja laivaliikenteessä todennäköisesti jatkuu vielä vuonna 2040. (Tukholman kaupunki 2016, 32–34.)

Tukholman kaupungilla on toimenpideohjelman mukaan selkeä pyrkimys muuttaa liikennejärjestelmäänsä muokkaamalla kaupungin infrastruktuuria edistämällä kestäviä liikennemuotoja sekä pyrkimällä uudistamaan vallalla olevaa regiimiä korostamalla, kuinka valtion on oltava mukana muokkaamassa lakeja, sääntelyä, verotusta ja investointeja. Ohjelmassa siis tunnustetaan regiimin muuntaminen keskeisenä keinona ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Riippuen vallalla olevien toimijoiden uudelleenorientaatiopyrkimysten onnistumisesta ja niche-tasolta tulevien innovaatioiden kypsyydestä ja laajemmasta leviämisestä, Tukholman liikennejärjestelmä näyttäisi suuntaavan kohti nykyjärjestelmän muodonmuutosta tai siirtymää kokonaan uudenlaiseen järjestelmään.

Resurssiviisaus, kierrätys ja päästöjen kompensointi

Resurssitehokkuus vaatii suurempaa pidättäytymistä rajallisten materiaalien kulutuksesta sekä keskittymistä jätteen määrän vähentämiseen. Suurempi osa tuotannosta ja kulutuksesta täytyy perustua kiertotalouden periaatteille. Resurssitehokkuus tarjoaa hyvän perustan vapaudelle fossiilisista polttoaineista käyttämällä jätettä sähkön ja lämmön tuotantoon. Muovit muodostavat tällä hetkellä suuren osan Tukholmassa poltettavasta jätteestä, mutta niiden osuutta voidaan vähentää edistämällä niiden kierrätystä ja kuluttamisen vähentämistä. Kun kierrättäminen ei ole enää mahdollista muovit tulisi polttaa energiaksi, vaikka tämä onkin ristiriidassa fossiilisista polttoaineista luopumisen kanssa.

Biokaasua puolestaan voidaan tuottaa hakejätteestä, maatalouden sivutuotteista, viemäri- ja kotitalousjätteistä. Tukholman kaupungin tavoitteena on kerätä viimeistään vuoteen 2020 mennessä

70 prosenttia tukholmlaisten ruokajätteestä biokaasun tuotantoa varten. Tällä voidaan korvata maakaasua kaupungin kaasuverkossa ja käyttää sitä autojen polttoaineena. Biokaasun tuotannossa ylijääneitä ravinteita voidaan käyttää hyväksi maataloudessa. Tällä hetkellä biokaasun kysyntä autojen polttoaineena ylittää sen tarjonnan, joten kysyntään vastaamiseksi joudutaan turvautumaan myös maakaasuun. Tukholma pyrkii vähentämään sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa poltettavan muovin määrää edistämällä niiden kierrätystä ja kulutuksen vähentämistä. Orgaanisista jätteistä taas tuotetaan biokaasua, jolla voidaan korvata maakaasua kaupungin kaasuverkossa ja käyttää sitä autojen polttoaineena. (Tukholman kaupunki, 37.)

Laskelmien mukaan Tukholman kaupungissa käytetään vielä vuonna 2040 jonkin verran fossiilisia polttoaineita, ensisijaisesti meri- ja lentoliikenteessä, joiden toimintaan kaupungilla on rajatut vaikutusmahdollisuudet. Näiden päästöjen kompensoimiseksi kaupunki tutkii erilaisten hiilinielujen luomista kunnallisten rajojen sisälle. Mahdollisina vaihtoehtoina mainitaan hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS) sekä biomassasta tuotettu biohiili, jota voidaan käyttää hiilen varastoimisen lisäksi maanparannusaineena, joka estää ravinteiden huuhtoutumista toimien näin rehevöitymisen esteenä. (Tukholman kaupunki, 41.)

Resurssitehokkuuden ja kierrätyksen suhteen Tukholma uudistaa jätteiden polttamiseen perustuvaa järjestelmäänsä tehostamalla kierrätystä, vähentämällä jätteen määrää ja tuottamalla jätteestä biokaasua, jolla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita. Ohjelmassa ei kuvata mitkä toimijat ovat mukana esimerkiksi biokaasun tuottamisessa, mutta on syytä epäillä, että ainakin yhtenä mukana olevan toimijana olisi kaupungin oma energialaitos. Niche-toimijoista ei löydy mainintaa. Aineiston tulkinnan perusteella voidaan sanoa, että fossiilille polttoaineille perustunut kaupungin kaasuverkko ja yksityisautoiluun perustuva liikennejärjestelmä uusinnetaan vallitsevien toimijoiden toimesta toimimaan mahdollisimman suurilta osin biopolttoaineilla. Meri- ja lentoliikenteessä vallitseva regiimi estää uudistumisen ja fossiilisten polttoaineiden käyttö jatkuu. Tätä kompensoidaan hiilinieluilla, joissa mahdollisina vaihtoehtoina mainitaan hiilidioksidin talteenotto ja varastointi sekä biohiili, jotka voidaan nähdä uusina ja innovatiivisina päästövähennyskeinoina, mutta jotka odottavat vielä teknologioidensa täydellistä kypsymistä ja laajempaa leviämistä.

4.7 Monitasoperspektiivin muutosprosessit toimenpideohjelmissa

Monitasoperspektiivissä erotetaan kolme eri muutosprosessia sen mukaan, kuinka suuri sosioteknisen järjestelmän muutos on kyseessä. Muutosprosessien määrittely aiheutti kuitenkin hankaluuksia, koska mukana olevia eri tasoja oli usein vaikea tunnistaa ja prosesseja toteuttavia toimijoita oli kuvailtu toimenpideohjelmissa vähäisesti. Myönteisinä poikkeuksina olivat Helsingin ja Turun toimenpideohjelmat, joissa oli selkeät kuvaukset toimenpiteitä toteuttavista kaupunkiorganisaatioista.

Ensiksi etsin luomastani aineiston tiivistetystä kuvauksesta merkkejä monitasoperspektiivin kolmesta eri analyttisestä tasosta, niche-, regiimi- ja maisematasoista. Tunnistettuani ja merkittyäni nämä tasot etsin seuraavaksi esimerkkejä näissä mukana olevista eri toimijoista, jotta pystyin arvioimaan minkälaisista muutosprosesseista toimenpiteissä on kyse. Muutosprosessien määrittelemisen perustuu eri mukana olevien tasojen ja toimijoiden tunnistamiseen ja näiden toiminnan arvioimiseen. Toimenpiteitä toteuttavia eri toimijoita ei kuitenkaan yleensä ollut kuvattu yksityiskohtaisesti toimenpideohjelmissa. Erityisesti vaikeuksia aiheutti uusintamisen ja muodonmuutoksen, ja toisaalta muodonmuutoksen ja siirtymän, prosessien erottaminen toisistaan. Aikalaistapahtumia kuvaavina yleisinä visioina toimenpideohjelmat eivät pysty olemaan – eikä niiden ehkä ole tarkoituskaan olla – yksityiskohtaisia kuvauksia yksittäisistä toimenpiteistä. Tämän yleisluontoisuuden takia monitasoperspektiivin muutosprosessien tunnistamiseksi vaadittavat toimijoiden tarkat kuvaukset yleensä puuttuvat toimenpideohjelmissa. Tässä tulee esille monitasoperspektiivin heikkous tällä hetkellä tapahtuvien siirtymien arvioinnissa, ja yleensä sitä onkin käytetty jo tapahtuneiden historiallisten siirtymien kuvailuun.

5 Johtopäätökset

Tutkielman tavoitteena oli selvittää, miten tarkastelun kohteeksi valikoidut kuusi pohjoismaista kaupunkia aikovat toteuttaa siirtymän hiilineutraaliuteen toimenpideohjelmiensa mukaan. Tämän lisäksi etsin toimenpideohjelmista merkkejä sosioteknisen monitasoperspektiivin mukaisista kolmesta eri analyttisestä tasosta ja vuorovaikutuksesta näiden tasojen välillä. Näin pyrin arvioimaan minkälaisia muutosprosesseja kaupunkien sosiotekniset järjestelmät tulevat toimenpideohjelmien mukaan käymään läpi.

5.1 Siirtymät kaupunkien sosioteknisissä järjestelmissä

Kaupunkien suurimmat päästölähteet ovat hyvin samankaltaisia ja tämän seurauksena myös päästövähennystoimenpiteet ovat pääosin yhteneväisiä. Kaukolämmöntuotanto on yksi suurimmista päästölähteistä kaikissa kaupungeissa, ja sen hiilineutralisoiminen aiotaan toteuttaa kaikkialla siirtymällä fossiilisten polttoaineiden polttamisesta biopolttoaineiden polttamiseen. Poikkeuksena on Oslo, jossa otetaan käyttöön hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (Carbon Capture and Storage, CCS) Oslon suurimmassa yksittäisessä päästölähteessä, Klemestrudin kaukolämpöä ja sähköä tuottavassa jätteenpolttolaitoksessa. Tämä pilottiprojekti on ainoa laatuaan vertailtavissa kaupungeissa. CCS-tekniologiaa pidetään lupaavana ja tulevaisuudessa yhä tärkeämpänä työkaluna ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa. Se käy esimerkistä toimenpideohjelmissä esille tuoduista toivotuista uusista innovaatioista, teknologisesta kehityksestä ja tätä kautta tapahtuvan taloudellisen kasvun luomisesta. CCS-tekniologian on ennustettu voivan kehittyä merkittäväksi vientituotteeksi sitä kehittäville yrityksille ja maille (Teir et al. 2009, 3). Geoterminen energia, lämpöpumput, lämmön talteenotto ja kierrätys sekä aurinkokeräimet ovat muita toimenpideohjelmissä mainittuja tulevaisuuden keinoja tuottaa kaukolämpöä biomassan ja jätteiden polttamisen lisäksi. Kaupungit näyttävätkin luottavan jatkossakin valtaosan kaupunkien rakennuskannasta kattaviinsa kaukolämpöjärjestelmiinsä, mutta niiden energianlähteitä tehdään monipuolisemmaksi ja pääasiallisena energianlähteenä toimivat fossiiliset polttoaineet korvataan biomassalla. Laaja valikoima tarjolla olevia erilaisia energianlähteitä edesauttaa siirtymässä hiilineutraaliin energiajärjestelmään (Clack et al. 2017). Lämmöntuotannon keskeisyydestä hiilineutraaliuden tavoitteen saavuttamisessa ja siihen liittyvistä haasteista kertoo myös Helsingin kaupungin 27.2.2020

avaama haastekilpailu, jossa kaupunki lupaa miljoona euroa sille, joka keksii, miten kaupunkia lämmitetään hiilineutraalisti (Helsinki Energy Challenge).

Liikenne on suurin päästölähde Kööpenhaminassa, Oslolla ja Tukholmassa, toiseksi suurin Helsingissä ja Tampereella ja kolmanneksi suurin Turussa. Liikenteen päästövähennystoimenpiteet noudattelevat kaikissa kaupungeissa samoja pääpiirteitä. Näitä ovat muun muassa kestävien liikennemuotojen osuuden kasvattaminen, joukkoliikenteen polttoaineiden hiilineutralisointi ja sähköistäminen, infrastruktuurin luominen uusiutuville polttoaineille ja sähköautoille, matkojen vähentäminen kaupunkirakenteen tiivistämisen avulla ja liikenne palveluna (Mobility as a Service, MaaS) -toimintatapojen edistäminen. Kaikissa toimenpideohjelmissa korostetaan liikenteen päästövähennysten olevan erityisen vaikeita toteuttaa. Tämä johtuu osaltaan vaadittavasta kulttuurisesta muutoksesta, jotta ihmiset vähentäisivät henkilöautoiluaan ja siirtyisivät yhä enenevässä määrin joukkoliikenteen käyttäjiksi. Toisaalta olemassa oleva autokanta ja infrastruktuuri aiheuttavat hitausvoimaa uudistuksille. Vähäpäästöisten autojen osuus kasvaa, mutta suurin osa on edelleen fossiililla polttoaineilla kulkevia autoja, eivätkä nämä poistu liikenteestä kovin nopeasti. Lisäksi uudenlaisen infrastruktuurin rakentaminen vähäpäästöisille autoille vie aikaa. Vaikuttavin tapa onkin nykyisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla polttoaineilla. Polttoaineiden hinnankorotukset ja autoiluun liittyvät veronkiristykset ovat poliittisesti vaikeasti ajettavia asioita, sillä ne synnyttävät suurta vastustusta. Kaikissa toimenpideohjelmissa tiedostetaan liikenteen päästövähennysten hitaus ja liikenteestä aiheutuvia päästöjä valmistaudutaan kompensoimaan vielä pitkään.

Sähkönkulutus on toiseksi merkittävin päästölähde Kööpenhaminassa ja Turussa ja muissa kaupungeissa kolmanneksi suurin. Sen suhteen toteutettavat toimenpiteet ovat usein yhteneväisiä lämmöntuotannon kanssa, koska näitä tuotetaan samoissa yhteistuotantolaitoksissa. Hiilineutraalin sähkön tuottaminen ei ole vaikeaa jo olemassa olevilla tekniikoilla, vaan esimerkiksi rakentamalla uusia tuulivoimaloita saadaan tuotettua paljon uusiutuvaa hiilivapaata sähköä. Sähköntuotanto kuuluu Euroopan Unionin päästökaupan piiriin, joten päästövähennykset yhdessä paikassa – esimerkiksi Helsingissä – eivät vähennä EU:n kokonaispäästöjä, ellei kaupunki tai energiayhtiö osta pois vastaavaa määrää päästöoikeuksia markkinoilta. Päästövähennykset tällä sektorilla liittyvät siis EU-politiikkaan, koska EU komissio määrää päästökaton suuruuden.

Näiden lisäksi toimenpideohjelmat esittelevät useita vaikutukseltaan vähäisempiä toimenpiteitä, kuten energiatehokkuuden parantamista, kaupungin organisaatioiden omien päästöjen

neutralisoimista, kaupunkirakenteen tiivistämistä sekä jätteiden tehokkaampaa kierrättämistä ja hyötykäyttöä. Hiilinielujen lisääminen ja päästöjen kompensointi ovat myös tärkeä osa jokaisen kaupungin toimenpiteitä, kompensoinnin vastatessa noin 20% päästövähennyksistä.

Kaikissa toimenpideohjelmissa korostetaan siirtymää hiilineutraaliuteen mahdollisuutena luoda uusia työpaikkoja, talouskasvua ja viihtyisämpi kaupunkiympäristö. Kaupungeista halutaan tehdä houkuttelevia paikkoja erityisesti uusille innovatiivisille yrityksille, jotka omalta osaltaan auttavat hiilineutraaliuden saavuttamiseen tarvittavan uuden puhtaamman teknologian kehityksessä. Teknologinen kehitys on keskeisellä sijalla kaikkien kaupunkien visioissa. Sen sijaan, että toimenpideohjelmat esittelisivät visioita merkittävästi nykyhetkestä eroavasta tulevaisuudesta, ne pyrkivät nostamaan esille toteuttamiskelpoisia ratkaisuja, jotka etenevät jo nähtävissä olevia polkuja pitkin. Toimenpideohjelmat ovat visioita, joiden puoleensavetävyys tulee ajankohtaisuudesta ja toteuttamiskelpoisuudesta. Ne on laadittu aikamme yleisessä poliittisessa ja kulttuurisessa kontekstissa. Toimenpideohjelmat lupaavat, että teknologinen kehitys tuottaa samanaikaisesti sekä talouskasvua että päästövähennyksiä. Tämä on järkeenkäypää, kun pidämme mielessä, että yksi taloudellista kasvua vahvasti selittävistä tekijöistä on kyky tuottaa ja hyödyntää uusia innovaatioita. Uusklassisen Solowin (1956) kasvumallin mukaan taloutta voidaan kasvattaa kahdella tavalla: Ensimmäinen tapa on kasvattaa pääomaintensiteettiä eli lisätä koneiden ja laitteiden määrää työntekijää kohti tai nostaa työntekijöiden koulutustasoa. Toinen tapa on teknologisen kehityksen avulla. Teknologinen kehitys pitää tässä sisällään kaiken muun kasvun, mikä ei ole selitettävissä mallissa mukana olevalla pääomaintensiteetin kasvulla. Tästä muusta kasvusta käytetään nimitystä residuaali ja se selittää tyypillisissä empiirisissä malleissa talouskasvusta 50–90 prosenttia. Mallissa ei oteta kantaa siihen mistä teknologinen kehitys on seurausta ja siten mistä kokonaistuottavuuden kasvu syntyy. Koska malli ei ota mitään kantaa siihen, mistä teknologinen kehitys syntyy, pitkän aikavälin kasvun ainoa lähde jää tavallaan selittämättä ja mallintamatta. (Hyytinen ja Rouvinen, 20.)

Solowin residuaalia ja teknologisen kehityksen syiden arvoitusta on yritetty selittää endogeenisen kasvun teorialla, jossa aineeton pääoma sisällytetään yhdeksi tuotantotekijöistä. Tässä mallissa aineettomalla pääomalla tarkoitetaan kaikkea tutkimusta, kehitystä ja tietoa luovaa toimintaa. Uusi tieto siis mahdollistaa tuotannon tason lisäämisen ilman, että samalla kasvatetaan pääoma- tai työpanosta. Teknologinen kehitys on näin taloudellisten toimijoiden aktiivisten päätösten seurausta. (Hyytinen ja Rouvinen, 21.) Tästä näkökulmasta katsottuna kaupunkien tulisi panostaa tutkimukseen ja tietoa luovaan toimintaan. Nämä ovat kuitenkin valtiotasolla tai yritysten sisällä päätettäviä asioita.

Myös yritysten houkuttelemiseksi tehtävät verotukseen liittyvät päätökset tehdään valtion toimesta, joten on ymmärrettävää, että näitä asioita ei toimenpideohjelmissa mainita.

Toimenpideohjelmissa varataan paljon yleisen teknologisen kehityksen varaan myös siksi, että uusiutuvien energianlähteiden – erityisesti tuuli- ja aurinkovoiman – osuuden lisääntyessä energiajaoxessa on asennettava uusiutuvia vastaava määrä varavoimaa, uusiutuvien epäsäännöllisyyden vuoksi. Tämä lisää energiajärjestelmän muutoksen hintaa. Tuleva teknologinen kehitys sisältää lupauksen, että tämä ongelma voidaan korjata esimerkiksi akkuteknologian kehityksen avulla. Tähän mennessä varavoimana on toiminut paljolti maakaasu ja muut fossiiliset polttoaineet, mutta tulevaisuudessa nämä pitäisi korvata vähähiilillä energianlähteillä.

5.2 Kaupunkien siirtymät monitasoperspektiivin mukaan

Sosioteknisten siirtymien tarkasteluun tarkoitettuna monitasoperspektiivin oli tarkoitus auttaa selvittämään minkälaisia mallin mukaisia siirtymäprosesseja kaupunkien sosiotekniset järjestelmät tulevat käymään läpi. Malli ei kuitenkaan ollut parhain mahdollinen analyysiväline aineistoni tulkintaan syistä, joita olen selvittänyt tarkemmin kappaleessa 4.7. Se auttoi kuitenkin antamaan yleisiä suuntaviivoja järjestelmien kehityssuunnasta, siis siitä näyttääkö järjestelmien muutos olevan tulevaisuudessa vaiheittain tapahtuva vähittäinen muutos vai vaikutuksiltaan merkittävämpi muutos.

Suurimmaksi osaksi kaupungit uusintavat ja suuntaavat uudelleen sosioteknisiä järjestelmiänsä, mutta vielä on liian aikaista arvioida johtavatko tällä hetkellä nähtävät muutokset laajoihin siirtymiin tulevaisuudessa. Mallin mukaisessa siirtymässä regiimi-tason toimijat reagoivat kohtaamiinsa maisema- ja niche-tasojen paineisiin mukautuksilla järjestelmään, mutta ne eivät pysty ratkaisemaan ongelmia. Seurauksena on luova tuho, jossa vallassa olevat toimijat romahtavat ja uudet innovaatiot lyövät itsensä läpi. Mielestäni tällä hetkellä ei ole nähtävissä merkkejä vallalla olevien toimijoiden romahduksista ja toisaalta nämä ovat aina määrittelykysymyksiä, joihin ei ole selkeitä vastauksia tarjolla. Esimerkiksi voidaan ottaa tarkastelun kaupungeissa yleisenä trendinä nähtävä siirtyminen fossiilisten polttoaineiden polttamisesta biomassan polttoon kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa. Tulkintani mukaan kyseessä ei ole siirtymä (transition) yhdenlaisesta järjestelmästä toiseen vaan vanhan järjestelmän uusintamista polttoaineen vaihtuessa ja polttamisen jatkuessa. Toisaalta samaan aikaan uudenlaiset ratkaisut – esimerkiksi maalämmön ja

lämpöpumppujen muodossa – asettuvat osaksi järjestelmää uudelleen orientoiden regiimin toimintaa. Toimenpideohjelmien perusteella on mahdotonta sanoa syrjäyttävätkö nämä uudenlaiset ratkaisut tulevaisuudessa täysin vanhat toimintatavat vai jäävätkö ne isoksi osaksi järjestelmän toimintaa vielä tuleviksi vuosikymmeniksi eli ajanjaksoksi, jolloin hiilineutraaliuden pitäisi toteutua.

Toisaalta taas tämän kaltainen muutos energialähteiden seoksessa fossiilisista polttoaineista pääasiassa biomassaan ja muihin täydentäviin energianlähteisiin voidaan nähdä toteutuneena siirtymänä. Se on vaatinut muutoksia regiimin säännöissä ja järjestelmän kokoonpanossa. Uudet teknologiat ovat olleet osa muutosta ja ne ovat vakiintuneet osaksi järjestelmää. Alkusysäys näille muutoksille olemassa olevassa järjestelmässä on ollut maisema- ja niche-tason paineissa, kun esimerkiksi ilmastonmuutos ja toisaalta teknologialtaan kehittyneet uudenlaiset toimintatavat ovat pakottaneet järjestelmää uusiutumaan. Vaikka tämä nähtäisiin siirtymänä, se on kuitenkin sellainen vasta yhdessä järjestelmässä. Hiilineutraaliuden viitekehyksessä siirtymä tarkoittaa merkittäviä samanaikaisia muutoksia ainakin energiantuotannon ja -kulutuksen, ihmiskäyttäytymisen ja kulttuurin sekä politiikan ja hallinnan osa-alueilla. Hiilineutraaliuden toteutumiseksi toimenpideohjelmien kuvailemien kehityskulkujen on siis edettävä loppuun asti toivotuilla tavoilla myös kaikilla muilla osa-alueilla. Pelkästään toimenpideohjelmiä analysoimalla monitasoperspektiiviä apuna käyttäen on kuitenkin mahdotonta sanoa, tulevatko muutokset olemaan tarpeeksi merkittäviä myös esimerkiksi kulttuurin ja politiikan parissa.

Lähdeviitteet

Ahlqvist, Toni & Valovirta, Toni & Loikkanen, Torsti (2012) Innovation policy roadmapping as a systemic instrument for forward-looking policy design. *Science and Public Policy* 39:2, 178-190.

Alasuutari, Pertti (2012) *Laadullinen tutkimus 2.0*. Tampere: Osuuskunta Vastapaino.

Araújo, Kathleen (2014) The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. *Energy Research & Social Science*, 112–121.

Berkhout, Frans & Smith, Adrian & Stirling, Andy (2005) Socio-technological regimes and transition contexts. Teoksessa Boelie Elzen & Frank Geels & Ken Green (toim.) *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 48–75.

Berninger, Kati (2012) *Hiilineutraali Suomi. Miten luodaan ilmastoystävällinen yhteiskunta?* Helsinki: Gaudeamus.

Blackburn, Christopher & Harding, Anthony & Moreno-Cruz, Juan (2017) Toward Deep-Decarbonization: An Energy-Service System Framework. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports* 4, 181–190.

Bolton, Ronan & Lagendijk, Vincent & Silvast, Antti (2018) Grand visions and pragmatic integration: Exploring the evolution of Europe's electricity regime. *Science, Technology and Innovation Studies*, painossa.

BP (2019) *BP Statistical Review of World Energy 2019*.

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> viitattu 6.1.2020.

Brenner, Neil (2004) *New State Spaces: Urban Governance and the Rescaling of Statehood*. New York: Oxford University Press.

Centeno, Miguel A. & Nag, Manish & Patterson, Thayer S. & Shaver, Andrew & Windawi, Jason A. (2015) The Emergence of Global Systemic Risk. *Annual Review of Sociology* 41, 65–85.

Chase-Dunn, Christopher & Babones, Salvatore J. (toim.) (2006) *Global Social Change - Historical and Comparative Perspectives*. Baltimore, MA: Johns Hopkins University Press.

Clack, Christopher T. M. & Qvist, Staffan A. & Apt, Jay & Bazilian, Morgan & Brandt, Adam R. & Caldeira, Ken & Davis, Steven J. & Diakov, Victor & Handschy, Mark A. & Hines, Paul D. H. & Jaramillo, Paulina & Kammen, Daniel M. & Long, Jane C. S. & Morgan, M. G. & Reed, Adam & Sivaram, Varun & Sweeney, James & Tynan, George R. & Victor, David G. & Weyant, John P. & Whitacre, Jay F. (2017) Evaluation of a proposal for reliable low-cost grid power with 100% wind, water, and solar. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114:26, 6722–6727.

CNCA (2018) Carbon Neutral Cities Alliance. <https://carbonneutralcities.org/about/> viitattu 7.1.2019.

Coenen, Lars & Benneworth, Paul & Truffer, Bernhard (2012) Toward a spatial perspective on sustainability transitions. *Research Policy* 41, 968–979.

Coutard, Olivier & Hanley, Richard E. & Zimmerman, Rae (2005) *Sustaining Urban Networks - The Social Diffusion of Large Technical Systems*. Lontoo; New York: Routledge.

Dalby, Simon (2017) Anthropocene Formations: Environmental Security, Geopolitics and Disaster. *Theory, Culture & Society* 34:2–3, 233–252.

Danmarks Statistik (2020) Danmark producerer rekordmeget energi fra biomasse – og mere af det kommer fra importeret træ. <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/danmark-producerer-rekordmeget-energi-fra-biomasse-og-mere-af-det-kommer-fra-importeret-trae?publisherId=3274962&releaseId=13583113> viitattu 10.1.2020.

Ebenhack, Ben & Martinez, Daniel (2013) *The Path to More Sustainable Energy Systems. How Do We Get There from Here?* New York, New York: Momentum Press.

Gaia Consulting Oy (2014) Helsingin 30 % päästövähennysselvitys. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja vähentämisen kustannustehokkaat toimenpiteet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 7/2014. <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-07-14.pdf>. Viitattu 15.10.2019.

Geels, Frank W. (2002) Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. *Research Policy* 31, 1257–1274.

Geels, Frank W. (2004) From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy* 33, 897–920.

Geels, Frank W. (2005) Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective. *Technological Forecasting & Social Change* 72, 681–696.

Geels, Frank W. (2010) Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy* 39, 495–510.

Geels, Frank W. (2011) The multi-level perspective on sustainability transitions - Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1:1, 24–40.

Geels, Frank W. (2018) Disruption and low-carbon system transformation: Progress and new challenges in socio-technical transitions research and the Multi-Level Perspective. *Energy Research & Social Science* 37, 224-231.

Geels, Frank W. & Kemp, René (2007) Dynamics in socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting case studies. *Technology in Society* 29:4, 441–455.

Geels, Frank W. & Schot, Johan (2007) Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36, 399–417.

Geels, Frank W. & Schot, Johan (2010) The dynamics of transitions. A socio-technical perspective. Teoksessa John Grin & Jan Rotmans & Johan Schot (toim.) *Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. New York, New York: Routledge, 9–101.

Geels, Frank W. & Elzen, Boelie & Green, Ken (2004) General introduction: system innovation and transitions to sustainability. Teoksessa Boelie Elzen & Frank W. Geels & Ken Green (toim.) System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy. Cheltenham: Edward Elgar, 1–16.

Giddens, Anthony (1981) A Contemporary Critique of Historical Materialism. University of California Press Berkeley.

Giddens, Anthony (1984) The constitution of society: Outline of the theory of structuration. Cambridge: Polity Press.

Graaf, Thijs van de (2013) The politics and institutions of global energy governance. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Hall, Charles A. S. & Klitgaard, Ken A. (2012) Energy and the Wealth of Nations. Understanding the Biophysical Economy. New York, NY: Springer.

HE 200/2018 (2018) Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi hiilen energiakäytön kieltämisestä ja oikeudenkäynnistä markkinaoikeudessa annetun lain 1 luvun 2 §:n muuttamisesta. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2018/20180200#idp447279216>. Viitattu 16.10.2019.

Helsinki Energy Challenge (2020) <https://energychallenge.hel.fi/>. viitattu 27.2.2020.

Helsingin kaupunki (2018) Esitys Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelmaksi. Helsingin kaupungin keskushallinnon julkaisuja 2018:4. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf> haettu 1.10.2018.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto (2014) Yleiskaavan ilmastovaikutusten arviointi. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2014:42. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos_2014-42.pdf.

Hodson, Mike & Marvin, Simon (2010) Can Cities Shape Socio-Technical Transitions and How Would We Know If They Were? *Research Policy* 39:4, 477–485.

IPCC (2007) *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (toim.) Cambridge University Press, Cambridge, Iso-Britannia ja New York, NY, USA, Annex I Glossary.

IPCC (2014) *IPCC Fifth Assessment Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Junnila, Seppo & Horvath, Arpad & Guggemos, Angela A. (2006) Life-cycle assessment of office buildings in Europe and the United States. *Journal of Infrastructure Systems* 12:1, 10–17.

Kerkelä, Heikki (2004) Yhteiskunnallisten muutosten käsitteellistämisestä. *Sosiologia* 41:2, 81–93.

Kööpenhaminan kaupunki (2012) *CPH 2025 Climate Plan. A green, smart and carbon neutral city*. https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/983_jkP0ekKMyD.pdf haettu 7.1.2019.

Leahy, Terry (2008) Discussion of ‘Global Warming and Sociology’. *Current Sociology* 56:3, 475–484.

Li, G.N. Francis & Trutnevyte, Evelina & Strachan, Neil (2015) A review of socio-technical energy transition (STET) models. *Technological Forecasting & Social Change* 100, 290–305.

Lähde, Ville (2013) *Niukkuuden maailmassa*. Tampere: Eurooppalaisen filosofian seura ry / *niin & näin*.

Malaska, Pentti & Virtanen, Ilkka (2002) *Tulevaisuuksienkaikkeus*. Teoksessa Pentti Malaska (toim.) *Eero Kasanen 50 vuotta: Opinnäytekerhon onnittelut*. Turku: Turun kauppakorkeakoulu, 17–36.

Markard, Jochen & Raven, Rob & Truffer, Bernhard (2015) Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy* 41:6, 955– 967.

Meadowcroft, James (2011) Engaging with the politics of sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1:1, 70–75.

Melin, Harri (2005) Vertailevan tutkimuksen monet lähtökohdat. Teoksessa Pekka Räsänen & Anu-Hanna Anttila & Harri Melin (toim.) Tutkimus menetelmien pyörteessä. *Sosiaalitutkimuksen lähtökohdat ja valinnat*. Jyväskylä: PS-kustannus, 53–67.

Mitchell, Timothy (2008) Rethinking economy. *Geoforum* 28, 1116–1121.

Nelson, Richard R. & Winter, Sidney G. (1982) *An evolutionary theory of economic change*. Belknap Press, Cambridge, MA.

Nieminen, Mika & Valovirta, Ville & Pelkonen, Antti (2011) *Systeemiset innovaatiot ja sosiotekninen muutos*. Kirjallisuuskatsaus. Espoo: VTT Tiedotteita – Research Notes 2593.

Oslon kaupunki (2016) *Climate and Energy Strategy for Oslo*. Esitys 195/16.

<https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13166797/Content/English/Politics%20and%20administration/Green%20Oslo/Plans%20and%20programmes/Climate%20and%20Energy%20Strategy%20Oslo.pdf> haettu 7.1.2019.

Oslon kaupunki – Carbon Capture and Storage at Klemestrud.

<https://www.oslo.kommune.no/english/politics-and-administration/green-oslo/best-practices/carbon-capture/> viitattu 6.3.2019.

Patterson, James & Schulz, Karsten & Vervoort, Joost & Hel, Sandra van der & Widerberg, Oscar & Adler, Carolina & Hurlbert, Margot & Anderton, Karen & Sethi, Mahendra & Barau, Aliyu (2017) Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 1–16.

Phaal, Robert & Farrukh, Clare J.P. & Probert, David R. (2004) Technology roadmapping — A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change* 71:1–2, 5–26.

Podobnik, Bruce (1999) Toward a Sustainable Energy Regime: A Long-Wave Interpretation of Global Energy Shifts. *Technological Forecasting and Social Change* 62:3, 155–172.

Rasinmäki, Jussi & Känkänen, Riina (2014) Kuntien hiilitasekartoitus osa 2. Hiilitaselaskuri ja toimenpidevalikoima. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 10/2014.

Rauschmayer, Felix & Bauler, Tom & Schöpke, Niko (2015) Towards a thick understanding of sustainability transitions — Linking transition management, capabilities and social practices. *Ecological Economics* 109, 211–221.

Rinaldi, Steven M. & Peerenboom, James P. & Kelly, Terrence K. (2001) Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems* 21:6, 11–25.

Rip, Arie & Kemp, René (1998) Technological change. Teoksessa Steve Rayner & Elizabeth L. Malone (toim.) *Human Choice and Climate Change*, Vol. 2. Columbus, Ohio: Battelle Press, 327–399.

Rotmans, Jan & Kemp, René & Asselt, Marjolein van (2001) More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight* 3:1, 15–31.

Saaranen-Kauppinen, Anita & Puusniekka, Anna (2006) KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarasto.
<<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>> Viitattu 23.11.2018.

Shove, Elizabeth (2010) Social Theory and Climate Change. Questions Often, Sometimes and Not Yet Asked. *Theory, Culture & Society* 27:2–3, 277–288.

Siemens CyPT (2016) Helsinki's 2030 Climate Technologies / City Performance Tool Report 2016. https://issuu.com/helsinginYmparistokeskus/docs/helsinki_cypt_report_-_2016. Viitattu 15.10.2019.

Smil, Vaclav (2008) *Global Catastrophes and Trends: The Next Fifty Years*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Smil, Vaclav (2010) *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Santa Barbara, California: Praeger.

Smil, Vaclav (2016) Examining energy transitions: A dozen insights based on performance. *Energy Research & Social Science* 22, 194–197.

Smith, Adrian & Joß, Jan-Peter & Grin, John (2010) Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy* 39:4, 435–448.

Smith, Adrian & Stirling, Andy & Berkhout, Frans (2005) The governance of sustainable sociotechnical transitions. *Research Policy* 34:10, 1491–1510.

Soimakallio, Sampo (2017) Biomassan energiäkäyttö: vaikutukset hiilinieluihin ja ilmastopäästöihin. Teoksessa Eero Yrjö-Koskinen (toim.) *Arktinen murros. Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen käyttö pohjoisilla napa-alueilla*. Helsinki: Into, 91–124.

Strauss, Anselm L. & Corbin, Juliet (1998) *Basics of qualitative research: Procedures and techniques for developing grounded theory*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Suokko, Aki & Partanen, Rauli (2017) *Energian aika. Avain talouskasvuun, hyvinvointiin ja ilmastomuutokseen*. Helsinki: WSOY.

Svensson, Oscar & Nikoleris, Alexandra (2018) Structure reconsidered: Towards new foundations of explanatory transitions theory. *Research Policy* 47, 462–473.

Tainter, Joseph A. (1988) *The collapse of complex societies*. Cambridge: Cambridge University Press.

Tampereen kaupunki (2017) *Kestävä Tampere 2030 -tiekartta*. Kohti hiilineutraalia kaupunkia. Luonnos 17.11.2017. <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/kestava-kehitys/ymparistopolitiikka-ja-ilmastotavoitteet/kestava-tampere-2030-tiekartta.html> haettu 1.10.2018.

Tanskan energiavirasto - Facts about bioenergy in Denmark. <https://ens.dk/en/our-responsibilities/bioenergy/facts-about-bioenergy-denmark> viitattu 10.1.2020.

Teir, Sebastian & Tsupari, Eemeli & Koljonen, Tiina & Pikkarainen, Toni & Kujanpää, Lauri & Arasto, Antti & Tourunen, Antti & Kärki, Janne & Nieminen, Matti & Aatos, Soile (2009) *Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS)*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tiedotteita - Research Notes, No. 2503.

Tilastokeskus (2017) *Taajamat väkiluvun ja väestötiheyden mukaan* 31.12.2017. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vaerak/statfin_vaerak_pxt_027_fi.px/table/tableViewLayout1/. Viitattu 16.10.2019.

Tukholman kaupunki (2016) *Strategy for a fossil-fuel free Stockholm by 2040*. <https://international.stockholm.se/globalassets/rapporter/strategy-for-a-fossil-fuel-free-stockholm-by-2040.pdf> haettu 7.1.2019.

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli (2018) *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi - Uudistettu laitos*. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Turnheim, Bruno & Berkhout, Frans & Geels, Frank & Hof, Andries & McMeekin, Andy & Nykvist, Björn & Vuuren, Detlef van (2015) *Evaluating sustainability transitions pathways: Bridging analytical approaches to address governance challenges*. *Global Environmental Change* 35, 239–253.

Turun kaupunki (2018) Ilmastosuunnitelma 2029. Turun kaupungin kestävä ilmasto- ja energiatoimintasuunnitelma 2029.
https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/ilmastosuunnitelma_2029.pdf haettu 1.10.2018.

Tyfield, David (2013) The Coal Renaissance and Cosmopolitized Low-Carbon Societies. FMSH-WP-2013-37, 1–21.

UNEP (2012) The Emissions Gap Report 2012. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

UN-Habitat (2011) Cities and climate change: global report on human settlements. United Nations Human Settlements Programme. London, UK: Earthscan.

Urry, John (2013) Ilmastonmuutos ja yhteiskunta. Suomentanut Jyrki Vainonen. Tampere: Osuuskunta Vastapaino.

Urry, John (2005) The Complexities of the Global. *Theory, Culture & Society* 22:5, 235–254.

USDN (2018) Urban Sustainability Directors Network. <https://www.usdn.org/public/page/5/About> viitattu 7.1.2019.

VALOR (2018) Ylätason tiekartta hiilineutraaliin energiantuotantoon siirtymiseksi Helsingissä. https://bios.fi/files/Tiekartta%20hiilineutraaliin%20energiantuotantoon_281118_final.pdf viitattu 16.1.2020.

Wessberg, Nina & Kohl, Johanna & Molarius Riitta (2016) Sociotekninen muutos kaivosteollisuudessa. Kaivosteollisuus yhteiskunnallisena toimijana. VTT Technology 251. Haettu 26.1.2018 <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T251.pdf>.

Xu, Ming & Crittenden, John C. & Chen, Yongsheng & Thomas, Valerie M. & Noonan, Douglas S. & Desroches, Reginald, Brown, Marilyn A. & French, Steve P. (2010) Gigaton Problems Need Gigaton Solutions. *Environmental Science & Technology*, 44:11, 4037–4041.

Zimmerman, Rae (2005) Social Implications of Infrastructure Network Interactions. Teoksessa Olivier Coutard, Richard E. Hanley ja Rae Zimmerman (toim.) Sustaining Urban Networks - The Social Diffusion of Large Technical Systems. Lontoo; New York: Routledge, 67–86.

Åberg, Leif (2006) Johtamisviestintää! Esimiehen ja asiantuntijan viestintäkirja. Helsinki: Inforviestintä.