

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio.
Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 21
Tampere University of Technology. Laboratory of Civil Engineering.
Construction Management and Economics. Report 21

Jaakko Sorri & Harry Edelman

Katsaus vähähiilisyyden edistämiseen



Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio.
Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 21
Tampere University of Technology. Laboratory of Civil Engineering.
Construction Management and Economics. Report 21

Jaakko Sorri & Harry Edelman

Katsaus vähähiilisyiden edistämiseen

ISBN 978-952-15-4024-0
ISSN 2489-5717

ALKUSANAT

1. VÄHÄHIILISYYDEN EDISTÄMINEN	1
1.1 Vähähiilisyys.....	1
1.2 Suomen kasvihuonekaasupäästöjen rakenne	3
1.3 Rakennuskanta, energiahuolto ja vähähiilisyys	7
1.5 Ajoneuvokanta ja vähähiilisyys	11
1.6 Vähähiilisyiden edistäminen strategisena tavoitteena	13
1.7 Euroopan unionin energiapolitiikka	15
1.7 Kehitysnäkymiä	16
2. MAANKÄYTTÖ JA VÄHÄHIILINEN LIKKUMISKÄYTTÄYTYMINEN.....	20
2.1 Maankäytön ja kaupunkirakenteen suhde liikkumiseen ja liikenteeseen.....	20
2.2 Vähähiilisyiden kehitykseen liittyviä haasteita.....	24
3. VÄHÄHIILISYYTEEN OHJAAMINEN.....	28
3.1 Vähähiilisen kaupunkirakenteen kehitysedellytykset erilaisilla kaupunkiseuduilla	30
3.2 Taloudelliset kannustimet ja vähähiilisyys	34
3.2.1 Päästökauppa.....	34
3.2.2 Rakennuksissa käytetyn energian verotus	34
3.2.3 Kiinteistövero	35
3.2.4 Energiamuotojen kertoimet rakennuksissa.....	36
3.2.5 Liikenteen verotus.....	37
3.2.6 Muut maksut.....	40
3.3. Määräykset	41
3.3.1 Kaavoitus ja tontinluovutusehdot	41
3.3.2 Rakentamismääräykset	41
3.3.3 Energiasisältöjä koskevat ohjauskeinot	41
3.2.4 Informointi ohjauskeinona	42
3.2.5 energiatehokkuutta ja päästöominaisuuksia koskevat minimivaatimukset	42
3.3 Muut toimet.....	43

3.3.3 Maankäytön ja liikenteen energiajärjestelmien integroituminen.....	44
4. YHTEENVETO	49
LÄHTEET	50
LIITE 1: Kestävä maankäyttö ja resurssitehokkuuden indeksointi	
LIITE 1: Pilottiesimerkki resurssitehokkuusindeksistä	

ALKUSANAT

Tässä katsauksessa käsitellään vähähiilisen kaupunkirakenteen edistämiseen liittyviä kysymyksiä. Raportti liittyy Valtioneuvoston kanslian rahoittamaan kokonaisvaltaista resurssitehokkuutta käsitteeseen WHOLE-hankeeseen. Katsaus on taustaraportti loppuraportin vähähiilisyyttä käsittelevälle osiolla ja Mx-indeksiä käsittelevälle alaluvulle. Loppuraportti julkaistaan nimellä Kaupunkirakenteen kokonaisvaltainen resurssitehokkuus.

Katsauksen pääkirjoittajana on toiminut Jaakko Sorri. Harry Edelman on osallistunut myös kirjoittamiseen. Liitteissä esiteltävän resurssitehokkuuden laskentamallin (Mx) on ideoinut Harry Edelman, joka on myös toiminut siihen liittyvien tekstien pääkirjoittajana. Antti Kurvinen on tehnyt indeksointiin liittyvät laskennalliset pilottitarkastelut. Mx-indeksistä tehdyn keksintöilmoituksen perusteella Tampereen teknillinen yliopisto on tehnyt avoimessa tutkimuksessa syntyneen innovaation keksintöluokkapäätöksen. Kiitämme kaikkia raporttiluonnoksia kommentoineita.

1. VÄHÄHIILISYYDEN EDISTÄMINEN

1.1 VÄHÄHIILISYYS

”Vähähiilisyydellä” tarkoitetaan vertailutasoon nähden selvästi vähäisempiä ihmisten toimintaan liittyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Ihmisen toiminnasta aiheutuvista kasvihuonekaasupäästöistä merkittävin ilmastovaikutusten kannalta on hiilidioksidi. Globaalisti siitä ei ole yhtenäistä linjausta siitä, mitä suuruusluokkaa päästöjen määrä ”vähähiilisydestä” puhuttaessa voi olla, mutta Euroopan komissio on esittänyt, että tavoiteltaessa vähähiilistä taloutta vuonna 2050 kasvihuonekaasupäästöjen tulisi olla ainakin 80 prosenttia matalammalla tasolla kuin vuonna 1990.¹Tällaiset kasvihuonekaasupäästöjen leikkaustavoitteet on kirjattu myös Suomessa kansalliseen ilmastolakiin².

Euroopan unionin vuodelle 2020 asetettuna tavoitteena on ollut kasvihuonekaasupäästöjen leikkaaminen 20 prosentilla vuoden 1990 tasoon nähden, 20 prosentin parannus energiatehokkuuteen sekä tavoite kasvattaa uusiutuvien energialähteiden osuutta siten, että 20 prosenttia energiasta olisi peräisin uusiutuvista energialähteistä. Pidemmän tähtäimen vähähiilisyystavoite tarkoittaa siis merkittävää lisäleikkausta hiilidioksidipäästöihin vuodelle 2020 tavoiteltuun tasoon nähden.³ Tässä raportissa vähähiilisyyttä ei ole ensisijaisesti mielletty jonain tiettynä yksittäisenä prosenttirajana jonain tiettynä poikkileikkausvuotena, vaan yleisenä pyrkimyksenä kasvihuonekaasupäästöjen määrän alentamiseen selvästi nykytilaa matalammalle tasolle.

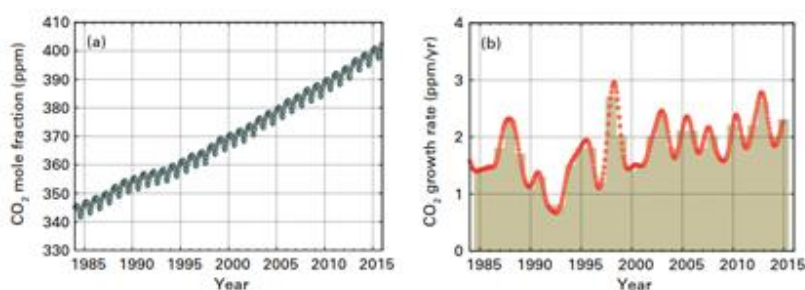
Resurssitehokkuus ja vähähiilisyys kytkeytyvät toisiinsa muun muassa sitä kautta, että resurssien tehokas käyttö ylipäättään vähentää luonnonvarojen käytön tarvetta. Voitaneen ajatella niinkin, että kun yhteiskunnassa on asetettu tavoitteeksi tiettyjen hiilidioksidipäästötasorajojen alittaminen tiettyihin aikarajoihin mennessä, resurssitehokkuutta on myös se, että tavoitteet pyritään saavuttamaan vaikuttavin ja tarvittaviin panoksiin nähden tehokkain keinoin.

1 Euroopan komissio. 2011.

2 Ilmastolaki 609/2015

3 Hiilineutraalisuudella puolestaan tarkoitetaan sitä, että yhteiskunnan tuottama kasvihuonekaasupäästöjen määrä on saman verran kuin mitä kasvihuonekaasupäästöjä sitoutuu. Vähähiilisyys ja hiilineutraalisuus liittyvät toisiinsa, mutta eivät tarkoita siis täysin samaa asiaa.

Vähähiilisyystavoitteiden taustalla on ilmastonmuutos, jota pyritään ehkäisemään tai ainakin hidastamaan tai rajoittamaan. Ihminen on voimistanut toiminnallaan kasvihuoneilmiötä monellakin tavoin, mutta tuotetuista kasvihuonekaasuista erityisesti hiilidioksidipitoisuuden kasvu on nykytiedon mukaan keskeisessä roolissa ilmaston lämpenemisen takana. Tätä kirjoitettaessa ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on noin 400 ppm:n tienoilla. Maapallon ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on 2000-luvun ajan kasvanut noin 2 ppm:n vuosivauhdilla, ja hiilidioksidipitoisuuden kasvu jatkuu yhä. Kasvihuonekaasujen pitkäikäisyydestä johtuen menneillä päästöillä on merkitystä myös tulevaisuuden kannalta. Mitä kauempana menee ennen kuin kasvihuonekaasupitoisuuksien, kuten hiilidioksidipitoisuuden, kasvu saadaan vähenemään tai pysähtymään, sitä enemmän kasvihuonekaasuja ehtii ilmakehään kertyä. Toimien ajoituksella on siten merkitystä.



Kuva 1.1. Hiilidioksidipitoisuuden kehitys maailmassa vuosina 1985-2015.⁴

Tähdittäessä merkittävään harppaukseen vähähiilisen yhteiskunnan edistämiseksi, tarvitaan käytännössä kasvihuonekaasupäästövähennyksiä päästöjä kaikilta sektoreilta, joista päästöjä pystytään vähentämään. Edellytykset päästöjen vähentämiseen vaihtelevat päästölähteittäin. Energiaan liittyvät ratkaisut ovat vähähiilisyiden edistämisen kannalta erityisen keskeinen asia. Energiaan liittyvät päästöt ovat erityisen keskeisessä asemassa siksi, että huomattava osa nykyisistä ihmisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä liittyy jollain tavoin energiaan: on kyse sitten energiateollisuudesta, muusta energiaa käyttävästä teollisuudesta, liikenteeseen tai vaikkapa rakennuksiin liittyvästä energiasta.

⁴ WMO 2016.

1.2 SUOMEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN RAKENNE

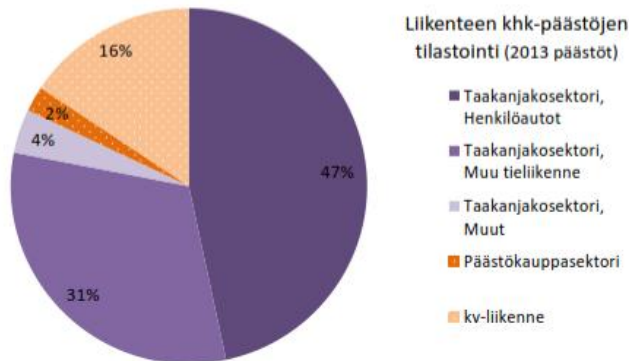
Kasvihuonekaasupäästöt jaetaan päästökauppasektoriin, taakanjakosektoriin, maankäyttösektoriin (LULUCF) sekä näiden ulkopuoliseen osaan; käytännössä kansainvälisen meri- ja lentoliikenteen päästöihin. Päästökauppasektorin osalta on tavallaan määritelty maksimimäärät siihen sektoriin liittyville päästöille, ja systeemissä mukana olevat toimijat voivat sitten myydä ja ostaa päästöoikeuksia asetetun kokonaispäästömaksimirajan sisällä. Päästökaupan kautta on pyritty siihen, että päästöille muodostuisi taloudellinen hinta ja että kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä tehtäisiin erityisesti sellaisissa paikoissa, joissa se on taloudellisesti tehokasta. Päästökauppasektoriin kuuluu muun muassa energiateollisuus voimalaitoksineen. Taakanjakosektoriin kuuluvat puolestaan ne kotimaiset päästölähteet, jotka eivät kuulu päästökaupan piiriin tai LULUCF-sektoriin. Taakanjakosektorin päästöistä suurimmat ovat Suomessa liikenne, maatalous, kiinteistökohtaiset lämmitykset ja työkoneet.⁵

Kuvassa 1.2. on esitetty VTT:n arvio liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä jaettuna sektoreittain. Liikenne muodostaa yhteensä noin 40 prosenttia Suomen taakanjakosektorin päästöistä⁶. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä noin 78 % on arvioitu muodostuvan taakanjakosektoriin kuuluvasti tieliikenteessä. Kansainvälisen liikenteen on arvioitu edustavan noin 16 % liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä, päästökaupan piiriin on arvioitu kuuluvan noin 2 % liikenteestä ja muualla kasvihuonekaasupäästöistä on arvioitu aiheutuvan noin 4 %.⁷ Päästökaupan piiriin kuuluu mm. liikenteessä tuotettu sähkö, mikäli sähkö on tuotettu päästökaupan piiriin kuuluvassa voimalaitoksessa. Taakanjakosektoriin tilastoitavat liikenteen päästöt muodostuvat siten lähes kokonaan tieliikenteestä.

⁵ Lindroos & Ekholm 2016

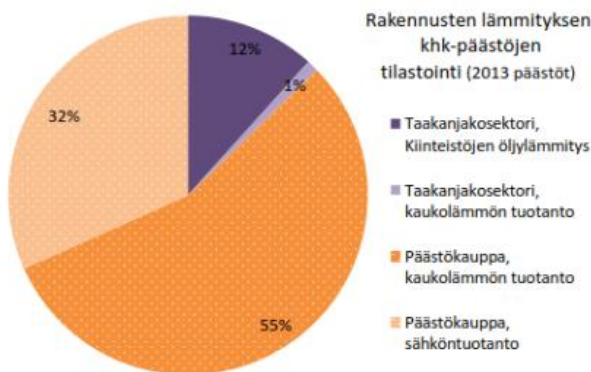
⁶ Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, s. 54. liikenne muodostaa yhteensä 40 prosenttia Suomen taakanjakosektorin päästöistä.

⁷ Lindroos & Ekholm 2016



Kuva 1.2. Suomen liikenne taakanjakosektorin ja päästökauppasektorin kannalta. (Lindroos & Ekholm 2016)⁸

Siinä, missä liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä vain noin 2 % on arvioitu olevan päästökaupan piirissä, rakennusten lämmityksen osalta vain noin 13 % ei kuulu päästökauppaan. Sekä sähkön että kaukolämmön tuotantoon liittyvät kasvihuonekaasupäästöt kuuluvat siten laajalti päästökaupan piiriin. Taakanjakosektoriin kuuluu rakennuksen lämmittämiseen liittyvästä energiasta lähinnä kiinteistöjen öljylämmitys. Pienimmät lämpölaitokset eivät kuitenkaan kuulu päästökaupan piiriin, vaan myös ne luetaan taakanjakosektorille.⁹



Kuva 1.3. Suomen rakennusten lämmitys taakanjakosektorin ja päästökauppasektorin kannalta. (VTT 2016)

⁸ Lindroos & Ekholm 2016

⁹ Lindroos & Ekholm 2016

Vuotta 2015 koskevien ennakkotietojen mukaan Suomen LULUCF-sektorin ulkopuolisista kasvihuonekaasupäästöistä jopa noin 74 prosenttia liittyy jollain tavoin energiaan (ks. Taulukko 1.1). Energiasektorilla merkittävimmät päästöjen aiheuttajat ovat energiateollisuus, liikenne sekä teollisuuden ja rakentamisen kokonaisuus. LULUCF-sektori sisältää maankäytön, maankäytön muutosten ja metsätalouden. Kokonaisuudessaan LULUCF-sektorin päästötase on nykyisillä laskentatavoilla negatiivinen, seurauksena ennen kaikkea metsiin sitoutuvan hiilen määrän vuosittaisesta kasvusta. Rakennettujen alueiden maankäyttöön ja sen muutoksiin liittyvien kasvihuonekaasupäästöjen vuosittaiseksi kokonaismerkitykseksi on arvioitu noin 800 000 CO₂-ekvivalenttia tonnia, eli alle 5 % suhteutettuna energiateollisuuden kasvihuonekaasupäästöihin.

Taulukko 1.1. Kasvihuonepäästöt Suomessa vuonna 2015 ennakkotietojen mukaan¹⁰

	tuhatta tonnia CO₂-ekv.
Päästöt yhteensä pl. LULUCF-sektori	55623
1 Energiasektori	40913
1A1 Energiateollisuus	16359
1A2 Teollisuus ja rakentaminen (polttoperäiset päästöt)	8320
1A3 Kotimaan liikenne	11114
1A4 Muut sektorit	3883
1A5 Muu erittelemätön polttoainekäyttö	1081
1B Polttoaineiden haihtumapäästöt	156
2 Teollisuusprosessit ja tuotteiden käyttö	6043
3 Maatalous	6481
4 Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF)	-25991
4A Metsämaa	-34124
4B Viljelysmaa	6677
4C Ruohikkoalueet	683
4D Kosteikot	2304
4E Rakennetut alueet	798
4G Puutuotteet	-2333
4(IV) Epäsuorat N ₂ O päästöt	3
5 Jätteiden käsittely	2134

¹⁰ Tilastokeskus. 2017. Kasvihuonepäästöt Suomessa. Vuoden 2015 ennakkotiedot.

Taulukko 1.2. Suomalaisien tuottamat kasvihuonekaasupäästöt toimialoittain¹¹

	Tuhatta tonnia fossiilista CO2- ekv	Tuhatta tonnia bioperäistä CO2
A Maa-, metsä- ja kalatalous	7 866	736
A 01, 03 Maa-, kala- ja riistatalous	7 544	728
A 02 Metsätalous	322	8
B Kaivostoiminta ja louhinta	423	4
C Tehdasteollisuus	14 482	19946
C 10 - 12 Elintarviketeollisuus ym.	373	29
C 16, 17 Metsäteollisuus	3 175	19721
C 19, 20 Öljynjalostus ja kemikaalien valmistus	4 444	119
C 24, 25 Metallien jalostus ja metallituotteiden valmistus	4 996	3
C 13 - 15, 18, 21 - 23, 26 - 33 Muu teollisuus	1 494	83
D Energiahuolto	16 578	10 854
E Vesi- ja jätehuolto	2 203	276
F Rakentaminen	1 316	101
G Kauppa	895	39
H Kuljetus ja varastointi	10 722	1003
H 49 Maaliikenne	4 207	797
H 50 Vesiliikenne	3 119	164
H 51 Ilmaliikenne	3 297	24
H 52, 53 Liikennettä palveleva toiminta, posti	100	18
L Kiinteistöalan toiminta	813	2805
I - K, M - S Muut palvelut ja hallinto	1 700	243
Kotitaloudet	5 800	3350
YHTEENSÄ	62 797	39365

Tapoja ryhmitellä ja kohdistaa kasvihuonekaasupäästöjä on käyttötarkoituksesta riippuen monenlaisia (vrt. esim. ryhmittelyjä taulukoissa 1.1 ja 1.2). Toisinaan päästöjä tarkastellaan sen kautta, missä päästöt konkreettisesti ilmakehään lähtevät, tarkastellen esimerkiksi lähinnä vain Suomen talousalueen rajojen sisällä syntyneitä päästöjä, toisinaan taas päästöjä pyritään kohdentamaan niiden alkuperän perusteella, jolloin myös suomalaisten aiheuttamat päästöt maan rajojen ulkopuolellakin voidaan huomioida tarkastelussa.

¹¹ Tilastokeskus. 2016. Ilmapäästöt toimialoittain 2014.

Hiilijalanjälkilaskennassa päästöt pyritään kulutuksen kautta asiaa tarkastellen kohdistamaan sinne, mistä kulutuksesta päästöt viime kädessä aiheutuvat, kun taas suoriin päästöihin perustuvassa tarkastelutavassa päästöt kohdistetaan sille, joka päästöt on tuottanut.

Taulukon 1.2 osalta on syytä huomioida, että luokka Kuljetus ja varastointi sisältää ammattimaisen maa-, vesi- ja ilmaliikenteen päästöt. Kotitalouksien liikenteeseen liittyvät päästöt on sisällytetty tässä luokittelussa kotitalouksien osuuteen, jonne sisältyy muun muassa henkilöautoliikenteeseen liittyviä päästöjä.

Kaupunkirakenteeseen kytkeytyviä päästölähteitä edellisistä ovat etenkin energiahuolto, kuljetus ja liikenne, kotitalouksien toiminta, rakentaminen, kauppa ja kiinteistöalan toiminta. Maa-, metsä- ja kalatalous, kaivostoiminta sekä tehdasteollisuus ovat myös merkittäviä kasvihuonekaasupäästölähteitä, mutta niiden kytkös kaupunkirakenteisiin on tyypillisesti vähäisempi tai ainakin epäsuorempi. Erityisesti kaupunkisuunnittelun keinoin kyetään vaikuttamaan rakennuskantaan ja liikenteeseen liittyviin asioihin.

1.3 RAKENNUSKANTA, ENERGIAHUOLTO JA VÄHÄHIILISYYS

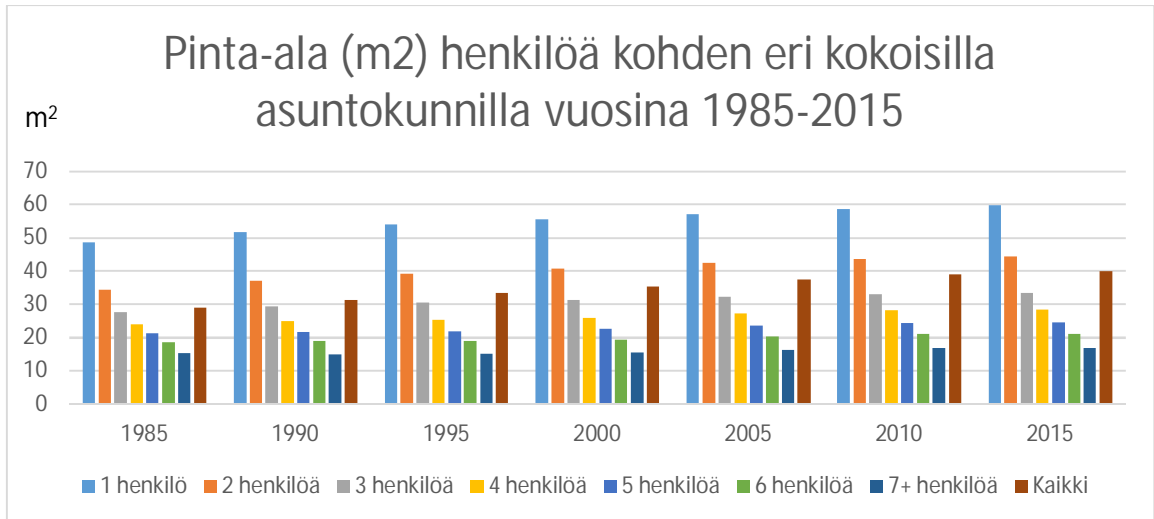
Rakennuskannan vähähiilisyyteen vaikuttaa toisaalta rakennusten energiankulutus ja toisaalta se, miten energia tuotetaan. Rakennuskanta omaa monien muiden tuotteiden elinkaariin nähden varsin pitkiä elinkaaria. Siksi rakennuksissa tehdyt tai tehtävät ratkaisut energia-asioihin liittyen voivat omata pitkäaikaisia seurauksia vielä tulevaisuudessakin. Esimerkiksi rakennuksen koko, muoto, orientaatio, terminen massa, eristystaso, eristysmateriaalivalinnat, ikkunat, ilmanvaihtojärjestelmät, vedenlämmitysjärjestelmät, sähköjärjestelmät, valaistusjärjestelmät ja monenlaiset laitevalinnat vaikuttavat rakennuksen energiankulutukseen joko käyttöaikana tai ainakin rakentamisvaiheessa¹².

Rakennuskanta muuttuu pysyvämmiin erityisesti uudis- ja korjausrakentamisen sekä poistuman myötä, mutta rakennuskannan energiakäyttöön liittyviin hiilidioksidipäästöihin voidaan vaikuttaa jonkin verran myös esimerkiksi kiinteistönhoitoon ja käyttöön liittyvien valintojen kautta. Sekä uudis- että korjausrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksia on lisätty monin tavoin viime vuosina, kehittäen samalla myös energiamuotoihin liittyvää ohjausta vähähiilisempään suuntaan. Rakentamismääräykset ovat myös vuonna 2018 monilta osin uudistumassa, muun muassa lähes nollaenergia rakennuksiin (engl. near Zero Energy Building, nZEB), liittyvien velvoitteiden myötä. Rakennusten lämmitysjärjestelmissä on jo vuosia ollut yhtenä trendinä lämpöpumppujen käytön kasvu ja fossiilisen öljyn käytön väheneminen rakennusten lämmityslähteenä. Vanhoja öljylämmitysjärjestelmiä korvataan

¹² Ks. Esim. De Boeck et al. 2015.

rakennuskannassa muun muassa juuri lämpöpumpuilla¹³. Öljy lukeutuu taakanjakosektorille, kun taas rakennuksiin sähköverkosta ostettu sähkö kuuluu yleensä päästökauppasektoriin.

Rakennuskanta on ollut pitkään kooltaan kasvussa niin palvelurakennusten, asuinrakennusten kuin julkisten rakennustenkin osalta. Samalla kun on opittu tekemään energiatehokkaampia rakennuksia, ovat myös rakennuksissa sijaitsevat tilat henkilöä kohden kasvaneet (ks. Kuva 1.4 asuntopinta-alojen osalta) ja laadulliset ominaisuudet kehittyneet.



Kuva 1.4. Asuntojen keskipinta-alan kehitys eri kokoisilla asutokunnilla vuosina 1985-2015.¹⁴

Keskimääräinen asutokuntien koko on ollut Suomessa jo pitkään laskussa (ks. Kuva 1.5) Yksin asuvien asutokuntien lukumäärä on lähes nelinkertaistunut vuoden 1970 jälkeen. Kaupunkien asutokunnista nykyisin noin 44 % on yksin asuvien asutokuntia ja maaseutumaisissa kunnissa 39 %¹⁵. Asutokuntien asuttamien asuntojen keskikoot ovat keskimäärin sitä pienempiä henkilöä kohti, mitä enemmän asukkaita niissä asuu. Esimerkiksi neljän henkilön asutokunnissa on pinta-alaa asukasta kohti yleensä noin puolet siitä mitä yhden hengen asutokunnissa. Viime aikaisia asutorakennuskannan käyttöön ja kehitykseenkin vaikuttavia trendejä ovat mm. syntyvyyden aiempaa alhaisempi taso¹⁶ ja väestön ikääntyminen, jotka käytännössä näkyvät asutokannassa muun muassa asutokunnan koon laskuna, ja joista viimeksi mainittu näkyy myös tarpeiden kasvuna esteettömille suunnitteluratkaisuille. Trendinä ovat myös olleet myös jakamistalouteen

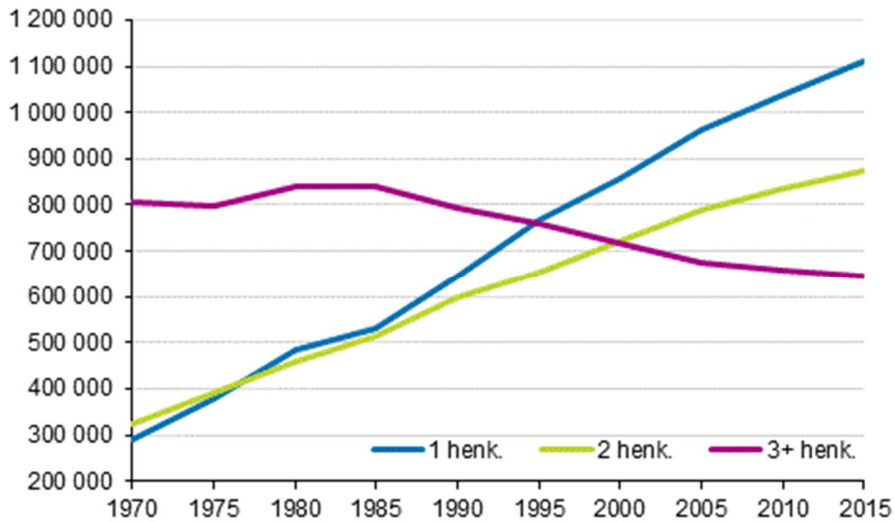
¹³ Ks. esim. Vihola & Heljo 2012.

¹⁴ Tilastokeskus. 2016. Asutokunnat ja asuinolot 2015.

¹⁵ Tilastokeskus. 2016. Asutokunnat ja asuinolot 2015.

¹⁶ Vrt. Tilastokeskus 2017: ”Syntyneiden määrän väheneminen entistä jyrkempää”

liittyvät uudet digitaaliset palvelut, kuten Airbnb:n tyyppiset palvelut asuntojen lyhytaikaiseen välittämiseen. Jakamistalouteen liittyvät uudenlaiset ratkaisut saattavat mahdollistaa niin asuntokantaan kuin muuhunkin rakennuskantaan liittyvien resurssien hyödyntämisen parantamista muun muassa käyttöasteen kasvattamisen kautta.



Kuva 1.5. Asuntokuntien koon kehitys 1970-1985.¹⁷

Energiahuolto perustuu Suomessa yhä merkittävässä määrin fossiilisten energiamuotojen hyödyntämiseen, vaikka fossiilisten energiamuotojen käytön kasvua onkin pyritty hillitsemään. Vuonna 2014 uusiutuvan energian osuus energian kokonaiskulutuksesta Suomessa oli Tilastokeskuksen arvion mukaan noin 33 prosenttia. Puupolttoaineiden osuus oli noin 25 prosenttia, öljyn 23 %, ydinenergian 18 %, hiilen 9 %, maakaasun 7 %, sähkön nettotuonnin 5 %, vesivoiman 4 % ja muiden energiantuotantomuotojen yhteensä 4 %.¹⁸ Vähähiiliseen yhteiskuntaan tähdättäessä keskeinen asia on vähähiilinen energiahuolto.

Energiahuoltoon liittyviä kasvihuonekaasupäästöjä on mahdollista alentaa sekä vähentämällä energiankulutusta tai ainakin sen kasvua ja energian siirtoon liittyviä häviöitä että energiantuotantotapoja kasvihuonekaasupäästöiltään vähäisemmiksi muuttamalla. Suomi on Euroopan unionin jäsenvaltiona sitoutunut tavoittelemaan sekä energiankulutuksen kasvun rajoittamista, energiantuotantoon liittyvien päästöjen vähentämistä että uusiutuvien energiamuotojen osuuden kasvattamista¹⁹. Käytännössä tämä tarkoittaa mm. sitä, että erityisesti fossiilisten polttoaineiden käytön osuutta pyritään vähentämään ja uusiutuvien

¹⁷ Tilastokeskus. 2016. Asuinkunnat ja asuinolot 2015.

¹⁸ Tilastokeskus 2015.

¹⁹ Esim. energiatehokkuusdirektiivi tai energiatehokkuuslaki

energiamuotojen osuutta energiantuotannossa kasvattamaan niin uusissa kuin vanhoissakin rakennuksissa, liikenteessä kuin muillakin osa-alueilla.

Vähähiilisyden tavoitteen kannalta yksi kysymys ohjauskeinojen kannalta on, mitä halutaan tapahtuvan puun käytölle rakennusten energialähteenä. Mattila et al. 2016²⁰ tekemän raportin liitteessä on arvioitu perusskenaariossa puun käytön vähenevän ja sähköpohjaisten energialähteiden, mukaan lukien lämpöpumppujen, korvaavan muita energialähteitä niin, että sähkön kokonaiskäyttö rakennuksissa voi jopa lähivuosisikymmeninä kasvaa. Skenaariotarkastelussa yhtenä oletuksena oli se, että polttoöljyn käyttö rakennuksissa lopetettaisiin vuoteen 2050 mennessä. Kaukolämmön käytön odotettiin hieman kasvavan. Jos tämän tyyppinen kehitys toteutuu, se siirtää vähähiilisen energiantuotannon käytännön toteutusta rakennuksista energiantuotanto- ja siirtojärjestelmään.

Energiajärjestelmiin liittyy monenlaisia kasautumisetuja. Esimerkiksi kaukolämmön siirtohäviöt ovat suuremmat, mikäli sen käyttäjät ovat kaukana toisistaan. Siirto lähemmäs kasautuneisiin paljon energiaa tarvitseviin käyttökohteisiin puolestaan vähentää tähän nähden siirtoon liittyviä energiahäviöitä ja samalla lämpöenergian tuotantotarvetta. Mittakaavaetuja- tai haittoja voi tapahtua myös toiseen suuntaan. Jos kaukolämpöverkon käyttömäärät vähenevät rakennusten energiatehokkuuden parantuessa ja rakennuksia purettaessa, tai kiinteistöjen siirtyessä käyttämään lämmitystapanaan maalämpöä, eikä uutta rakennuskantaa tule verkon käyttäjiksi niin paljon kuin sitä poistuu, kaukolämpöverkon ylläpitokustannukset saattavat jakaantua yhä pienemmän joukon jaettaviksi. Tällöin kaukolämmön yksikkökohtaiset käyttökustannukset voivat kasvaa.

Vastaava tilanne pätee sähköverkon osalta. Kun sähkön siirtomaksujen sallittu määrä määritetään nykyisin käytössä olevalla tavalla²¹, alueilla, joilla sekä väestö että sähkön käyttö vähenee, ja joihin verkkoyhtiöt joutuvat kuitenkin sähkön toimitusvarmuuslainsäädännön vaatimusten täyttämiseksi investoimaan lisää, sähkön siirtomaksut ovat voineet kumuloitua harvenevien asiakkaiden maksettaviksi. Suomen sisällä esiintyy jo nykyisin huomattavia eroja sähkön siirtohinnoitteluissa eri jakeluverkkoyhtiöiden alueiden kesken. Alimmat sähköverottomat siirtohinnot sekä perusmaksujen että energiamääristä riippuvien hintojen osalta ovat tyypillisesti tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla, kun taas eräiden harvemmin asutettujen alueiden sähkönsiirtohinnot voivat olla halvimpiin kaupunkialueiden hintoihin nähden kaksinkertaisia²².

²⁰ Mattinen et al. 2016, liite 2.

²¹ Ks. Energiaviraston nykyinen valvontamalli
<http://www.energiavirasto.fi/valvontamenetelmat-2016-20231>

²² Esimerkiksi Energiaviraston vuoden 2016 lokakuun tilannetta koskevan sähkön siirtohintatilaston mukaan 18 000 kWh sähköenergiaa vuodessa kuluttavassa omakotitalossa maksetaan sähkön siirtohintaa kaupunkimaisen Tampereen verkkoalueella 559 €/vuosi ja

Siirtohinnot saattavat epäsuorasti muodostaa jollain aikajänteellä taloudellisia kannusteita myös energiatehokkuusinvestoinneille tai ainakin osittain omavaraiselle sähköntuotannolle, vaikkei sähkön siirron hinnoittelua välttämättä energiatehokkuuden ohjauskeinoksi ole ensisijaisesti tarkoitettukaan.

Täydennysrakentamista pyritään tekemään jo olemassa olevaan rakennettuun ympäristöön paitsi ympäristöperustein, myös kaupunkitaloudellisten tekijöiden takia: kun tehdään lisä- ja täydennysrakentamista ympäristöön, jossa on jo valmiiksi rakennettuna niin rakennusten tarvitsema infrastruktuuri kuin niiden käyttäjien kaipaamia palveluitakin, lisäkustannukset näihin liittyen jäävät herkästi pienemmiksi kuin kokonaan uusille alueille vastaavia kohteita rakennettaessa²³.

1.5 AJONEUVOKANTA JA VÄHÄHIILISYYS

Ajoneuvokannan elinkaaret ovat rakennuskantaa lyhyempiä. Ajoneuvokannan uudistuminen voi sekä keskimääräisen elinkaaren että uudempaan kantaan painottuvan käytön myötä vaikuttaa siten nopeammin päästöseurauksiin kuin rakennuskannan energiankulutus vähenee rakennuskannan uudistumisen kautta. Käytettyjen ajoneuvojen iällä on merkitystä sen kannalta, paljonko päästöjä liikkumisesta aiheutuu (Sider et al. 2013)²⁴. Koska uudempi ajoneuvokanta on energiatehokkaampaa ja kasvihuonekaasuiltaan vähäpäästöisempää, ajossa olevan ajoneuvokannan ikärakenteen kehityksellä on merkitystä myös vähähiilisyystavoitteiden toteutumisen kannalta. Suomessa ajoneuvokannan ikä vaihtelee alueittain. Vuonna 2015 rekisterissä olevien henkilöautojen keski-ikä Manner-Suomessa oli 13,9 vuotta. Uudenmaan maakunnassa henkilöautojen keski-ikä oli maan alin (11,7 vuotta) ja Pohjois-Karjalan korkein (15,9 vuotta)²⁵.

Helsingissä 626 €/vuosi, haja-asutusalueilla paljon toimivan Carunan verkkoalueella 834 €/vuosi. Erityisen korkeita sähkön siirtomaksuja maksetaan samalla sähkönkulutusprofiililla puolestaan esimerkiksi Kuorevedellä: jopa 1022 €/vuosi.

²³ Ks. aiheesta esim. Vihola & Kurvinen 2016.

²⁴ Sider, T. 2013.

²⁵ Tilastokeskus 2016. Ajoneuvokanta kasvoi vuonna 2015.



Kuva 1.6. Suomen henkilöautokanta vuoden 2016 lopussa käyttönottovuoden mukaan. (Trafi 2017). Kuvassa ovat mukana ajoneuvot vuodesta 1980 lähtien. Liikennekäyttöön tilastoidut vuosien 1900-1979 autot on jätetty kuvaajasta pois. Kuvan ulkopuolelle jätettyinä vuotta 1980 edeltävinä käyttönottovuosina liikennekäytössä olevien henkilöautojen määrät alittavat 2000 henkilöauton tason jokaisena käyttönottovuotena, määrän ollessa sitä alempi, mitä vanhemmista käyttönottovuosista on kyse.

Pelkkä rekisteröityjen ajoneuvojen keski-ikä ei kuitenkaan vielä suoraan kerro ajokilometrien päästöistä, koska kaikki ajoneuvot eivät ole liikennekäytössä, eikä kaikilla liikennekäytössä olevilla ajoneuvoilla ajeta yhtä paljon. Trafin tilastojen mukaan liikennekäytössä olevien henkilöautojen keski-ikä vuonna 2016 oli 11,8 vuotta. Jos pois luetaan museoautot, keski-ikä oli 11,5 vuotta.²⁶ Uudemmillä ajoneuvoilla ajetaan suhteessa enemmän kuin vanhemmilla.

Vähähiilisyysedistämistavoitteen kannalta olisi hyvä, jos ajokilometrejä saataisiin siirrettyä vanhemmasta, suuripäästöisemmästä ajoneuvokannasta enemmän uudempaan, vähäpäästöisempään ajoneuvokantaan. Nykyisin uudetkin ajoneuvot usein ”seisovat” suurimman osan vuorokaudesta pysäköintipaikoilla, jolloin ajoneuvojen uudistumisen myötä

²⁶Trafi 2017. Ajoneuvokantatilastot. Museoajoneuvoiksi rekisteröityjen ajoneuvojen määrä ja osuus ajoneuvokannasta on jo vuosien ajan kasvanut ajoneuvokantaa nopeammin. Museorekisteröinnin vähimmäisikärajana ajoneuvoilla on 30 vuotta. Vuoden 2014 lopussa museoajoneuvoja oli Suomessa noin 41 000.

tapahtuneesta energiatehokkuuden kehittymisestä seurannut hyöty ei tule niin suurelta osin tai nopeasti ulosmitatuksi kuin voisi tulla. Uudet liikenteen palvelukonseptit, jotka edistävät ajoneuvojen jakamista monien käyttäjien kesken, voivat tässä mielessä edesauttaa henkilöautoilun vähähiilistymistä, mikäli ne korvaavat vanhojen, suuripäästöisempien ajoneuvojen käyttöä.

1.6 VÄHÄHIILISYYDEN EDISTÄMINEN STRATEGISENA TAVOITTEENA

Suomi on monien muiden maiden tavoin sitoutunut etenemiseen kohti vähähiilisempää yhteiskuntaa. Viimeisin merkittävä kansainvälinen sopimus asiaan liittyen on Pariisin kansainvälinen ilmastopöytäkirja, johon liittyvän ratifioinnin Suomi on saattanut päätökseen 14.11.2016. Pariisin kansainvälisen ilmastopöytäkirjan²⁷ vaikutukset ovat heijastuvat moniin Suomessa tehtäviin kaupunkisuunnitteluun liittyviin ratkaisuihin. Tuon sopimuksen tavoitteet ovat osaltaan jo vaikuttaneet marraskuussa 2016 julkaistuu Kansalliseen energia- ja ilmastostrategiaan vuoteen 2030²⁸ ja siihen kytkeytyviin päätöksiin.

Kasvihuonekaasupäästöt liittyvät rakennetussa ympäristössä erityisesti energian käyttöön, aiheutuvat päästöt sitten energian käyttöpaikassa tai muualla. Energiankäyttöä puolestaan liittyy paitsi rakennuksiin, myös esimerkiksi liikenteeseen ja logistiikkaan. Vähähiilisyttä voidaan edistää mm. rakennetun ympäristön ja siihen liittyvän logistisen verkoston energiatehokkuutta kehittämällä, energiantuotannon hiilipitoisuutta alentamalla, vähähiilistä materiaalinkäyttöä edistämällä sekä hiilen sitoutumista edistämällä (ns. hiilinielut).

Vuonna 2016 laaditussa Energia- ja ilmastostrategiassa, joka on saanut vaikutteita sekä Pariisin ilmastopöytäkirjasta että Sipilän hallituksen hallitusohjelmasta, linjataan rakennettuun ympäristöön liittyen mm. energiatehokkuuden parantamisen ja uusiutuvan energian käytön edistämisen olevan tavoitteena olemassa olevassa rakennuskannassa, sekä energiatehokkuuden parantamisen olevan tavoitteena korjausrakentamisessa. Strategiassa todetaan yhtenä pyrkimyksenä olevan edistää puurakentamista, jotta rakennuksissa

²⁷ Pariisin ilmastopöytäkirja ei kata kaikkia globaaleja päästöjä. Sopimuksessa mukana olevien maiden osalta kansainvälisen liikenteen päästöt, nopeasta kasvustaan huolimatta, jäivät pitkälti sopimuksen ulkopuolelle. Pohjoismaiden ympäristöministerit antoivatkin Pariisin ilmastokokouksen jälkeen yhteisen julkilausuman, jossa he esittivät huolensa siitä, että kansainvälinen liikenne jäi Pariisin ilmastopöytäkirjan ulkopuolelle, vaikka siihen liittyvien päästöjen oli ennustettu kasvavan huomattavasti vuoteen 2050 mennessä (Norden 2015; Scott et al. 2016).

²⁸ Työ- ja elinkeinoministeriö 2016.

käytetystä puusta saataisiin pitkäaikainen hiilinielu ja voitaisiin myös esimerkiksi parantaa rakentamiseen liittyvää materiaalitehokkuutta.²⁹

Puun käytön lisääminen rakentamisessa on vähähiilisyden edistämisen ja ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta siinä mielessä edullista, että uudis- ja korjausrakentamiseen kohdistuvat toimenpiteet pitävät hiilidioksidia puuhun sidottuna välittömästi. Ilmastonmuutoksen torjunnan nopeudessa myös ajoituksella on merkitystä. Puurakentamisen hinnan ja laatutekijöiden yhdessä riskinhallinnan kanssa pitää kuitenkin olla käyttäjän kannalta riittävän houkuttelevia, jotta puun rooli rakentamisessa voisi kasvaa merkittävästi. Julkinen sektori voi osaltaan edistää teollista murrosta, tai teknologista transitiota kokeiluhankkeilla ja edistämällä kestäviä investointeja sekä tarkistamalla säädöksiin liittyviä esteitä.

Kaupunkirakenteiden kehittymisen kannalta merkityksellisiä kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa ovat mm. alueiden käyttöä koskevat linjaukset:

Edistetään kaupunkiseutujen alueidenkäytön ja liikkumisen toimivuutta kehittämällä lainsäädäntöä ja alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää, uudistamalla valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet sekä valtion ja kuntien välisillä sopimuksilla. Liikenteen infrastruktuurin toteuttaminen kytketään kaavoitukseen ja rakentamiseen siten, että päästöt vähenevät.

Kasvavilla kaupunkiseuduilla uudisrakentaminen ohjataan ensisijaisesti olemassa olevien palveluiden ja joukkoliikenteen piiriin. Kasvavien keskusten ulkopuolella maankäytön ohjausta kehitetään huomioiden alueiden kehittämistarve, luonnonvaratalouden uudet kehityssuunnat ja pyrkimys paikalliseen energiatuotantoon. Maaseutujen keskuksia ja kyliä vahvistetaan palveluiden paikallisen saatavuuden turvaamiseksi.³⁰

Liikennejärjestelmän osalta strategiassa on myös monia linjauksia. Liikenteessä tähdätään 50 prosentin päästövähennyksiin vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tilanteeseen, pyrkien painottamaan päästövähennystoimenpiteitä etenkin tieliikenteeseen. Strategian arvion mukaan tieliikenteen päästöistä noin 58 prosenttia aiheutuu nykyisin henkilöautoliikenteestä, 37 prosenttia paketti- ja kuoma-autoista ja loput 5 prosenttia linja-autoista ja moottoripyöristä sekä muusta liikenteestä.

Voimassa olevan energia- ja ilmastostrategian mukaan tavoitteena on siis se, että rakentaminen kasvavien kaupunkiseutujen osalta ohjataan jatkossa ensisijaisesti joukkoliikenteen piiriin. Tämä tarkoittaa käytännössä maankäytön ja joukkoliikenteen suunnittelun integroitumista näiden seutujen maankäytön suunnittelussa. Tähän on sinänsä jo aiemminkin tähdätty Maankäytön, Liikenteen ja Asumisen (MAL) sopimuksilla niillä

²⁹ Työ- ja elinkeinoministeriö 2016, s. 35.

³⁰ Työ- ja elinkeinoministeriö 2016

kaupunkiseuduilla, joissa nämä sopimukset ovat voimassa. Nykyiset MAL-sopimukset valtio on tehnyt Helsingin seudun, Turun seudun, Tampereen seudun ja Oulun seudun kanssa. Muut kasvavat kaupunkiseudut ovat asukasmääriltään nykyisiä MAL-sopimusseutuja pienempiä.

1.7 EUROOPAN UNIONIN ENERGIAPOLITIIKKA

Euroopan komissio julkaisi joulukuussa 2016 ”Talvipaketti”-nimeä kantaneen esityksen, joka on luonnos suureksi energiapolitiikkaa koskevaksi uudistukseksi, joka koostuu lukuisista erilaisista pienemmistä ja suuremmista uudistuksista muun muassa energia-asioita käsitteleviin direktiiveihin. Muutoksen kohteina ovat luonnoksessa muun muassa sähkömarkkinoita koskeva direktiivi, energiatehokkuusdirektiivi, rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, uusiutuvia energiamuotoja koskeva RES-direktiivi sekä niin sanotut ecodesign-määräykset. Uusilla määräysluonnoksilla tähdätään vuoden 2030 energia- ja ilmastotavoitteisiin.

Energiaan liittyvän määräyskokonaisuuden uudistuksella pyritään vaikuttamaan niin talouteen, ympäristöön, yhteiskuntaan (mm. energiaköyhyyteen) kuin turvallisuuteen ja terveyteenkin. Keskeinen osa uudistusta on jäsenmaille asetettava vaatimus, jonka mukaan kumulatiivisia energiansäästöjä tulee kerryttää vuoden 2020 jälkeenkin vähintään 1,5 % vuosivauhdilla³¹. Kaupunkirakenteiden kehityksen kannalta ehdotuksessa huomionarvoisia ovat esimerkiksi ehdotukset sähköisen liikenteen latauspaikkojen rakentamiseen velvoittamisesta, oikeuksien avaamiset uusiutuvan energian syöttämiseen paikallisiin kaukolämpö- ja kaukokylmäverkkoihin, pyrkimykset uuden teknologian käyttöön otolle, liikennepolttoaineiden toimittajille asetettavat velvoitteet biopolttoaineiden käyttöosuuden kasvattamiseen, sekä pyrkimys lisätä kuluttajien roolia muun muassa uusiutuvan energian pientuottajina.

Jos uudistuskokonaisuus toteutuu luonnosten suuntaisena, voisi odottaa, että esimerkiksi latausverkoston laajentuessa sähköautoilun yleistymiseltä voisi poistua yksi este, mikäli latauksen hinnoittelusta, käytettävyydestä tai muusta vastaavasta ei muodostu esteitä. ajoneuvokanta alkaisi uudistuksen myötä muuntua aiempaa sähköpainotteisemmaksi. Uudistus voisi myös muuttaa olennaisesti niin sähköenergiajärjestelmää kuin kaukolämmitysjärjestelmääkin

Tavoitteet uusiutuvan energian lisäämisestä ja tulevat rakennusten energiamääräykset tarkoittavat käytännössä sitä, että rakennettuihin ympäristöihin voi jatkossa odottaa tulevan entistä enemmän uusiutuvan energian pientuotantoa, kuten aurinkopaneeleita ja lämpöpumppuja. Se puolestaan voi olla kaupunkikuvallinenkin kysymys, mikäli nämä sijoittuvat näkyviin paikkoihin. Linjaukset lämpö-, ja jäähdytysverkkojen avaamisesta

³¹ Ks. Artikla 7 luonnoksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta.

saattavat tarkoittaa etenemistä kohti hajautetumpaa energian tuotantojärjestelmää, jossa etenkin sähkön tuotanto tapahtuu isompien tuotantolaitosten lisäksi hajautetusti pienissä tuotantolaitoksissa. Tulevien energiamääräysten lopullinen sisältö on kuitenkin vielä hyväksymättä.

1.7 KEHITYSNÄKYMIÄ

Vähähiilisyystavoitteisiin liittyviä mahdollisia kehityspolkuja on Suomessa tarkasteltu muun muassa VTT:n toimesta³². Vuonna 2014 julkaistun arvion mukaan energiantuotannossa sähkön ja kaukolämmön tuotantojärjestelmä voitaisiin saada vuoteen 2050 mennessä 90-100 prosenttisesti hiilivapaaksi, ja energiantuotannon päästötaseen osalta jopa negatiiviseksi. Keinona tähän pääsemiseksi mainittiin mm. ydinenergian merkityksen kasvattaminen sekä uusiutuvan bioenergian, tuuli- ja aurinkoenergian lisääminen. VTT:n selvityksessä esitettiin 4 erilaista kuvitteellista tulevaisuuskenaariota, joista osa johti vähähiilisyystavoitteisiin, ja osa toisenlaisiin yhteiskuntiin.

Kaikissa skenaarioissa lähdettiin liikkeelle siitä, että asuin- ja palvelurakennuskannan kokonaismäärä kasvaisi vuosina 2010-2050 merkittävästi aiempaa vähemmän, kasvun jäädessä yhteensä 7-16 prosenttiin. Suomen rakennuskanta on kasvanut vuoden 2010 lopusta vuoden 2015 loppuun lähes 8 prosenttia³³, ja rakennuskannan kasvu näyttäisi senkin jälkeen jatkuneen. Vaikka uudempi rakennuskanta on keskimäärin vanhempaa rakennuskantaa energiatehokkaampaa neliöitä ja kuutioita kohti, rakennuskannan kasvu tarkoittaa käytännössä kasvavaa määrää lämmitettäviä neliöitä ja kuutioita. Rakennuskannan pitkäikäisestä luonteesta johtuen kasvanut rakennuskanta ei tule todennäköisesti nopeasti poistumaan. Vähähiilisyystavoitteiden saavuttaminen voisi ehkä olla helpompaa niukemmassa kuin suuremmassa rakennuskannassa, mutta kehitys näyttää 2010-luvulla jatkuvan rakennuskannan kokonaismäärän kasvuna.

Tuoreessa Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050 selvityksessä³⁴ on arvioitu sitä, miltä nykyinen rakennuskannan ja sen energiankulutuksen kehitys Suomessa näyttäisi nykyisten trendien pohjalta, jos ei tehtäisi olennaisia trendejä

³² Lehtilä et al. 2014.

³³ Tilastokeskuksen Rakennuskanta-tilaston mukaan rakennuskannan kerrosala oli vuoden 2015 lopussa noin 467 miljoonaa neliometriä ja vuoden 2010 lopussa noin 434 miljoonaa neliometriä, mikä tarkoittaa lähes 8 prosentin kasvua.

³⁴ Mattinen et al. 2016.

muuttavia uusia toimenpiteitä. Selvityksen perusskenaariossa odotetaan ajanjaksolla kymmenien prosenttien kasvua sekä asuin- että palvelurakennuskantaan.

Asumisväljyyden on perusskenaariossa odotettu jatkavan kasvuaan. Asumisväljyyden kehitys kytkeytyy sekä asuntokokojen kehitykseen että asukasmäärien kehitykseen suhteessa edelliseen, ja osin myös useamman kuin yhden asunnon hallinnan yleisyyteen. Kaupunkien on mahdollista asunto- ja kaavoituspolitiikkansa kautta ohjata asuntokokojen kehitystä. Kyseisen selvityksen mukaan koko rakennuskannan energiankulutus laskisi vuodesta 2020 vuoteen 2050 noin 11,4 % ja varsinaisten asuinrakennusten kokonaisenergiantarve laskisi vain hieman tarkasteluajanjaksolla. Ennusteessa rakennuskannan odotetaan jatkavan kasvuaan, lämmitystarpeen vähenevän ilmaston lämpenemisen seurauksena, ja öljylämmityksen odotetaan korvautuvan suurelta osin muilla energiamuodoilla, ja pientalojen osalta kokonaan.

Selvityksessä nähtiin nykyisessä rakennuskannassa sinänsä olevan suuri teoreettinen energiansäästöpotentiaali, mutta siitä katsottiin todennäköisesti toteutuvan vain osan ja senkin hitaasti. Syyksi tälle esitettiin mm. sitä, että monia sellaisia kohteita, jotka on jo korjattu jälkikäteen katsottuna energiatehottomasti, omistajien rahojen ja motivaation puutetta kalliiden korjausten tekemiseen, uusimman rakennuskannan osalta sitä, ettei ennen vuotta 2050 ole vielä merkittävää korjaustarvetta, sekä energiatehokkuusparannusten yhteydessä tehtäviä laatutason nostoja, jotka kumoavat osan saavutetuista energiasäästöistä. Esimerkiksi ilmanvaihdon energiatehokkuutta parannettaessa on käytännössä usein tavattu samalla lisätä vaihdettavia ilmamääriä, jolloin on tavoiteltu parannusta myös sisäilman laatuun ja asumismukavuuteen. Koska vaihdettava ilma lämmitetään kylmänä vuodenaikana, tällaiset toimenpiteet herkästi vähentävät saavutettua energiansäästöä verrattuna tilanteeseen, jossa samaan aikaan laatutasoa ei olisi parannettu.

Taulukko 1.3. Rakennuskannan hankitun energian arvioidut osuudet perusskenaariossa vuosina 2020 ja 2050. Muokattu lähteen luvuista.³⁵

	2020	2050
Kaukolämpö	41,0 %	39,8 %
Sähkö	22,7 %	26,1 %
Puu	21,0 %	21,0 %
Kevyt polttoöljy	7,6 %	0,8 %
Lämpöpumppuenergia	5,9 %	10,6 %
Maakaasu	0,9 %	0,9 %
Raskas polttoöljy	0,7 %	0,7 %
Turve	0,1 %	0,1 %
Aurinkolämpö	0,0 %	0,1 %
Hiili	0,0 %	0,0 %

Kuten taulukosta 1.3 ilmenee, rakennusten energiankulutuksen perusskenaariossa on odotettu rakennusten energiankäytössä sähkön käytön sekä myöskin sähköllä toimivien lämpöpumppujen roolin kasvavan, kun taas erityisesti kevyen polttoöljyn käytön on odotettu romahtavan, ja kaukolämmön suhteellisen osuuden alenevan hieman. Öljy- ja kaasupohjaisten polttoaineiden kokonaiskulutuksen rakennuksissa odotetaan toteutuneilla tai toteutuviksi odotetuilla toimivilla toimilla vähenevän selvästi, mutta ei poistuvan rakennuskannasta kokonaan. Vähähiilisyyskysymyksen kannalta näiden osalta on avoin kysymys, minkälaisia nestemäisiä ja kaasumaisia biopolttoaineita jatkossa markkinoilla on nykyisin käytössä olevia fossiilisia polttoaineita korvaamassa.

Kaukolämmön ja sähkön osalta kasvihuonekaasupäästöt riippuvat paljon siitä, miten näitä tuotetaan. Puun osalta on erilaisia ajattelutapoja siitä, miten siihen liittyviä hiilidioksidipäästöjä tulisi tarkastella kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen tavoitteiden

³⁵ Mattinen et al. 2016. Muokattu lähteen luvuista

kannalta. Poltettaessa puuta vapautuu välittömästi hiilidioksidipäästöjä. Toisaalta kyseisen hiilidioksidin voi ajatella olevan ”kierrossa” olevaa hiilidioksidia, toisin kuin fossiilisten polttoaineiden ilmakehään mukanaan tuoman ”uuden” hiilidioksidin. Nykyisissä Euroopan unionin sisäisissä päästövähennyslinjauksissa puuta käsitellään laskennallisesti varsin kasvihuonekaasupäästöttömänä energiamuotona. Euroopan unionissa on tätä kirjoitettaessa valmisteilla hiilinielujen käsittelytapaa koskevat uudet linjaukset, jotka asiasta tehtävien virallisten päätösten jälkeen vaikuttavat aikanaan siihen, miten metsien hiilinieluja EU:ssa jatkossa käsitellään.

2. MAANKÄYTTÖ JA VÄHÄHIILINEN LIKKUMISKÄYTTÄYTYMINEN

Maailmanlaajuisesti kaupunkien on arvioitu olevan vastuussa noin 60-70 % ihmisen aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä, ja noin 75 % energiankulutuksesta ³⁶. Kaupungistumisen globaalisti edetessä yhä isompi osa maapallon väestöstä asuu kaupungeissa, ja kaupunkien merkitys ilmastonmuutoksen ehkäisyn kannalta korostuu vielä entisestään. Yleisesti ottaen korkeampiin asukastiheyksiin johtavan kaupungistumisen on katsottu voivan alentaa maailmanlaajuisesti energiakulutustarpeita muun muassa siksi, koska tiiviissä kaupunkirakenteessa asuntojen keskikoko asukasta kohti on tyypillisesti pieni, koska lämpöhäviöt ovat isoissa rakennuksissa vähäisemmän vaipan osuuden myötä pienemmät ja koska energiajärjestelmä kyetään vastaavasti esimerkiksi kaukolämmityksen (tai –jäähdytyksen) osalta järjestämään korkean asukastiheyden kaupunkirakenteissa tehokkaammin ³⁷

Sitä, kuinka erilaiset kaupunkirakenteet edistävät vähähiilisyyttä, on tutkimuksissa tarkasteltu monenlaisilla menetelmillä, joista jokaisella on omat etunsa ja rajoitteensa. Tutkimustulosten päälinja vaikuttaisi siltä, että kompakti yhdyskuntarakenne on pääsääntöisesti energiaa säästävempää kuin hajautunut kaupunkirakenne (Große et al. 2016)³⁸ Näin vaikuttaisi olevan etenkin asumisen ja paikallisliikenteen energiankäytön osalta.

2.1 MAANKÄYTÖN JA KAUPUNKIRAKENTEEN SUHDE LIIKKUMISEEN JA LIIKENTEeseen

Lähellä urbaaneja keskuksia asuvat tekevät matkoja muita useammin fyysisesti liikkuen, mikä on positiivinen asia vähähiilisyystavoitteiden kannalta. Tähän vaikuttaa ilmeisesti sekä käytettävien aktiviteettien läheisyys keskuksia lähellä asuvia aktivoivana tekijänä, että kääntäen se, että muualla asuvilla näitä aktiviteetteja ei ole oman asuinpaikan lähellä keskimäärin niin hyvin tarjolla ³⁹. Silva et al. (2014) ovatkin esittäneet mm. Tanskaa koskevien tutkimustulostensa pohjalta, että niissä tilanteissa, joissa saavutettavuus on

³⁶ Kammen & Sunter 2016

³⁷ Güneralp et al. 2017.

³⁸ Große et al. 2016.

³⁹ Silva et al. 2014.

korkealla tasolla, urbaanien rakenteiden rajoittava merkitys liikennemäärille on yleensä vähäinen verrattuna esimerkiksi sosioekonomisiin tekijöihin ja elämäntyyliin.

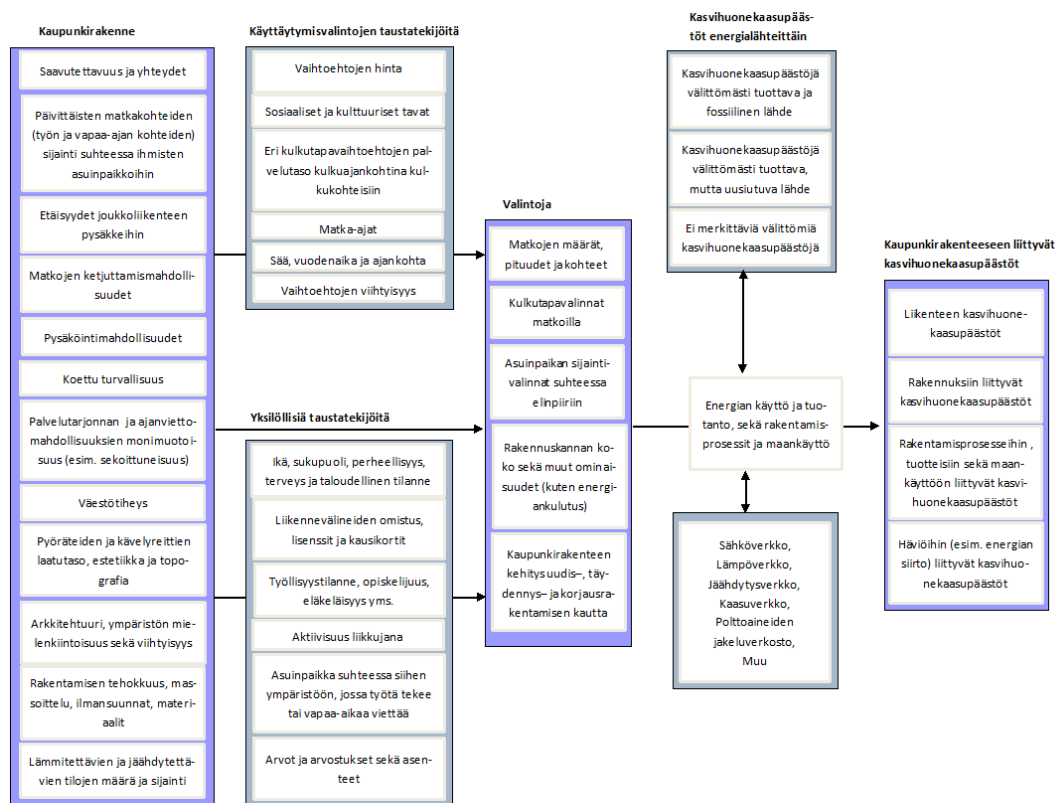
Liikennemuotovalintoihin liittyy olennaisesti myös henkilöhistoria. Jos lapsi esimerkiksi kävelee tai pyöräilee yhdessä vanhempansa kanssa, se yhdessä kaupunkirakenteellisten kävelyä ja pyöräilyä tukevien tekijöiden kanssa voi tukea muutenkin lasten kävelyä ja pyöräilyä verrattuna tilanteeseen, jossa vanhempi ei tällaista toimintaa omalla esimerkillään niin tue⁴⁰.

Viime vuosina on tehty tutkimuksia rakennetun ympäristön liikkumiskäyttäytymisen välisistä suhteista, joista osassa on käsitelty suoraan kaupunkirakennetta koskevien asioiden, kuten muun muassa katuverkostojen yhteyksien, tiiviiden, sekoitetun maankäytön, urbaanien kudosten tyyppien ja monien muiden asioiden merkitystä, ja osassa taas asiaa on käsitelty enemmän siltä kannalta, mikä on ihmisten subjektiivinen kokemus niin rakennetusta ympäristöstä kuin liikkumisestakin⁴¹. Jälkimmäinen lähestymistapa on korostanut muun muassa sitä, että ihmisillä on erilaisia preferenssejä. Osa preferensseistä vaikuttaa puolestaan muun muassa asuinpaikan valintaan. Esimerkiksi käveltävyyden tärkeäksi kokevat asettuvat muita herkemmin asumaan paikkoihin, joissa ympäristö on käveltävää, tai vaikkapa energiatehokkuutta arvostavat voivat painottaa puolestaan sitä asiaa asuinpaikkaa valitessaan.

Kuvassa 2.1 on pyritty visuaalisesti havainnollistamaan sitä, kuinka kaupunkirakenteeseen liittyvät ratkaisut muun muassa kytkeytyvät niin yksilöllisten taustatekijöiden kuin monenlaisten laadullisten tekijöidenkin kautta valintoihin, joista puolestaan lopulta paljolti käytettyjen energialähteiden päästöisyydestä riippuen seuraavat kasvihuonekaasupäästövaikutukset. Kaupunkisuunnittelulla voidaan vaikuttaa erilaisten ratkaisujen kautta muun muassa joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn suosioon. Kulutapavalintoihin vaikuttavat kuitenkin niin laadulliset tekijät, kuten eri vaihtoehtoihin liittyvät kokemukset, niille tarjolla olevat vaihtoehdot, hinnat, matka-ajat kuin monet yksilölliset taustatekijätkin.

⁴⁰ Ghekiere et al. 2016

⁴¹ Lindelöw et al. 2017.



Kuva 2.1. Kaupunkirakenteen yhteyksiä kaupunkirakenteeseen liittyviin kasvihuonekaasupäästöihin liikenteeseen ja rakentamiseen liittyvien valintojen kautta.

Julkinen liikenne vaatii riittävää matkustajapohjaa, jotta käyttöasteet nousevat korkeammiksi ja liikenne saadaan vuorotiheydeltään riittävän taajaksi, mikä puolestaan parantaa sen kilpailukykyä vaihtoehtona yksityisautoilulle.

Yksi sivuvaikutus, joka kaupunkirakenteen kehittämisellä julkista liikennettä edistävään suuntaan voi olla on se, että sen tyyppinen kaupunkikehitys saattaa vaikuttaa asuntojen hintoihin lisäten hyvän joukkoliikenteen palvelutarjooman omaavien pysäkkien välittömässä ympäristössä olevien asuntojen arvoa suhteessa muihin asuntoihin. Erityisesti raideliikenteen osalta on tutkimuksissa raportoitu asuntojen arvoon liittyvistä vaikutuksista, vaikka tulokset ovat olleetkin eri tutkimuksissa vaihtelevia⁴². Raideliikenne on joukkoliikennemuotona luonteeltaan suhteellisen pysyvää bussireitteihin verrattuna, koska se on sidottu raiteidensa

⁴² Mohammad et al. 2013.

sijaintiin. Suomesta on Tampereen kaupungista saatu tuloksia, joiden mukaan myös bussipysäkkien läheisyydellä voi olla hieman lähialueen asuntojen arvoa nostavaa vaikutusta⁴³. Huomattavasti suurempi merkitys asuntojen hintojen kannalta on kuitenkin sillä, miten lähellä keskustaa asunto sijaitsee. Asuntojen hinnat ja vuokratasot, liikenneyhteydet sekä monet muut asiat vaikuttavat siihen, missä eri tuloluokkien ihmiset pyrkivät asumaan. Asumispaikat suhteessa ihmisten niin tavanomaisiin kuin vähemmän tavanomaisiin asioimispaikkoihin vaikuttavat puolestaan liikkumismääriin.

Maankäytöllä voi olla liikkumiseen vaikuttamisen kautta vaikutuksia myös ihmisten terveyteen. Giles-Corti et al. (2016) ovat koonneet kahdeksan interventiota, joilla kaupunkirakenteeseen liittyvien ratkaisujen kautta voisi edistää ihmisten terveyttä. Näissä terveysvaikutusten ajatellaan tapahtuvan keskeisesti juuri liikkumiseen liittyvien muutosten kautta. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa liikkumisaktiivisuutta puolestaan pyritään edistämään ilmastosyistä. Interventiot ovat sekä terveyden että ilmaston osalta näiltä osin toisiaan tukevia. Interventoiden ideana on yhteisvaikutuksiltaan johtaa kestävämpään maankäyttöön käytännössä. Nämä ovat seuraavat⁴⁴:

- (1) Työpaikkojen ja palveluiden tulisi olla enintään 30 minuutin etäisyydellä julkisella liikenteellä kodeista, ja päivittäisten asiointikohteiden kävelyetäisyydellä
- (2) Työpaikkojen ja asuntojen määrän tulisi olla keskenään alueellisesti tasapainossa niin, että niiden suhde vaihtelee välillä 0,8-1,2
- (3) Pysäköintipaikkojen tarjonta ja hinnoittelu tulisi toteuttaa tavalla, joka vähentää pysäköintiä ja lisää vaihtoehtoisten liikennöintitapojen houkuttelevuutta
- (4) Kaupunkisuunnittelulla tulisi luoda käveltäviä ympäristöjä, joissa muun muassa katuverkostot minimoivat kävelyetäisyyksiä kodeista päivittäisiin asiointi-kohteisiin, liikenteen haitallisia vaikutuksia vähentäen, luoden turvallisia kävelyn, pyöräilyn ja julkisen liikenteen verkostoja ja tuottaen paljon asuntoja, joista käsin voidaan myös luontaisesti seurailta tapahtumia kaduilla.
- (5) Asukastiheyden tulisi olla riittävän korkean tukeakseen elävää paikallista liike-elämää ja julkista liikennettä korkealla vuorotiheydellä.

⁴³ Kurvinen & Sorri 2016.

⁴⁴ Giles-Corti et al. 2016

(6) Korkean vuorotiheyden julkisen liikenteen tulisi olla riittävän lyhyellä etäisyydellä asunnoista: bussipysäkkien alle 400 metrin etäisyydellä ja raideliikenteen alle 800 metrin etäisyydellä

(7) Asuinalueet tulisi rakentaa monipuolisella jakaumalla sekä kaupallisten ja julkisten vapaa-ajanviettomahdollisuuksien kera niin, että sekä kauppoja että palvelutarjontaa löytyy päivittäistarpeisiin

(8) Asuinalueen tulee olla suunniteltu turvalliseksi, houkuttelevaksi ja saavutettavaksi sellaisella julkisella liikenteellä, joka on kätevä, edullinen, tiheä, turvallinen ja viihtyisä.

Ehdotuksista osa on toteutettavissa kaupunkisuunnittelun keinoin, jos niin halutaan, kun taas esimerkiksi kohtaa (1) on vaikeampi toteuttaa ainakaan pelkin kaupunkisuunnittelun keinoin varsinkaan tilanteessa, jossa esimerkiksi työllistymisen edistämiseksi on voimassa määräyksiä, joilla pyritään edistämään selvästi 30 minuuttia pidempiäkin työmatkoja. Suomessa on työttömyysturvalain 2 luvun 3 §:ssa säädetty, että jos kokoaikatyössä henkilöllä on vähintään kolmen tunnin päivittäinen työmatka, tällöin henkilöllä on pätevä syy erota työstä ilman työttömyysturvaan leikkauksia. Aikaraja tarkoittaa noin kolminkertaista enimmäisaikaa Giles-Corti et al. 2016 suosittelemaan yhdensuuntaiseen matka-aikaan nähden. Esitetyt tarkat metrirajalinjaukset siitä, mikä on vaikkapa suositeltava enimmäisetäisyys bussipysäkkiin tai raideliikenteeseen (vrt. kohta 6), vaihtelevat jonkin verran tutkimuksittain, ja metrirajat ovatkin suuntaa antavia.

2.2 VÄHÄHIILISYYDEN KEHITYKSEEN LIITTYVIÄ HAASTEITA

Energiatehokkuutta parantamaan pyrittäessä on usein havaittuja raportoitu sellaisia sivuvaikutuksia, jotka ovat lieventäneet saavutettuja energiansäästöjä verrattuna tilanteeseen, johon olisi päädytty, jos energiatehokkuutta olisi parannettu ilman toiminnan muuta samanaikaista muutosta. Tätä ilmiötä kutsutaan tutkimuskirjallisuudessa usein rebound-efektiksi. Rebound-efektiä on arvioitu energiatehokkuuteen liittyen esiintyvän ainakin neljällä tasolla: (1) hintajoustona siten, että vaikkapa laitteen energiatehokkuuden parantuessa on varaa lisätä sen kulutusmääriä, (2) energiankulutuksen siirtymisenä johonkin muuhun komponenttiin, (3) makrotaloudellisena hintajoustona siten, että vaikkapa öljyn kulutuksen vähentyminen jossain maassa johtaa halvemman öljyn hinnan kautta jossain

toisessa maassa kasvavaan kulutukseen sekä (4) maailmantalouden kasvua lisäävien vaikutusten kautta⁴⁵.

Esimerkkejä rebound-efektistä on monia: muun muassa henkilöautojen käytön kohdalla on havaittu, että osa energiansäästöistä jää saavuttamatta, kun energiatehokkuuden parantaminen johtaakin kulutuskäyttäytymismuutoksiin, jotka syövät ainakin osan saavutetuista parannuksista. Energiatehokkuuden parantuessa autoilla saatetaan ajaa pidempiä matkoja, niitä saatetaan käyttää vähemmän energiatehokkailla tavoilla, tai niitä saatetaan käyttää useammin⁴⁶. Televisioiden ja näyttöjen energiatehokkuuden kasvu on osaltaan mahdollistanut ruutukokojen kasvua ja lentoliikenteen energiatehokkuuden paraneminen on mahdollistanut entistä halvemmat lennot ja mahdollistanut lentoliikenteen yhä useammalle⁴⁷. Tehtaässä rakennuksista lämmitystarpeen kannalta energiatehokkaampia, ihmiset ovat voineet muuttaa toimintaansa, nostaan esimerkiksi sisälämpötilaa, mikä on voinut puolestaan viedä osan energiatehokkuusparannuksilla saavutetuista hyödyistä⁴⁸.

Yksi haaste monissa Euroopan maissa on ollut se, että vaikka uudet rakennukset laskennallisesti täyttävät asetetut vaatimukset, moni rakennus mitatun energiankulutuksen osalta ylittää laskennallisen energiankulutuksensa.⁴⁹ Ruotsissa on raportoitu, että erityisesti gryndauskohteissa olisi energiavaatimusten ylityksiä esiintynyt todellisen energiankulutuksen osalta⁵⁰, ja kehoitettu kehittämään seurantaa muuallakin Euroopassa. Energiansäästöjen ja päästövähennysten kokonaismääriä usein yliarvioidaan sen takia, että rebound-vaikutuksia ei oteta huomioon, vaan oletetaan käyttäytymisen toimivan muutoin ennallaan. Tästäkin johtuen kokonaisvaltaisempi lähestymistapa vähähiilisyiden edistämiseen on tarpeen. Kuten Gillingham et al.⁵¹ ovat huomauttaneet, rebound-efektin roolia ei ole syytä kuitenkaan ylikorostaakaan: energiatehokkuuden kasvu tuottaa yleensä myös päästövähennyksiä, vaikka jokin osa päästövähennyksistä jäisi rebound-efektin takia toteutumatta.

Vähähiilisyyttä tavoiteltaessa on hyödyllistä huomioida myös kaupunkirakenteen asemaa laajemmassa ympäristössä, koska esimerkiksi liikennekään ei rajaudu vain kaupunkirakenteen sisälle⁵², vaan ulottuu sekä kaupunkirakenteen sisälle että kauaskin siitä.

⁴⁵ Gillingham et al. 2013.

⁴⁶ Ks. Esim. Moshiri & Aliyev 2017; Galvin 2016.

⁴⁷ Evans & Schäfer 2013.

⁴⁸ Sorrell et al. 2009.

⁴⁹ de Wilde 2014

⁵⁰ Mahapatra 2015.

⁵¹ Gillingham et al. 2013.

⁵² Große et al. 2016.

Suorien päästöjen laskentamenetelmillä päädytään usein selkeään tulokseen, että esimerkiksi tiiveys on selkeästi yhteydessä vähäisempiin CO₂-päästöihin⁵³. Näin tilanne on varsinkin lähiliikenteeseen liittyvien päästöjen ja rakennusten energiankäytön osalta.

Hiilijalanjätkilaskentamenetelmillä tuotetut tulokset ovat olleet monitulkintaisempia. Kirjallisuudessa on raportoitu hiilijalanjätkilaskennasta jopa tuloksia, joiden mukaan kaupunkirakenteen tiiviydellä ei olisi ainakaan olennaisia vaikutuksia hiilidioksidipäästöihin (Minx et al. 2013)⁵⁴. Tulosten taustalla on mm. se, että päästöt kytkeytyvät myös ihmisten tulotason, koulutukseen ja edelleen kulutustapoihin, jotka puolestaan omaavat monimutkaisia kytköksiä yhdyskuntarakenteellisiin kysymyksiin. Tiivistä rakennetuilla alueilla asuu usein keskimääräistä enemmän koulutetumpaa ja parempituloista väestöä. Kaupungistumisen on esitetty voivan olla yhteydessä korkeamman tulotason muodostumiseen, ja korkeamman tulotason liittyvän usein korkeampaan energiankulutukseen⁵⁵.

Viime aikaisissa tutkimuksissa on toisinaan myös kyseenalaistettu joitakin aiempia käsityksiä yhdyskuntarakenteen yhteyksistä liikenteen päästövaikutuksiin. Huomiota on kiinnitetty siihen, että kaupunkirakenteen ja liikenteen yhteyksiä käsiteltäessä on usein huomioitu vain arjen tavallinen liikenne, kun taas kysymys pitkien ja harvinaisempien matkojen merkityksestä on usein jätetty yhdyskuntarakenteisiin liittyvissä liikenteen kysymyksen asetteluissa sivuun. Tällöin sivuun on jäänyt harvinaisempien ja pidempien matkojen rooli. Siirtymien nopeus on yksi liikkumisvalintoja ohjaavista asioista. Liikenteessä on tavannut olla taipumusta siirtymiin kohti nopeampia liikkumismuotoja, elleivät taloudelliset tai jotkin muut tekijät tätä siirtymää rajoita, ja lentoliikenteestä aiheutuvien päästöjen on ennustettu kasvavan liikennemuodoista nopeinta vauhtia globaalisti, ellei trendiä jollain tavoin käännetä⁵⁶.

⁵³ Ks. esim. Gudipudi et al. 2016.

⁵⁴ Minx et al. 2013. Samaan aikaan esimerkiksi sellaisilla kaupunkirakenteeseenkin kytkeytyvillä tekijöillä, kuin yksittäisessä asunnossa asuvien asukkaiden lukumäärän pienuudella tai henkilöauton omistajien määrällä on saatettu raportoida kasvattavaa yhteyttä hiilidioksidipäästöihin.

⁵⁵ Liddle 2014

⁵⁶ Creutzig et al. 2015.

Aamaas et al.⁵⁷ ovat saksalaisten kansallisia ja kansainvälisiä matkustuskäyttäytymistä tutkiessaan päätyneet arvioon, että saksalaisten aiheuttamat ilmastovaikutukset saattavat olla lentoliikenteen osalta jopa samaa luokkaa kuin autoliikenteen yhteensä. He arvioivat pitkien, yli 100 kilometrin matkojen muodostavan yli puolet liikenteen ilmastovaikutuksista, muun muassa johtuen siitä, että pitkillä matkoilla lentoliikenne on niin yleinen kulkumuoto. On syytä huomata, että edellä kuvattuihin tuloksiin on päädytty käyttäen indikaattorina ilmastonmuutospotentiaalia (Global Warming Potential, GWP), joka pyrkii painottamaan erilaisia tekijöitä niiden ilmastonmuutospotentiaalain perusteella⁵⁸. Lentoliikenteeseen liittyvät päästöt näyttävät ilmastonmuutospotentiaalia määritettäessä haitallisemmilta kuin pelkkien hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta.

Suomessa Ottelin et al.⁵⁹ ovat raportoineet tuloksia, joiden mukaan ainakin metropolialueella keskiluokkaan luokitelluilla ihmisillä olisi vähäisemmän henkilöauton omistuksen vastineeksi muodostunut tapa lentää enemmän kaukomatkoja lentokoneilla. He ovatkin esittäneet, että lentomatkailu tulisi ottaa huomioon kaupunkirakenteisiin liittyviä kasvihuonekaasupäästöjä tarkasteltaessa.

Myös Reichert et al.⁶⁰ tulosten mukaan kuva erilaisissa asuinympäristöissä aiheutetuista hiilidioksidipäästöistä muuttuu, jos huomioidaan päivittäisten matkojen lisäksi myös asukkaiden tekemät pitkät matkat. Heidän tuloksensa ovat viitanneet siihen, että harvemmin asutuissa ja vähäisemmän populaation asuinpaikoissa tehdään enemmän päivittäisiä matkoja, mutta vähemmän pitkiä matkoja kuin tiheimmin asutuissa ja korkean asukasluvun paikoissa. Ero vaikuttaisi koskevan erityisesti juna- ja lentomatkestamista ja sekä työ- että vapaa-ajan matkoja. Eroa kulutuskäyttäytymisessä on raportoitu olevan, vaikka esimerkiksi eroja tulotasoissa kontrolloitaisiin⁶¹. Kuten edellä jo todettiin, käyttäytymisasiat kytkeytyvät elämäntyyliasioihin ja sosioekonomisiin tekijöihin.

⁵⁷ Aamaas et al. 2013

⁵⁸ Reichert et al. 2016.

⁵⁹ Ottelin et al. 2014.

⁶⁰ Reichert et al. 2016.

⁶¹ Reichert & Holz-Rau 2015.

3. VÄHÄHIILISYYTEEN OHJAAMINEN

Vähähiilisyttä on mahdollista edistää monenlaisilla ohjaukeinoilla niin valtion kuin kuntienkin toimesta. Monia ohjaustapoja tähän liittyen on jossain muodossa nykyisinkin käytössä. Niistä osassa keskeisenä tavoitteena on toimia ympäristöllisenä ohjaukeinona, kun taas osassa tapauksista ympäristöllinen ohjaukeikutus on ehkä enemmän sääntelyn sivuvaikutus kuin sen varsinainen päätarkoitus.

Vähähiiliseen energiankäyttöön tähtäävää toimintaa voidaan edistää kolmella päätavalla, jotka ovat:

- (1) turhan kulutuksen välttäminen,
- (2) kulutuksen siirtymät hiili-intensiteetiltään alempiin vaihtoehtoihin, ja
- (3) toimintaa tai sen tehokkuutta parantavat toimenpiteet.

Seuraavassa taulukossa 3.1 on esitetty edellistä tarkasteluperiaatetta pohjana hyödyntäen esimerkkejä asioista suomalaisen kaupunkirakenteen kehityksen yhteydessä. Taulukkoa tehtäessä on otettu vaikutteita Nakamuran ja Hayashin (2013)⁶² esityksestä vähähiilisen liikenteen edistämiseen liittyen.

Taulukko 3.1. Esimerkkejä vähähiilisen kaupunkiympäristön kehittämistä teknologian, sääntelyn, informaation & digitaalisuuden sekä taloudellisten kannustimien kautta.

Teema	Ylimääräisen kulutuksen leikkaaminen	Siirtymät alemman hiili-intensiteettiin vaihtoehtoihin	Muut parannukset
Teknologia	Teknologinen kehitys ja teknologian hyödyntäminen voi vähentää sekä liikennetarpeiden kasvua että liikenteen yksikkökohtaista energiankulutusta. Energiatohokkaan teknologian yleistymisen rakennuksissa voi edesauttaa vähentämään vaikkapa lämmitykseen ja ilmanvaihtoon liittyvää energiankulutusta aikoina, jolloin tilat ovat tyhjillään.	Rakennusten hyödyntämissä energiamuodoissa ja liikenteen käyttövoimassa ja energialähteissä tapahtuvat siirtymät ovat keskeisessä roolissa vähähiilisyden tavoitteiden toteutumisen kannalta; esim. fossiilisen öljyn käytön vähentyminen, biopolttoaineiden yleistymisen sekä vähähiilisesti tuotetun sähkön käytön osuuden kasvu. Uudet IT-sovellukset, jotka edistävät niin jakamistaloutta kuin esim. joukkoliikenteen tehokkaampaa	Tekniikan kehittyminen parantaa uusiutuvan energiantuotannon kaupallista kilpailukykyä ja siten mahdollistaa enenevässä määrin sen hyödyntämisen sekä taloudelliselta että käytännölliseltä kannalta Energiajärjestelmässä tuotantoa on perinteisesti mitoitettu ennustetun kysynnän perusteella, mutta jatkossa kysynnän joustoedellytysten parantuessa osa huipputehotilanteiden tuotannosta voidaan korvata kysynnän joustolla, jolloin säätötarkoitukseen ensisijaisesti tarvittavia resursseja ei tarvita välttämättä enää niin paljoa.

⁶² Nakamura & Hayashi 2013.

	Uudet teknologiat voivat mm. yhteiskäyttöä edistäessään vähentää asuntojen, muiden kiinteistöjen ja ajoneuvojen vajaakäyttöisyyttä, sekä muuttaa kulkuneuvojen kaupunkirakenteesta vievän pysäköintitilan määrää ja luonnetta.	hyödyntämistäkin voivat myös johtaa suoritteiden hiili-intensiteetin laskuun.	Jos kysynnän määrää huipputehotilanteissa saadaan leikattua, energiajärjestelmät voidaan mitoittaa alemmalle huipputeholle kuin aiemmin, mikä voi vähentää tarpeita turhille investoinneille ja parantaa kokonaisjärjestelmän resurssitehokkuutta.
Sääntely	Maankäytön ja rakentamisen säädösten kehittäminen kannustamaan entistä enemmän tilojen tehokkaaseen ja aktiiviseen käyttöön, mikä voisi myös osaltaan pienentää rakennuskannan kokonaisuuden kasvupaineita.	Maankäytön ja rakentamisen lainsäädännön että kaavojen ja rakennusjärjestysten kehittäminen edistämään ja mahdollistamaan entistä enemmän kävelyä ja pyöräilyä sekä muuta fyysistä liikkumista.	Päästöstandardien tiukennukset, minimivaatimukset markkinoilla myytäväksi tai käytettäväksi sallituille tuotteille, (marginaali)päästöjen kanssa korreloiva verotus, ja kokonaisjärjestelmän kannalta syntyvät päästöt entistä paremmin huomioivat rakennusten energiavaatimukset voivat hyvin toteutettuina edistää resurssitehokkaampien vaihtoehtojen yleistymistä
Informaatio & digitaalisuus	IT-järjestelmiä voi hyödyntää esimerkiksi rakennuskannan vajaakäytön ja liikennevälineiden vajaakäytön vähentämisessä	Hyvillä joukkoliikenteen käyttöä tukevalla informaatiolla ja digitaalisilla ratkaisulla voidaan tukea joukkoliikennevaihtoehtojen käyttöä	Kuluttajien käyttöön ja näköpiiriin päätyvä informointi näiden kulutuskäyttäytymisestä tai eri vaihtoehtojen seurauksista voi edistää resurssitehokkaampaa kulutuskäyttäytymistä.
Taloudelliset kannusteet	Kustannusrajoitteet ohjaavat monien ihmisten toimintaa. Eitoivottujen käyttäytymismallien esiintymistä voidaan vähentää verotuksen tai vaikkapa käyttömaksujen kautta. Esimerkiksi kiinteistöverotuksella on ainakin teoriassa mahdollista ohjata myös rakennusten tehokkaampaan käyttöön.	Kaupunkirakenteen suunnitteluratkaisuilla sekä verotusratkaisuilla vaikutetaan muun muassa siihen, miten nopeita, miten ennustettavia, ja minkä hintaisia eri kulkutavat ovat, ja samalla niiden suosioon. Eriolaisen hiili-intensiteetin kulkuneuvojen keskinäiseen suosioon vaikutetaan myös kulkuneuvojen hankintahintoihin, jälleenmyyntihintoihin, käyttökustannuksiin kuin käytön helppouteenkin vaikuttamalla.	Kasvihuonekaasupäästövaikutusten entistä voimakkaampi kohdistaminen taloudellisina kustannuksina niiden aiheuttajalle verotuksessa olisi tapa tuottaa päästöjen aiheuttamiselle hintaa, ja kannustaa parantamaan mm. energiatehokkuutta. Eriyisen resurssitehokkaiden ratkaisujen suosiminen kaavoituksessa tai kiinteistöverotuksessa, tontinvuokrissa tai kuntien tontinluovutusehdoissa voi olla myös tapa luoda taloudellisia kannusteita sellaisien ratkaisujen tekemiseen.

Kuhunkin teemaan liittyy myös omat rajoitteensa. Vaikka esimerkiksi taloudelliset ohjaukeinit ovat usein suhteellisen tehokkaita kulutuksen ohjauksessa, hintoihin

vaikuttavien toimenpiteiden toteutettavuutta rajoittaa etenkin merkittävämpien muutosten osalta se, että yhteiskunnissa pyritään edistämään muitakin asioita kuin vain vähähiilisyttä. Kohoaviin energianhintoihin voi liittyä esimerkiksi kohoavaa energiaköyhyyden riskiä osalle kotitalouksista, jota Euroopan Unionissa pyritään puolestaan torjumaan sosiaalisena ongelmana.⁶³ Taannoin Suomessa teetetyssä energiaköyhyys selvityksessä nostettiin esiin yhtenä näkökohtana se, että energiakustannusten noustessa niitä siirtyy yhteiskunnan tukijärjestelmien maksettavaksi⁶⁴. Selvityksessä katsottiin, että energiaköyhiä kotitalouksia olisi hyvä tukea energiankulutuksen ja asumismenojen vähentämisessä.

3.1 VÄHÄHIILISEN KAUPUNKIRAKENTEEN KEHITYSEDELLYTYKSET ERILAISILLA KAUPUNKISEUDUILLA

Vähähiilisen yhteiskunnan kehitysmahdollisuudet rakennetun ympäristön kehittämisen kautta riippuvat kaupunkiseuduilla käytännössä paitsi niihin suunniteltavista toimista, myös siitä, millainen kehitys kullakin seudulla on menossa. Kasvavissa keskuksissa rakennetaan sekä uutta rakennuskantaa että uutta väylästä ja korjataan aktiivisesti myös olemassa olevaa rakennettua ympäristöä. Näissä usein huomattava osa rakennuksista on kaukolämpöverkon piirissä, jolloin rakennuksiin liittyviin käytönaikaisiin päästöihin pystyy vaikuttamaan keskitetysti lämmön ja sähkön tuotannon polttoainevalintojen kautta.

Väestöltään vähenevissä kaupungeissa ja kaupunkiseuduilla uudisrakentaminen ja uusien väylähankkeidenkin tekeminen ovat tyypillisesti suhteessa huomattavasti vähäisempää. Kun rakennuskanta uudistuu vähemmän uudisrakentamisen kautta, rakennuskannan energiatehokkuuden kehitys jää suuremmalta osin korjausrakentamistoimenpiteiden varaan. Korjausrakentamisen laajuuskin voi olla väestöltään vähenevillä kaupunkiseuduilla vähäisempää kuin kasvavilla kaupunkiseuduilla. Tilanteessa, jossa investointien ei odoteta tuottavan arvoaan kovin hyvin takaisin kasvavana kiinteistön arvona, korjausinvestointeihin ei olla välttämättä halukkaita kovin paljoa panostamaan. Vuonna 2015 Tilastokeskuksen taloyhtiötilastojen mukaan pääkaupunkiseudulla korjauksiin panostettiin vastikkeissa keskimäärin 1,93 senttiä neliötä kohti kuukaudessa ja muualla Suomessa 0,82 senttiä neliötä

63 Ks. EU:sta ja energiaköyhyydestä esim. Alueiden komitean lausunto aiheesta ”Kohtuuhintaista energiaa kaikille” (2014/C 174/04). Energiaköyhyydellä ei ole yhtä yhtenäistä määritelmää. Euroopan komission vuonna 2016 teettämässä selvityksessä esitettiin energiaköyhyydelle neljää erilaista kriteeriä: kyvyttömyys pitää rakennus lämpimänä, energiamenojen osuus yli kaksinkertaisesti kansallisen mediaanin, keskimääräisen ylittävä energiamenojen osuus tuloista silloin kun tulot energiakustannusten jälkeen alittavat köyhyysrajan, sekä jos absoluuttinen energiankulutus on alle puolet kansallisesta mediaanista. Ks. Trinomics 2016.

64 Oja et al. 2013.

kohti.⁶⁵ Ero taloyhtiöiden korjausinvestoinneissa oli tuona vuonna Suomen sisällä varsin huomattava. Sitä tilastossa ei ole eritelty, mikä osuus korjausinvestoinneista on missäkin kulunut energiatehokkuuden parantamiseen, mutta alueilla, joilla korjausinvestointeja tehdään vähän, jäävät energiatehokkuuteen liittyvätkin korjausinvestoinnitkin herkästi vähemmälle.

Väestöltään vähenevistä kaupunkiseuduista ainakin osassa on paljon sellaistakin rakennuskantaa, joka ei ole kaukolämpöverkon piirissä. Siinä missä esimerkiksi keskitetyn kaukolämpöverkon energiantuotannon vähähiilisyttä voi kehittää laajemminkin alueilla kerralla, hajautettujen energiaratkaisujen kohdalla muutokset tapahtuvat enemmän kohde kerrallaan ja riippuvat enemmän yksittäisten kiinteistönomistajien päätöksistä.

Joitakin yleisiä eroja erilaisilla kaupunkiseuduilla, jotka voivat vaikuttaa myös vähähiilisyystavoitteiden kehittämiseen, on tiivistetty taulukkoon 3.1.

Taulukko 3.1. Eräitä karkeitä eroja kestävän maankäytön kehittämisen lähtökohdissa pääkaupunkiseudulla, alueellisissa kasvavissa keskuksissa ja asukasluvultaan kutistuvissa kaupungeissa

Pääkaupunkiseutu	Alueelliset kasvavat keskuks	Asukasluvultaan kutistuvat kaupungit
Joukkoliikennettä kehitetään paitsi kumipyöräliikenteen, myös metrojen, lähijunaliikenteen ja raitiotien varaan, kehittämien myös pyöräilyverkostoa ja käveltävyyttä	Kaupunkiseudun sisäistä joukkoliikennettä kehitetään nykyisin pääasiassa kumipyöräliikenteen varaan, joissain tapauksissa myös lähijunaliikennettä hyödyntäen ja Tampereen tapauksessa myös kaupunkiraitiotietä hyödyntäen	Ei usein kovin kattavasti toimivaa joukkoliikennettä. Väestön vähentyessä massajoukkoliikenteeseen liittyvät investoinnit eivät myöskään näyttäydy välttämättä taloudellisesti kannattavina.
Mahdollisuus tehdä MALPE-suunnittelua niin, että liikenteen, maankäytön ja elinkeinoelämän tarpeet yhteensovitetaan. Uudis-, korjaus- ja täydennysrakentamisessa riittää volyyymiä.	Kasvun myötä näissä tapahtuu myös uudisrakentamista, jota suunnataan enenevässä määrin hyvien joukkoliikenneyhteyksien läheisyyteen. Osa kunnista on mukana MALPE-sopimuksissa.	Asukasluvultaan kutistuvissa kaupungeissa rakennuskanta (samoin kuin ajoneuvokantakin) uusiutuu kasvualueita hitaammin. Rakennusten alempi jälleenmyyntiarvo heikentää taloudellista kannustetta sekä arvokkaammilla ratkaisuilla toteutettujen uudisrakennusten

⁶⁵ Tilastokeskus. 2015. Asunto-osakeyhtiöiden talous.

		tekemiseen että vanhojen rakennusten merkittävämpään perusparantamiseen. Ei mukana MALPE-sopimuksissa.
Palveluita (sekä julkisia että yksityisiä palveluita) pyritään kehittämään etenkin hyvien joukkoliikenneyhteyksien varteen, uutta asuntorakentamista painotetaan myös hyvien joukkoliikenneyhteyksien varteen, integroiden liikenne- ja asuntorakentamista sekä palveluiden kehittämistä.	Palveluita (sekä julkisia että yksityisiä palveluita) pyritään kehittämään etenkin hyvien joukkoliikenne-yhteyksien varteen, uutta asuntorakentamista painotetaan myös hyvien joukkoliikenneyhteyksien varteen, integroiden liikenne- ja asuntorakentamista sekä palveluiden kehittämistä.	Uudistuotantoa voidaan keskittää keskuksiin, mutta uudisrakentamisen volyyymi on kasvukaupunkeihin verrattuna pienempää. Toteutuvan uudisrakentamien osalta pyritään usein edullisemmin toteutettuihin ratkaisuihin. Määräyksiä energiatehokkaampia rakennuksia tehdään varsin vähän.
Useita rautatieasemia, joista eteenpäin hyvät yhteydet erilaisilla joukkoliikennevälineillä.	Jokseenkin kaikki alueelliset kasvavat keskuksot ovat Suomessa raideliikenteen saavutettavissa	Osa kaupungeista omaa raideliikenneyhteyksiä, osa ei.
Kansainvälisen lentoliikenteen pääasema Suomessa ja kansainvälisen matkustaja- ja tavaraliikenteen satama. Näissä käyttömäärät kasvussa.	Lentoasemia, joissa jonkin verran kotimaista ja kansainvälistä liikennettä. Merkittävä osa kansainvälisestä lentoliikenteestä tapahtuu syöttöliikenteenä Helsingin lentokentän kautta. Osassa kaupungeista myös satamia.	Yleensä ei ainakaan aktiivisesti liikennöityjä lentokenttiä, satamia joissain tapauksissa, mutta enemmän tavaraliikennekuin henkilöliikennekäytössä. Jos lentokenttiä on, suhteellisen harvaan liikennöityjä.
Useita yliopistoja, useita ammattikorkeakouluja ja monia muitakin opiskelupaikkoja. Väestön ikärakenne selvästi nuorempi kuin asukasluvultaan vähenevissä kaupungeissa.	Yliopistokaupunkeja, joista löytyy myös ammattikorkeakouluja. Opiskelupaikkakaupungeissa asuu ja niihin muuttaa paljon nuoria aikuisia ja muutenkin on monia työikäisiä.	Osasta kaupungeista löytyy joidenkin alojen ammattikorkeakoulupaikkoja. Ainakaan pysyvämpää yliopistokoulutusta ei yleensä ole. Asukkaiden ikärakenne ja sen kehitys usein ikääntyvä ja eläköityvä, ja nuoria muuttaa pois.

Seuraten erilaisista lähtökohdista myös soveltuva resurssitehokkaan toiminnan malli voi olla erilaisissa kaupunkiympäristöissä erilainen ja kehityksen aikaperspektiivi on näissä toisistaan poikkeava. Jos rakentamisvolyymit jatkuisivat sellaisina kuin ne ovat 2010-luvulla olleet,

vuotta 2030 koskevien tavoitteiden osalta osassa kaupungeista ei tulisi välttämättä tapahtumaan kovinkaan paljoa uudis- ja korjausrakentamista sitä ennen, kun taas toisissa kaupungeista uudis- ja korjausrakentamisen volyyymi olisi asukaslukuihin suhteutettuna niihin nähden moninkertainen.

Rakennuskannan osalta yksi tulevaisuutta koskeva pitkän aikajänteen kysymys on myös se, miten rakennuskannan koko ja energiatehokkuus kehittyvät suhteessa asukasmääriin. Perhekoot ovat lähimenneisyydessä olleet selvästi nykyistä suurempia. Vuonna 1970 keskimääräinen asuntokunnan koko oli kolme henkilöä, kun nykyisin lukema lähenee kahta⁶⁶. Asuntokuntien koon kehitys vaikuttaa siihen, miten asuntokanta jatkossa kehittyy. Myös ihmisten ikäjakaumissa on tapahtunut ja jatkossakin odotettavissa muutoksia. Yksin asuvien yli 65-vuotiaiden määrä on kasvanut 1990-luvun alun noin 250 000:sta vuoden 2015 noin 400 000:een⁶⁷, ja väestön ikääntyminen jatkuu yhä. Alle 35-vuotiaiden yksin asuvien määrä on kasvanut 1990-luvun alun 150 000:n tilanteesta yli 260 000:n tasolle.

Siitä ei ole kovin paljon tutkittua tietoa, mitä kotitalouskoon kutistuminen ja vaikkapa yksin elävien määrän kasvu tarkoittaa resurssitehokkuuskysymysten kannalta, tai että miten kasvamattomissa kaupungeissa väestön vanhetessa ja kotitalouskokojen kutistuessa yhden hengen asuntokuntien asuminen järjestetään. Jos näissä kaupungeissa vanhat, kooltaan suurehkot perheasunnot muuttuvat ajan edetessä yhä pienempien asuntokuntien asunnoiksi, kuten yhden ihmisen asuttamiksi, se voi näkyä lämmitystarpeissa asukasta kohti. Tilastokeskuksen tilastojen mukaan yksin elävistä 65-vuotiasta nykyisin yli 28 prosenttia asuu omakotitalossa, 16 prosenttia rivitalossa ja 54 prosenttia kerrostalossa⁶⁸.

Viime vuosina on puhuttu myös jakamistalousperiaatteiden yleistymisestä rakennuskannassa. Siihen liittyvää kysynnän ja tarjonnan kohtaamista on edistänyt erilaisten digitaalisten välityspalveluiden, kuten Airbnb:n ja muiden sen kaltaisten palveluiden käytön yleistyminen. Jos tilojen yhteiskäytön lisäämiseen saadaan tuotettua kaupallisesti toimivia innovaatioita, voi tämä mahdollistaa sen, että kaupunkirakenteessa olevista tilojen käytöstäkin voi jatkossa tulla jatkossa entistä resurssitehokkaampaa. Nykyisin joidenkin lämmitettyjen tilojen aktiivikäytön osuus vaikkapa viikon tunneista voi olla varsin alhainenkin. Tilojen yhteiskäyttöön liittyviä ratkaisuja voisi olla nykyistä enemmän hyödynnettävissä kaiken tyyppisillä kaupunkiseuduilla.

⁶⁶ Tilastokeskus 2016. Asuntokunnat koon mukaan ja asuntokuntien keskikoko 1960–2015

⁶⁷ Tilastokeskus 2016. Asuntokunnat koon mukaan ja asuntokuntien keskikoko 1960–2015

⁶⁸ Tilastokeskus 2016. Yksinasuvien määrä kasvoi eniten vanhemmissa ikäryhmissä 2015.

3.2 TALOUDELLISET KANNUSTIMET JA VÄHÄHIILISYYS

3.2.1 PÄÄSTÖKAUPPA

Päästökaupasta on pyritty tekemään päästökauppasektoriin kuuluvien päästöjen kokonaismäärän kasvun monikansallinen rajoite valtio- ja EU-tasoilla. Nykyisin Euroopan unionissa päästökaupan piirissä ovat energiateollisuus, energiaintensiivinen teollisuus sekä lentoliikenne EU:n sisäisten lentojen osalta. Ideana on ollut luoda tuotetuille päästöille hinnat ja käyttämättä jääneille päästöoikeuksille markkinat, sekä markkinahinta, ja edistää päästöjen vähentämistä etenkin siellä, missä se on edullisemmin saavutettavissa. Päästökaupan alkuperäisten tavoitteiden toteuttamista on jonkin verran hankaloittanut se, että päästöoikeuksien hinnat ovat jääneet mataliksi alkuperäisiin visioihin nähden. Syyksi päästöoikeuksien alhaiseksi jääneille hinnoille on esitetty muun muassa talouskriisin aiheuttamaa kysynnän laskua sekä kansainvälisten yksiköiden käytön lisääntymistä⁶⁹.

3.2.2 RAKENNUKSISSA KÄYTETYN ENERGIAN VEROTUS

Polttoaine- ja sähköverotuksen kohdalla keskeinen tavoite on varojen kerääminen verottajalle, mutta näiden kautta pyritään osittain myös ohjaavaan vaikutukseen energiatehokkuuden parantamiseksi ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Energian verotuksella on rakennuksissa tehty sekä lämmitysöljyä että ostosähköä kalliimmaksi, ja lisätty näin osaltaan kannusteita energiansäästöön. Lämmitysöljyn verotus on toisaalta asetettu selvästi alemmalle tasolle esimerkiksi bensiinin verotukseen nähden.

Kaukolämmön energiaverot peritään kaukolämmön tuottajalta, joka puolestaan perii haluamansa hinnan loppuasiakkailtaan. Kaukolämmön energiaverotus riippuu polttoaineista, joilla kaukolämpö on tuotettu. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä seuraa kaukolämmön tuottajalle veroseuraamuksia. Uusiutuvan energian ratkaisuja rakennuksissa suositaan verottomuuden kautta: aurinkopaneelilla rakennuksen omaan käyttöön tuotettu energia on verotonta ja esimerkiksi polttopuut sekä pelletit ovat valmisteverottomia. Sen sijaan verkon kautta ostetun aurinkosähkön osalta sovelletaan sähköverotusta (ks. taulukko 3.2). Kokonaisuudessaan rakennuksissa pääasiassa käytettyjen energialähteiden valmisteverotus kannustaa vähentämään tai suuntaamaan energiankäyttöä muihin energiamuotoihin etenkin öljytuotteiden käytöstä. Energiaan liittyvää verotusta on vaihteittain vuosien varrella nostettu.

⁶⁹ Sulamaa & Forsström 2015, s. 30

Taulukko 3.2. Rakennuksissa käytetyn energian verotus vuonna 2017⁷⁰ (arvonlisäverotuksen lisäksi)

Kohde	Energian verotus
Sähkö	2,253 snt/kWh (Veroluokka 1) + energialähteistä mahdollisesti perittävä valmistevero (esim. kivihiili), joka peritään jo ennen loppukäyttäjälle myymistä
Kaukolämpö	Energialähteistä riippuva valmistevero, joka peritään ennen kaukolämmön myymistä loppukäyttäjälle
Kevyt polttoöljy (rikitön)	22,87 snt/l
Polttopuu ja pelletti	Ei valmisteveroa (jos puut ovat omasta takaa, ei niistä mene myöskään arvonlisäveroa)
Muu uusiutuva energia (esim. aurinkosähkö)	Ei valmisteveroa pientuotannossa oman käytön osalta (eikä myöskään arvonlisäveroa silloin tuotetusta energiasta)

3.2.3 KIINTEISTÖVERO

Kiinteistöveron määrä ei riipu kiinteistön käyttömäärästä, vaan sen maapohjan ja rakennuksen laskennallisesta arvosta. Maapohjan arvostus riippuu sijainnista ja rakennusoikeuden määrästä. Kiinteistövero vaikuttaa kiinteistön omistamisen kustannuksiin. Rakennuksen koolla voi olla korrelaatiota energiankulutuksen kanssa, mutta suoranaisesti ympäristöperusteet, kuten rakennuksen energiaominaisuudet tai kasvihuonekaasupäästöt, eivät vaikuta nykyisin kiinteistöveron suuruuteen.

Vaikka kiinteistöveron ensisijainen tavoite ei ole parantaa resurssitehokkuutta, vaan tuottaa kunnalle verotuloja, kiinteistöveron sivuvaikutuksena saattaa olla lisätä kannusteita tilojen käytön tehostamiseen tai kaavoitetun maan käyttöönottoon silloin, jos näistä resursseista on muutoin pulaa. Rakentamattomaan maahan sovelletaan osassa kunnista korotettua kiinteistöveroprosenttia pyrkien tätä kautta saamaan kaavoitettuja maa-alueita rakennetuiksi ja samalla kaavan mukaiseen käyttöön.

⁷⁰ Ks. Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta

3.2.4 ENERGIAMUOTOJEN KERTOIMET RAKENNUKSISSA

Uusien rakennusten kohdalla vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa sovelletaan energiamuotojen kertoimia (ks. Taulukko 3.3), joilla energiankulutus painotetaan energialähteittäin. Vastaavia kertoimia sovelletaan vanhojen rakennusten energiatodistuksia laadittaessa. Kertoimilla pyritään kannustamaan kokonaisenergiatehokkuuteen, ja epäsuorasti myös kasvihuonepäästöjen vähentämiseen. Energiamuotokertoimien kautta on vähennetty kannustetta fossiilisiin energiamuotoihin pohjaavien energialähteiden asentamiseen etenkin uusissa rakennuksissa, ja lisätty taloudellista kannustetta suunnitella rakennus käyttämään sen sijaan sähköä, kaukolämpöä tai rakennuksessa käytettäviä uusiutuvia energialähteitä. Energiamääräykset lisäävät taloudellista kannusteita myös mm. aurinkoenergian käyttöön, jonka määrää kasvattamalla voi tavallaan kompensoida sallittua energiankulutusta.

Taulukko 3.3. Rakennuksissa sovellettavat energiamuotojen kertoimet vuodesta 2018 lähtien⁷¹ (suluissa vuonna 2017 voimassa olevat kertoimet, jos ne poikkeavat uudistuksesta)

Sähkö	1,2 (1,7)
Kaukolämpö	0,50 (0,7)
Kaukojäähdytys	0,28 (0,4)
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,50
[Muut rakennuksessa käytettävät uusiutuvat energialähteet]	”0”

Vaikka energiantuotannon yksikkökohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrä onkin alentunut siihen nähden, mitä ne ovat olleet korkeimmillaan, sekä kaukolämmön että sähkön tuotannossa hyödynnetään Suomessa yhä fossiilisia polttoaineita. Aiemmin kaukolämmön energiamuotojen kerroin on ollut 40 % rakennuksissa käytettäviä uusiutuvia polttoaineita korkeampi. Kaukolämmön energiamuotojen kerroin on vuodesta 2018 lähtien sama kuin uusiutuvalla energialla. Asetusluonnoksen perustelumuition luonnoksessa valintaa on taustoitettu perustelulla, jonka mukaan puun pienpoltosta seuraisi pienhiukkaspäästöjä, ja

⁷¹ Ympäristöministeriö. 2016.

kerroinvalinnoilla kerrotaan pyrityn edistämään tehokasta keskitettyä energiantuotantoa ja samalla pienhiukkaspäästöjen vähentämistä.⁷²

Rakennusten energiamääräysten energiamuotojen kertoimien kautta pyritään Suomessa vähintäänkin epäsuorasti siis vähentämään olennaisesti taloudellisia kannusteita fossiilisten polttoaineiden suoraan käyttöön rakennuksissa, edistämään lämmitysmuodoista etenkin sähkön ja kaukolämmön sekä uusiutuvan energian käyttöä, kuitenkin pyrkien samalla siihen, ettei puun pienpoltto yleistyisi. Suurimuotoinen kaupallinen energiantuotanto on päästökaupan ja siihen liittyvien ohjausinstrumenttien piirissä, kun taas rakennuksissa tapahtuva pientuotanto ei sitä ole.

3.2.5 LIIKENTEEN VEROTUS

Liikenteen verotuksen osalta ohjataan kansallisin päätöksin lähinnä kansallista liikennettä. Lentoasemat sijoittuvat pääasiassa kaupunkeihin tai niiden lähialueille, ja lennot tapahtuvat näiden asemien välillä. Lentoliikenteellä on sekä kansainvälisen että kotimaan kaupallisen liikenteen osalta oikeus valmisteverottomaan polttoaineen käyttöön. Yksityisessä huvi-ilmailussa käytetty polttoaine on valmisteverotettua. Myös kansainvälinen kauppamerenkulku on polttoaineverovapaata. Kansainvälisen liikenteen polttoaineiden hintoihin vaikuttaminen edellyttää käytännössä kansainvälisiä linjauksia, jotteivat kansalliset ratkaisut johtaisi toisia toimijoita muita kilpailullisesti heikompaan asemaan.

Kansainvälisen lentoliikenteen päästöjen rajoittamiseen on pitkään odotettu kansainvälistä ratkaisua. Jonkinasteinen kansainvälinen edistysaskel asiaan saatiin, kun kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n yleiskokous teki 6.10.2016 päätöksen kansainvälisen lentoliikenteen päästöjen hyvitysjärjestelmästä. Järjestelmän yksityiskohtia on vielä sopimatta. Järjestelmässä on tarkoitus laskea päästöt järjestelmään kuuluvien valtioiden välillä lentoreiteillä. Järjestelmän pilottivaiheen on tarkoitus käynnistyä vuonna 2021. Lentoliikenteen suoraan aiheuttamia päästöjä sopimus ei tee olemattomiksi, mutta yhtenä pyrkimyksenä on, että lentoyhtiöt hyvittäisivät kasvihuonekaasupäästöjänsä kasvun jatkossa laskennallisesti ostamalla päästövähennysoikeuksia muilta.⁷³ Lentoliikenteen on arvioitu saattavan jopa kolminkertaistua vuoteen 2050 mennessä⁷⁴. Mikäli muut sektorit onnistuvat vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään ja jos lentoliikenne jatkaa nopeaa kasvuaan, lentoliikenteen suhteellinen merkitys kasvihuonekaasupäästöjen globaalina aiheuttajana todennäköisesti kasvaa.

⁷² Ympäristöministeriö. 2016.

⁷³ Ks. Liikenne- ja viestintäministeriön tiedote 2016.

⁷⁴ Cajander 2016.

Rautatieliikenne on keskeinen osa joukkoliikennejärjestelmää, ja sen käyttöä pyritään sekä veroratkaisuin että muin taloudellisin keinoin edistämään. Rautatieliikenteessä pyritään ympäristöperustein sähköverottomuudella suosimaan sähköistä rautatieliikennettä, ja lisäksi rautatieliikenteelle on dieselvetoisen liikenteenkin osalta pyritty antamaan hintaetua kumipyöräliikenteeseen nähden sallimalla dieseliä alemmin verotetun kevyen polttoöljyn käyttö polttoaineena. Rautatieliikenteen hintakilpailukykyä edistetään merkittävästi myös rahoittamalla rautatieinfrastruktuurin kustannuksia valtion budjetista.⁷⁵ Rautatieverkosto on valtakunnan rataverkossa pääasemiltaan kaupunkien välistä. Valtio on osallistunut valtakunnan rautatieverkon kehittämiskustannusten lisäksi viime vuosina myös kaupunkiseudullisten ratahankkeiden Länsimetron sekä Tampereen raitiotien infrastruktuurin kustannuksiin.

Tieliikenteessä polttoaineverotus on asetettu korkeammalle tasolle polttoaineyksikköä kohti sekä suhteessa muihin liikennemuotoihin että rakennusten lämmityksessä käytettävän lämmitysöljyn verotukseen. Korkeimmat veroprosentit ovat moottoribensiinillä. Dieselisiin sovelletaan alempaa verokantaa kuin bensiiniin. Biopolttoaineosuudeltaan korkeammassa polttonesteissä on alennettuja veroprosentteja, millä tuetaan niiden käyttöä. Sähköautoilussa käytetystä sähköstä peritään lähtökohtaisesti kotitalouksien veroluokan mukaista sähkövero. Tieliikenteessä itse polttoaineiden lisäksi verotetaan myös ajoneuvojen hankintaa kertaluonteisesti silloin kun autot hankitaan maahan ensimmäistä kertaa sekä peritään ajoneuvoveroa auton omistamisesta. Ajoneuvovero muodostuu perusverosta (esim. bensiinikäyttöinen henkilöauto), käyttövoimaverosta (esim. dieselkuorma-auto) tai perusverosta ja käyttövoimaverosta (esim. dieselhenkilöauto). Ajoneuvoveron perusveron määrä riippuu valmistajan ajoneuvolle ilmoittamista päästöistä. Muun muassa tietyn kokorajan ylittävät linja-autot on vapautettu autoveroista ja ajoneuvoveroista. Näinkin edistetään julkisen liikenteen hintakilpailukykyä. Pyöräilyä ja jalankulkua ei veroteta.

Taulukko 3.4. Liikennemuotojen polttoaine- ja ajoneuvoverotusta

	Verotuksen kohde korkeimmalla verotuksella	Alemmat verokannat
Tieliikenne	Tieliikenteen polttoaineista korkeimmin valmisteverotettua on moottoribensiini (70,25 snt/l vuonna 2017). Vero koostuu energiasisältöverosta, hiilidioksidiverosta ja huoltovarmuusmaksusta.	Dieselillä on kevennetty verokohtelu bensiiniin nähden polttoaineverotuksessa. Biopolttoaineissa on käytössä alennettuja polttoaineiden valmisteveroprosentteja. Sähköstä autoilussa perittävä verokanta on sama kuin

⁷⁵ Tervonen & Metsäranta 2012.

	Autoista peritään pääsääntöisesti ajoneuvoveroa. Sekä autovero että vuosittain veloitettava ajoneuvovero on toteutettu niin, että vähäpäästöisemmissä ajoneuvoissa vero on suuripäästöisempiä alempi.	kotitalouksien sähköstä perittävä sähkövero. Mm. linja-autoista, moottoripyöristä, moottorikelkoista, mopoista ja mopoautoista ei peritä ajoneuvoveroa.
Rautatieliikenne	Dieselliikenteessä voidaan käyttää alemmin verotettua kevyttä polttoöljyä ⁷⁶ . Ei ajoneuvoveroja. [Ratojen käytöstä peritään ratamaksua, joka riippuu osin myös siitä, onko kyse sähkö- vai dieselvetoisesta junasta.]	Sähköinen rautatieliikenne on vapautettu sähköverosta ⁷⁷ . Ei ajoneuvoveroja.
Meriliikenne	Yksityisten huvialusten käyttämät polttoaineet ovat valmisteverotuksen ja huoltovarmuusmaksun piirissä Ei ajoneuvoveroja.	Kansainvälinen kauppamerenkulku on vapautettu valmisteveroista. Kaupallinen kalastus on vapautettu valmisteveroista ja huoltovarmuusmaksuista, jos alus on vaatimusten mukaisissa rekistereissä. Ei ajoneuvoveroja.
Ilmaliikenne	Polttoaineverotuksen ja huoltovarmuusmaksujen piirissä on yksityinen huvi-ilmailu Ei ajoneuvoveroja.	Sekä kansainvälinen että kotimainen kaupallinen liikenne on vapautettu valmisteveroista ja huoltovarmuusmaksuista. Ei ajoneuvoveroja.

Liikenteessä käytetyn energian verotukseen liittyy myös arvonlisäverotus, joka verotetaan muun hinnan päälle. Tieliikenteessä peritään polttoaineista ja ajoneuvoista pääsääntöisesti 24 prosentin arvonlisäveroa. Henkilökuljetuksiin sovelletaan alennettua 10 prosentin arvonlisäverokantaa. Kansainvälinen meriliikenne on kansainvälisen

⁷⁶ Tervonen 2015, s. 10 ja 26

⁷⁷ Iikkanen 2013, s. 20

meriliikennesopimuksen kautta sovittu vapautetuksi polttoaineverotuksen lisäksi myös arvonlisäveroista⁷⁸. Kansainvälinen lentoliikenne on vapautettu arvonlisäveroista, samoin kuin siihen alle 12 tunnin vaihdolla kytkeytyvät vaihtolennotkin. Liikenteen verotukseen liittyvät myös esimerkiksi työmatkoihin liittyvät verovähennysoikeudet, kilometrikorvaukset, työnantajan tarjoaman pysäköinnin verotuksellinen kohtelu kuin myös autoedun verotuskin⁷⁹.

3.2.6 MUUT MAKSUT

Erilaisilla maksuilla on mahdollista vaikuttaa liikennemuotojen suosioon joko suoraan tai välillisesti. Suomessa ei juurikaan ole käytössä tiemaksuluonteisia maksuja eikä Suomen kaupungeissa ole käytössä ruuhkamaksuja, mutta pysäköintiin liittyviä maksuja on käytössä. Pysäköintimaksuilla voidaan lisätä taloudellisia kannusteita muiden kuin pysäköintimaksun piirissä olevien kulkutapavaihtoehtojen käyttöön sekä myös ajoneuvojen yhteiskäyttöön vaikuttamalla ajoneuvojen eri sijainneissa seisottamiseen liittyviin kustannuksiin. Pysäköintimaksujen kautta on mahdollista myös suosia joitain pysäköiviä ajoneuvoja toisiin nähden. Helsingissä on toimittu näin vähähiilisyysliikenteen liittyvillä perusteilla, kun on luotu mahdollisuus 50 prosentin alennukseen pysäköintimaksuista yleisten liikennealueiden maksullisilla pysäköintipaikoilla ja maksullisista asukas- ja yrityspysäköintitunnuksista, jos omistaa vähäpäästöisyyden kriteerit täyttävän henkilöauton. Vähäpäästöisyyden kriteerinä vuonna 2017 on bensiiniautoissa 100 g/km, dieselautoissa 50 g/km, bifuel- ja flexifuel – autoissa 150 g/km ja lisäksi vähäpäästöisiksi luetaan mm. täyssähköautot.⁸⁰

Teiden käyttöön liittyvät maksut ovat myös yksi kirjallisuudessa esiintyvä tapa vaikuttaa liikennekäyttäytymiseen⁸¹. Ruuhkamaksujen idea on luoda kannusteita ajon vähentämiseen etenkin todennäköisissä ruuhkatilanteissa, jolloin riski ruuhkaantumiselle vähenee, ja liikenne kokonaisuudessaan sujuvoituu ilman kalliita investointeja liikenneinfrastruktuurin lisäkapasiteettiin.

Osassa kaupungeista on lisätty kannustetta resurssitehokkaisiin ratkaisuihin sitä kautta, että kaupunki on luvannut alennuksia tontin vuokraan tai myyntihintaan, mikäli energiatehokkuus on riittävällä tasolla. Esimerkiksi Tampereen kaupunki on tarjonnut 50

78 Lehto et al. 2017

79 Liikennesektoria koskevia ohjauskeinoja on tarkasteltu tarkemmin julkaisussa Kymenvaara et al. 2016.

⁸⁰ Helsingin kaupunki 2017.

⁸¹ Ks. Ruuhkamaksujen erilaisista toteutustavoista esim. Palma ja Linsey 2011.

prosentin alennusta tontin vuokraan viideksi vuodeksi tai myyntihintaa 10 prosentilla, jos rakennuksen E-luku alittaa 70 prosentilla määräysten minimitason.⁸²

3.3. MÄÄRÄYKSET

3.3.1 KAAVOITUS JA TONTINLUOVUTUSEHDOT

Kaavoitus on keskeinen instrumentti vähähiilisyteen ohjaamisessa kaikilla tasoilla: maakuntakaavan isosta kuvasta kuntatason asemakaavaan siihen liittyvine selostuksineen, rakennusjärjestyksen ja rakennustapaohjeiden yksityiskohtiin asti. Kaavoitus on keskeinen väline etenkin maankäytön ja liikenteen suunnittelun integroimisen kannalta ympäristöllisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestäväällä tavalla. Suunnittelussa kasvavassa määrin joukkoliikenteen solmukohtiin sijoitetaan korkeampia rakennusoikeusvolyymejä, mitä kautta edistetään sekä sitä, että mahdollisimman monella on mahdollisuus käyttää joukkoliikennettä, että tuotetaan joukkoliikenteelle asiakasvolyymejä niin, että kattavaa ja tiheää vuorotiheyttä pystyy taloudellisesti paremmin liikennöimään. Toki kaavoituksen kautta ohjataan myös esimerkiksi auto- ja pyöräpaikoitukseen liittyviä ratkaisuja, jalankulun edellytyksiä ja lukuisia muitakin asioita, joilla vaikutetaan eri liikkumistapojen keskinäiseen suosioon ja samalla myös vähähiilisyyskysymyksiin.

3.3.2 RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET

Rakentamismääräykset ovat ympäristöministeriön pääsääntöisesti antamia valtakunnallisia määräyksiä, jotka ohjaavat uudisrakentamista ja luvanvaraista korjaustoimintaa. Esimerkiksi uudisrakentamisen energiamääräyksiä on vähitellen tiukennettu, ja näin tulee tapahtumaan myös ”lähes nollaenergiarakennuksia” koskevien määräysten astuessa Suomessa vuonna 2018 uudisrakennusten rakennusluvissa edellytettynä minimivaatimustasona voimaan. Luvanvaraisten korjausrakentamistoimenpiteiden yhteyteen on rakennusten energiatehokkuusdirektiivin ohjaamana velvoitteita tehdä samalla myös energiatehokkuusparannuksia silloin kun se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa, millä pyritään edistämään energiatehokkuuden parantamista muiden korjausrakentamishankkeiden yhteydessä.

3.3.3 ENERGIASISÄLTÖJÄ KOSKEVAT OHJAUSKEINOT

Valtio on asettanut monenlaisia minimivaatimuksia esimerkiksi keskimääräisen biopolttoaineosuuden kasvattamiseen fossiilista öljyä sisältävissä tuotteissa liikenteessä. Tätä kautta pystytään vaikuttamaan siihen, minkälainen energiasisältö markkinoilla olevissa

⁸² Ks. Tampereen kaupunki 2014.

polttoaineissa on, ja ohjaamaan polttoaineen energiasisältöä suuntaan, jossa ainakin fossiilista alkuperää olevan ainesosan osuus alenee.

3.2.4 INFORMOINTI OHJAUSKEINONA

Energiainformaatiota koskevalla sääntelyllä pyritään lisäämään mm. kuluttajien tietoisuutta eri vaihtoehtojen energiaominaisuuksista ja sitä kautta edistämään kestävämmäksi katsottujen ratkaisujen yleistymistä. Esimerkiksi rakennusten energiatodistusten⁸³ tarkoituksena on vaikuttaa asuntojen vuokraus- ja kauppapäätöksiin, ja vastaavasti monet kulutustuotteita koskevat energian kulutustiedot, joita niitä markkinoitaessa esitetään, ovat pääpiirteissään tarkoitukseltaan vastaavia. Myös laskujen sisältöä ja lähettämistiheyttä säännellään, jotta esimerkiksi sähkönkulutuksessa reagoitaisiin paremmin laskun tietoihin.

Rakennusvalvonnat voivat myös neuvontansa kautta toimia ohjaavana tahona, ”hoksauttajana”, joka voi auttaa rakennushankkeeseen ryhtyviä tekemään määräysten minimitasoa parempiakin ratkaisuja. Näin voidaan tehdä myös vähähiilisuuden tavoitteiden näkökulmasta

3.2.5 ENERGIATEHOKKUUTTA JA PÄÄSTÖMINAISUUKSIA KOSKEVAT MINIMIVAATIMUKSET

EU-tasolla vaikutetaan paljon siihen, mitä sisämarkkinoille saa tuoda tai mitä niissä saa myydä, ja vastaavasti näistä seuraa energiatehottomimpien ja päästöjä aiheuttavimpien ratkaisujen kiellot. Tällaisia määräyksiä on annettu mm. ecodesign-direktiiviin liittyen, tunnettuna esimerkkinä lamput, ja vaatimuksista osaa on kiristetty vähitellen niin, että ne tiukentuvat vuosien varrella. Vastaavasti myös ajoneuvoille on asetettu päästövaatimuksia, jotka niiden pitää täyttää, jotta niitä saa myydä markkinoilla. Uusilla rakennuksilla on E-lukuvaatimukset, jotka asettavat minimirajat sille, millaiselle rakennukselle voi saada rakennusluvan, ja että millaisia rakennuksia saa rakentaa. Periaatteessa minimivaatimuksia voidaan asettaa myös alueellisemmalla tasolla. Ainakin Meksiko, Pariisi, Madrid ja Ateena ovat ilmaisseet julkisuuteen aikomuksia asettaa alueellisia kieltoja dieselkäyttöisille henkilö- ja kuorma-autoille.

⁸³ Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013

3.3 MUUT TOIMET

Varsin moni kaupunki on yhä kuntansa alueen energiaverkon omistaja, ja omistaa sekä kaukolämpö- että sähköverkon ja energiantuotantolaitoksia. Moni kunta on myös vesilaitoksen omistaja ja omistaa ainakin osuuksia jätehuoltoyhtiöstä. Sekä valtio että kunnat omistavat paljon kiinteistöjä. Omistaja-asemankin kautta kaupungeilla on halutessaan varsin paljonkin ohjausvaltaa siihen, miten energiaa kaupungissa tuotetaan, miten veden ja jäteveden kanssa toimitaan ja miten jätehuolto järjestetään. Omistajan roolissakin monella kunnalla on päätösvaltaa kasvihuonekaasupäästöihin liittyvissä kysymyksissä.

Myös vapaaehtoisten ohjeistusten kautta on mahdollista ohjata vähähiilistä toimintaa kohti. Vapaaehtoisilla ohjeilla voidaan ohjata niin yksityisen kuin julkisen sektorinkin toimintaa. Kaupungit, kunnat ja valtio tekevät merkittäviä määriä julkisia hankintoja. Ne ovat myös merkittäviä kiinteistönomistajia sekä itse suoraan hallussaan pitämiensä kiinteistöjen että omistamiensa kiinteistöyhtiöiden kautta, ja kaupungit omaavat valtaa siihen, miten, millä aikataululla ja mihin suuntaan tätä omaisuutta kehitetään. Tähän suuntaan ohjaavat myös energiatehokkuussopimukset, joihin kunnat ovat vapaaehtoisesti sitoutuneet. Julkisen sektorin hankinnoissa on mahdollisuus vaikuttaa myös resurssitehokkuusasioihin, kuten energiatehokkuuteen.⁸⁴

Taulukko 3.5. Eräitä muita ohjauskeinoja vähähiilisen kaupunkirakenteen edistämiseen.

<i>Ohjauskeino</i>	<i>Kommentti ohjauskeinosta</i>
Investointituet ja operointituet	Esimerkiksi syöttötariffit, uusiutuvan tuotannon operointituet yms.
Tutkimus- ja innovaatorahoitus ohjauskeinoina (esim. Tekesin kautta)	Tuotekehitystoiminnan, innovaatioiden ja hyvien käytäntöjen leviämisen edistäminen
Koulutus ja asennekasvatus	Toimintaa kouluissa ohjataan esimerkiksi opetussuunnitelmien kautta.

⁸⁴ Ks. esim. Työ- ja elinkeinoministeriö 2016a.

3.3.3 MAANKÄYTÖN JA LIIKENTEEN ENERGIAJÄRJESTELMIEN INTEGROITUMINEN

Energiajärjestelmä on sähköjärjestelmän ja kaukolämpöjärjestelmän osalta pitkään ollut selkeä jake verkkoon energiaa tuottavien tahoihin ja loppukäyttäjiin. Menossa oleva uusiutuvien sähköenergiantuotantomuotojen, kuten aurinkopaneelien, yleistymiskehitys rakennuksissa merkitsee sitä, sähkön käyttäjät ovat yhä useammin myös sähkön tuottajia. Nykyisin rakennuksissa tuotettavan sähkön ylijäämän voi syöttää jakeluverkkoonkin. Sähköverkossa kysynnän ja tarjonnan määrän pitää olla joka hetki tasapainossa. Monet rakennuksista kaupunkialueilla ovat kytköksissä myös kaukolämpöverkkoon, jossa kysynnän ja tarjonnan tasapainottamiseen on sähköverkkoa enemmän puskuria, mutta jossa pidemmällä tähtäimellä on myöskin tasapainotarve kysynnän ja tarjonnan välillä. Sähköautojen laajeneva tulo markkinoille tarkoittaa sitä, että ajoneuvot ovat yhä enemmän myös samassa energiajärjestelmässä kuin rakennuksetkin, toisin kuin bensiinin tai dieselin käytön tapauksessa.

Jatkossa myös kaupunkirakenteen sisältä voi löytyä monenlaisia pienempiäkin energiantuottajia, jotka isompana joukkona vaikuttavat koko energiajärjestelmään. Siinä, missä keskitetyssä energiantuotannossa on perinteisesti pyritty keskitettyjen toimijoiden taholta vastaamaan kysyntäennusteisiin, jatkossa tuotantotarpeita ennustettaessa joudutaan huomioimaan myös esimerkiksi uusiutuvan energian pientuotannon merkitystä jäljelle jäävän ostoenergian kysynnän rakenteen kannalta. Jos esimerkiksi aurinkopaneeleja on rakennuksissa ympäri kaupunkia, aurinkoisella säällä kaupunki voi tulevaisuudessa olla eräänlainen hajautetun energiantuotannon voimalakokonaisuus, jossa sähkön käytön ajoitusta voidaan tai joudutaan synkronoimaan ajoituksellisesti tuotannon kanssa, missä asiassa myös sähköisten ajoneuvojen latauksella ja rakennuksissa tapahtuvalla energian kysyntäjoustollakin voi olla oma roolinsa. Vaihtelevan uusiutuvan energian osuuden kasvun myötä kaupunkien energiajärjestelmäkokonaisuuksiin tarvittaneenkin uudenlaista joustavuutta⁸⁵.

Energiantuotantojärjestelmässä marginaalipäästöt tuotetusta lisäenergiasta eivät ole samoja joka hetki, vaan vaihtelevat ajankohdasta riippuen, ollen tyypillisesti etenkin kovilla pakkasilla suurempia kuin vaikkapa kesäaikaan. Siksi myös ainakin joidenkin kulutuksen ohjausmekanismien voisi olla hyvä huomioida riittävästi kulutuksen ajankohtaa, jotta kulutusvähennyksiä tehtäisiin edes suurin piirtein silloin kun muutoin aiheutuisi erityisen paljon kasvihuonekaasupäästöjä. Nykyinen ohjausjärjestelmän kokonaisuus voi kannustaa

⁸⁵ Ks. Esim. Mikkola 2017

esimerkiksi toteuttamaan rakennuksiin taloudellisesti kannattavina vaihtoehtoina sellaisia lämpöpumppujärjestelmiä, jotka ovat osatehomyönteisiä kylmimpien aikojen osalta⁸⁶.

Ruotsissa on raportoitu siitä, kuinka ilmalämpöpumppujen yleistymisen kaukolämpöalueella on johtanut sekä sähkön käytön kasvuun rakennuksissa että siihen, että kaukolämpöä ja sähköä samaan aikaan tuottavissa CHP-voimaloissa tapahtuvan sähkön tuotanto vähenee⁸⁷. Huonossa tapauksessa kaukolämpö on tuotettu vielä bioenergialla ja sähkön lisätarve tuotettu fossiililla polttoaineilla, jolloin päästöjen on esitetty voivan kokonaisuudessaan jopa kasvaa⁸⁸.

Siitä, jos laajamittaisesti toimitaan tavoilla, joissa tehoja leikataan laajamittaisesti suhteessa enemmän muilta ajankohdilta kuin kokonaisenergiajärjestelmän tehohuipusta, voidaan seurata tehon kysynnän vaihtelun kasvua. Tehohuipusta, jotka kokonaisjärjestelmän osalta Suomessakin ajoittuvat yleensä talvipakkasiin, energiatuotannossa on ainakin vielä nykyisin paineita korkeampiin marginaalipäästöihin, kasvihuonekaasupäästöjen tuotantotapojen ollessa kylmimpinä aikoina yleinen tapa tuottaa tarvittavia lisätehoja.

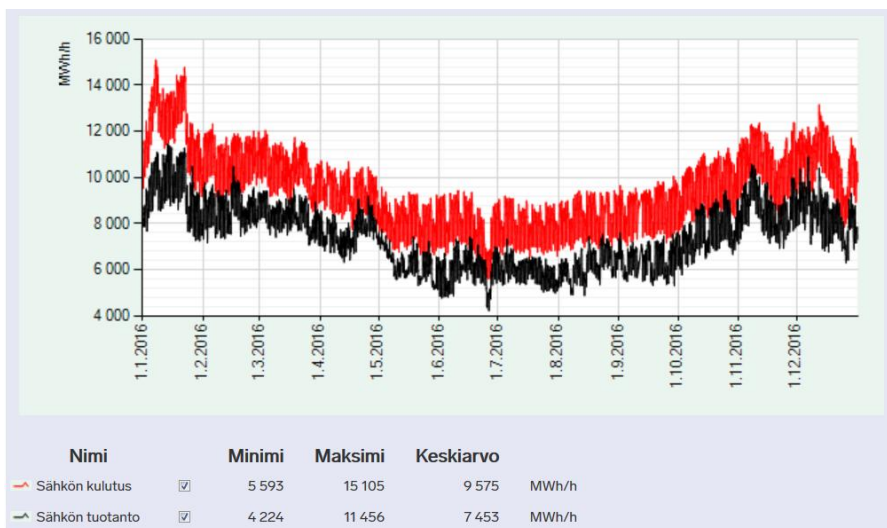
Suomen energiankulutuksen rakenne on varsin talvipainotteinen. Suomen rakennuskanta sijaitsee keskimäärin muita EU-maita pohjoisempana ja Suomen talvi on muihin EU-maihin verrattuna sekä pidempi että kylmempi. Talven tehontarve voi Suomen sähköjärjestelmässä olla kesän tilanteeseen nähden noin kaksinkertainen (ks. Kuva 3.1). Sekä energian tuotanto- että siirtokapasiteetti mitoitetaan ennakoitujen huipputehontarpeen mukaan.⁸⁹

⁸⁶ Ks. esim. Jokisalo 2017.

⁸⁷ Gustafsson et al. 2016.

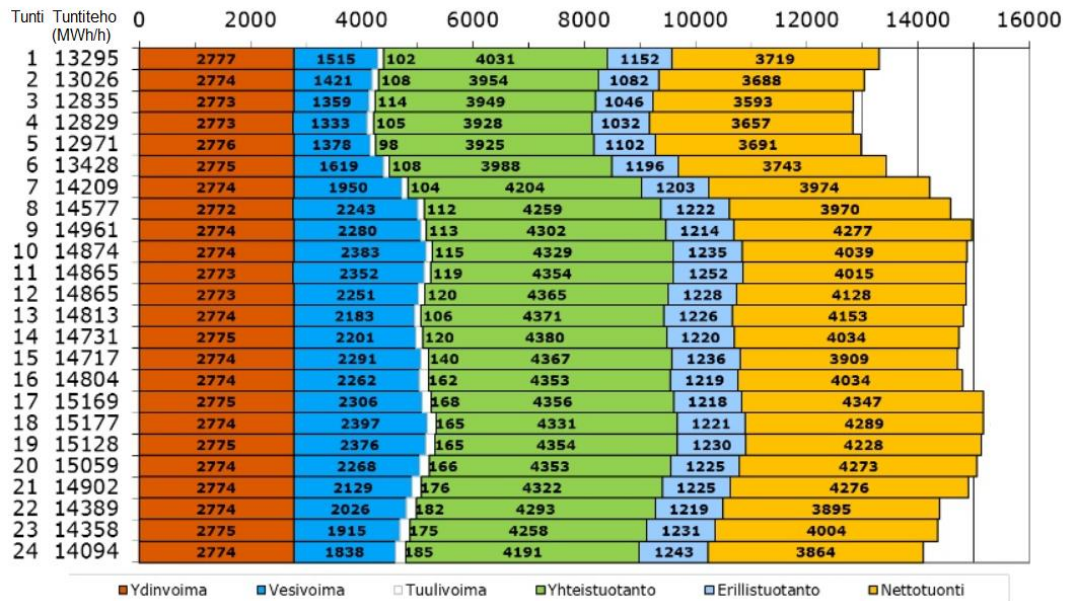
⁸⁸ Gustafsson et al. 2016.

⁸⁹ Huipputehokysymyksen merkitys kasvihuonekaasupäästöjen kannalta on tunnistettu vuoden 2016 energia- ja ilmastostrategian taustamuistiossa, mutta nykyisen energia- ja ilmastostrategian laskelmissa asiaa ei ole otettu huomioon. Siitä strategian taustaraportissa myös erikseen kerrotaan: ”Tarkastelussa ei ole huomioitu energiankulutuksen huipputehontarpeen vaikutusta tuotannon päästöihin. Lämpöpumppujen yleistymisen ei esimerkiksi vähennä huipputehontarvetta läheskään samassa suhteessa kuin lämmityssähkönkulutusta. Korjaustoimenpiteiden kustannukset ja kannattavuus sekä vaikutus energian ja E-lukuna mitatun kulutukseen ja hiilidioksidipäästöjen ovat aina hankekohtaiset, eikä ennusteen arvioita voida siinä mielessä yleistää.” (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, s. 17)



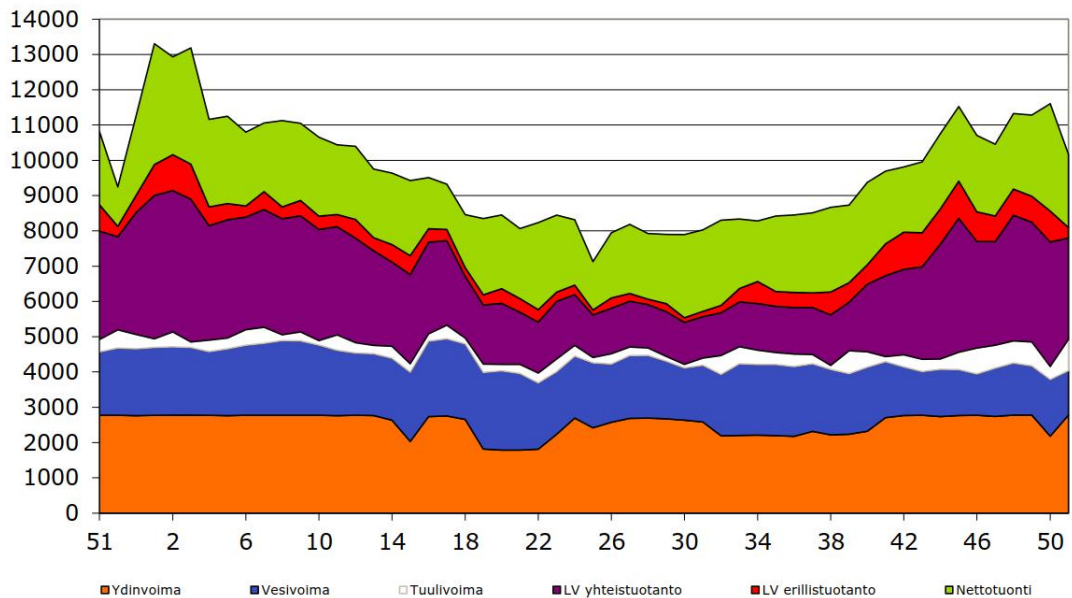
Kuva 3.1. Suomen sähkönkulutuksen ja sähköntuotannon tuntitehot vuonna 2016.

Ongelmaa eräänlaisessa ääritilanteessa havainnollistaa Energiateollisuudelta peräisin oleva kuva 3.2, jossa on kuvattu sitä, miten Suomen sähkö tuotettiin vuoden 2016 kulutushuippupäivänä 7.1.2016. Kuvassa 3.3 on esitetty sähköntuotannon kehitystä kyseisenä vuonna. Se kuva ei sisällä sähkön tuonin energiantuotantotietoja. Ydinvoiman tuntiteho tammikuun 2016 tehohuipussa suurinpiirtein vakiona ja vesivoiman tuotantoa säädeltiin tarpeen mukaan. Noin kaksi kolmasosaa päivän tehotarpeista tuotettiin yhteistuotantona, erillistuotantona tai nettotuontina, jotka kaikki pitävät ainakin osin sisällään hiilidioksidipäästöjä aiheuttavaa energiantuotantoa. Käytännössä sähkön lisätarpeita tuotetaan kylmillä keleillä Suomessa paljolti fossiilisilla polttoaineilla. Sama tilanne pätee kaukolämpöönkin. Erityisesti kylmällä säällä merkittävä osa tarvittavasta lisäkaukolämmöstä ja lisäsähköstä tuotetaan nykyisin öljyllä, maakaasulla, kivihiilellä tai jollain muulla fossiilisella polttoaineella.



Kuva 3.2. Tuntitehot tammikuun 7. päivänä 2016 jolloin tuntiteho oli sen vuoden korkein.⁹⁰

MW / vko



Kuva 3.3. Sähköntuotanto viikoittain vuonna 2016⁹¹

⁹⁰ Energiategollisuus 2016.

⁹¹ Energiategollisuus 2017.

Kesän ja talven välinen suhteellinen kulutusero sähköverkosta ostetun sähköenergian kulutuksessa saattaa olla jopa kasvussa ⁹². Nykyisin energiajärjestelmässä talven kulutushuipussa turvaudutaan sähkön tuontiin ja fossiilisen energian käyttöön merkittävässä määrin.

Yksi kysymys ohjausjärjestelmän kannalta suhteessa pyrkimyksiin vähähiilisyydestä onkin, että jos pyritään resurssitehokkaaseen ja vähähiiliseen kokonaisuuteen, miten valtio ja kaupungit voisivat nykyistä paremmin ohjata energiajärjestelmää kohti vähähiilistä toimintatapaa myös talviaikaan. Sama kysymys linkittyy osittain myös rakennetun ympäristön infrastruktuurin rakentamiseen, koska infrastruktuuri mitoitetaan ennakoitujen huipputehotarpeiden perusteella – puhutaan sitten vaikkapa sähköverkosta, kaukolämpöverkosta tai vaikka liikennejärjestelmän välityskapasiteetista. Jos huipputehoja saataisiin pysyvästi leikattua, voisi infrastruktuuri olla kokonaisuudessaan mahdollista mitoittaa alemmalle tasolle, jolloin resurssien käyttökin voisi olla tehokkaampaa. Käytännössä asia voi tarkoittaa sitä, että myös energiajärjestelmän jonkinlainen tehosuunnittelu voisi olla syvemmin integroitunut osaksi muutakin kaupunkisuunnittelua.

Huipputehojen leikkaamisen ohjaukseen on monia sellaisia ohjauskeinomahdollisuuksia, joita Suomessa ei toistaiseksi ole käytössä. Yksi niistä on se, että rakennetun ympäristön energiaohjauksessa annettaisiin enemmän painoarvoa tehohuipuille tai ylipäättään talviaikaiselle energiankulutukselle vaikkapa rakentamismääräysten kautta tai esimerkiksi verotuksen keinoin. Nykyinen energiaverotus on energiamääräpohjaista, eli kilowattituntia kohti saman suuruista ympäri vuoden. Jos erityisesti talviajan energiankulutusta haluttaisiin vähentää, tällöin kaukolämmön energiaverotus kuten myös esimerkiksi sähkönkin sähköverotus voisi olla vähähiilisyyden edistämistavoitteen kannalta perusteltua toteuttaa joko vuodenajasta riippuvalla prosentilla tai jollain tavalla riippuvaisena energian kulloisestakin hinnasta. Silloin käytetyn energian hintaero kuluttajan kannalta kasvaisi nykyistä suuremmaksi talven ja kesän välillä, ja voisi muodostaa enemmän taloudellista kannustetta energiankulutuksen leikkaamiseen erityisesti tehohuipussa.

⁹² Ks. aiheesta esim. Järventausta et al. 2015 tai Sorri et al. 2016.

4. YHTEENVETO

Resurssitehokkuus ja vähähiilisyydet kytkeytyvät toisiinsa monin tavoin. Tehokkuus voidaan tulkita tuotosten suhteena panoksiin, jolloin tehokkuutta voidaan parantamalla tuotosta tai vähentämällä panosta tai tekemällä molempia. Hiilen ja kasvihuonekaasupäästöjen suhteen resurssitehokas toiminta tarkoittaa käytännössä sitä, että tuotos pyritään tuottamaan matalammilla päästöihin liittyvillä panoksilla. Kun yhteiskunnassa on asetettu tavoitteeksi tiettyjen hiilidioksidipäästötasorajojen alittaminen tiettyihin aikarajoihin mennessä, eräänlaista resurssitehokkuutta lienee myös se, että tavoitteet pyritään saavuttamaan vaikuttavin ja tarvittaviin panoksiin nähden tehokkain keinoin.

Resurssitehokkuuden kokonaisuudessa, joka esitellään WHOLE-hankkeen loppuraportissa, olisi tämän katsauksen perusteella syytä pyrkiä huomioimaan ainakin (1) yleinen pyrkimys luonnonresurssien kulutuksen tai ainakin siihen liittyvän kasvun vähentämiseen, (2) pyrkimykset vaikuttaa kulutuksen kohdistumiseen kestävämmiin, että kulutuksen kohde olisi yhä useammin kiertotaloudellinen tai ainakin hiili-intensiteetiltään alempi, sekä (3) pyrkimykset parantaa tuotosta, joka resurssien käytöllä saadaan, jolloin yleinen resurssitehokkuus (tuotos/panos) myöskin parane.

Kokonaisuusmalli on kuitenkin paljon laajempi näkökulma kuin vain hiilikysymys, sillä siihen liittyvät myös vahvemmin monet aineettomamminkin resurssit. Tässä katsauksessa on huomion keskiössä ollut vähähiilisyydet, joka on toki vain yksi yhdyskuntarakenteeseen liittyvä tavoite. Maankäyttö- ja rakennuslaissa alueiden käytön suunnittelun tavoitteiksi on asetettu edistää myös esimerkiksi turvallisuutta, terveellisyttä, viihtyisyyttä, sosiaalista toimivuutta, eri väestöryhmien tarpeiden huomiointia, taloudellisuutta, riittäviä edellytyksiä asuntotuotannolle, rakennetun ympäristön kauneutta ja kulttuuriarvoja, ympäristönsuojelua, luonnonvarojen säästeliästä käyttöä, elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä, palvelujen saatavuutta, liikenteen tarkoituksen mukaisuutta sekä joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimintaedellytyksiä⁹³.

Kokonaisvaltaisen resurssitehokkuuden edistämiseksi on kyse kokonaisvaltaisista ratkaisuista, joissa huomioidaan lopulta hyvin monia osin keskenään jännitteisiäkin tavoitteita samaan aikaan. Tavallaan vähähiilisyydet voidaankin nähdä myös eräänlaisena lainsäädännön ja kansainvälisten sopimusten tuottamana reunaehtona, joka resurssitehokkaasti toimittaessa on huomioitava, jolloin kyse on lähinnä siitä, miten resurssitehokkaasti toimitaan kyseisen reunaehdon kanssa.

⁹³ Maankäyttö- ja rakennuslaki, 5 §

LÄHTEET

Aamaas, B.; Borken-Kleefeld, J. & Peters, G. P. 2013. The climate impact of travel behavior: A German case study with illustrative mitigation options. *Environmental Science & Policy*. Vol. 33. 273-282.

de Boeck, L.; Verbeke, S.; Audenaert, A. & De Mesmaeker, L. 2015. Improving the energy performance of residential buildings: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 52. 960-975.

Cajander, R. Päästökauppa tehokkaammaksi. *Ympäristö-lehti* 5/2016. Luettavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistolehti/2016/Paastokauppa_tehokkaammaksi%2840718%29

Creutzig, F.; Jochem, P.; Edelenbosch, O. Y.; Mattauch, L.; van Vuuren, D. P., McCollum, D. & Minx, J. 2015. Transport: A roadblock to climate change mitigation? *Science*. Vol. 350. No. 6263. 911-912.

Energiategollisuus 2016. Energiavuosi 2016 – sähkö. Materiaalipankki. Luettavissa: http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2016_-_sahko.html#material-view

Energiategollisuus 2017. Materiaalipankki.

Euroopan komissio. 2011. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. Bryssel 8.3.2011. Luettavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0112&from=EN>

Euroopan parlamentti ja neuvosto. Luonnos Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta, luettavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0761&from=EN>

Evans, A. & Schäfer, A. 2013. The rebound effect in the aviation sector. *Energy Economics*. Vol. 36, 158-165.

Galvin, R. 2016. Rebound effects from speed and acceleration in electric and internal combustion engine cars: An empirical and conceptual investigation. *Applied Energy*. Vol. 172, 207-216.

Giles-Corti, B.; Vernez-Moudon, A.; Reis, R.; Turrell, G.; Dannenberg, A. L.; Badland, H.; Foster, S.; Lowe, M.; Sallis, J. F.; Stevenson, M. & Owen, N. 2016. City planning and population health: a global challenge. Vol. 388. No. 10062, 2912-2924.

Gillingham, K; Kotchen, M. J.; Raposen, D. S. & Wagner, G. 2013. Energy policy: The rebound effect is overplayed. Nature 493. 475-476.

Große, J., Fertner, C., & Groth, N. B. 2016. Urban structure, energy and planning: findings from three cities in Sweden, Finland and Estonia. Urban Planning, Vol. 1, 24-40

Gudipudi, R.; Flushnik, T.; Ros, A. G. C.; Walther, C. & Kropp, J. P. 2016. City density and CO2 efficiency. Energy Policy. Vol. 91. 352-361.

Gustafsson, M.; Rönnelid, M.; Trygg, L. & Karlsson 2016. CO2 emission evaluation of energy conserving measures in buildings connected to a district heating system – Case study of a multi-dwelling building in Sweden. Energy. Vol. 111. 341-350.

Güneralp, B.; Zhou, Y; Ürge-Vorsatz, D.; Gupta, M.; Yu, S.; Patel, P. L.; Fragkias, M.; Li, X. & Seto, K. C.. 2017. Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050. PNAS. Julkaistu sähköisenä ennen printtiä 9.1.2017.

Helsingin kaupunki. 2017. Säästä rahaa ja ympäristöä vähäpäästöisellä autolla –site. Luettavissa: <https://www.hel.fi/static/ymk/esitteet/vahapaastoiset.pdf>

Iikkanen, P. 2013. Rautatieliikenteen kustannusmallit. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2013.

Ilmastolaki 609/2015

Jokisalo, E. 2017. Millä palvelurakennukset kannattaa lämmittää? 26.1.2017. Power Point –esitys. Luettavissa: http://www.tut.fi/cs/groups/public_news/@1102/@web/@p/documents/liit/x193101.pdf

Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., Supponen, A., Heljo, J., Sorri, J., Harsia, P., Honkiniemi, M., Kallioharju, K., Piikkilä, V., Luoma, J., Partanen, J., Honkapuro, S., Valtonen, P., Tuunanen, J. & Belonogova, N. 2015. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. 360 p.

Kammen, D. M. & Sunter, D. A. 2016. City-integrated renewable energy for urban sustainability. Science. Vol 352. No. 6288. 922-928.

Kurvinen & Sorri 2016. Bus Transportation Accessibility - Does It Impact Housing Values? Proceedings of the CIB World Building Congress 2016: Understanding impacts and functioning of different solutions. Nenonen, S. & Junnonen, J-M. (Toim.). Tampere: Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering, Vol. IV, p. 321-331.

Kymenvaara, S.; Rontu, J. & Ekroos, A. 2016. Liikennettä koskeva sääntely ilmastomuutoksen hillitsemiseksi – Oikeudellinen tarkastelu EU:ssa, Suomessa, Ruotsissa ja Ranskassa käytössä olevasta lainsäädännöstä.

Lehtilä, A.; Koljonen, T.; Airaksinen, M.; Tuominen, P.; Järvi, T.; Laurikko, J.; Similä, L. & Grandell, L. 2014. Low Carbon Finland 2050 –platform: Energiajärjestelmien kehityspotut kohti vähähiilistä yhteiskuntaa. Luettavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T165.pdf>

Lehto, K.; Karppinen, A.; Oulasvirta, L. & Saarijärvi, H. Merenkulun tuet – arvio henkilökuljetuksiin kohdistuvista valtiontuista. Tampereen yliopisto. Johtamiskorkeakoulu. Luettavissa: <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/100706/978-952-03-0400-3.pdf?sequence=1>

Liddle, B. 2014. Impact of population, age structure, and urbanization on carbon emissions/energy consumption: evidence from macro-level, cross-country analyses. Population and Environment. Vol. 35. No. 3. 286-304.

Liikenne- ja viestintäministeriön tiedote 6.10.2016. Kansainvälisen lentoliikenteen päästöjen hyvitysjärjestelmästä ratkaisu.

Lindelöw, D.; Svensson, Å.; Brundell-Freij, K. & Hiselius, L. 2017. Satisfaction or compensation? The interaction between walking preferences and neighbourhood design. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Vol. 50. 520-532.

Lindroos & Ekholm. 2016. Taakanjakosektorin päästökehitys ja päästövähennystoimet vuoteen 2030. VTT Technology 245. Luettavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T245.pdf>

Mahapatra, K. 2015. Energy use and CO2 emission of new residential buildings built under specific requirements – The case of Växjö municipality, Sweden. Applied Energy. Vol. 152. 31-38.

Mattinen, M.; Heljo, J. & Savolahti, M. 2016. Rakennusten energiankulutuksen perusskenaario Suomessa 2015-2050. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2016.

Mikkola, J. 2017. Modeling and optimization of urban energy systems for large-scale integration of variable renewable energy generation. Aalto University Dissertations 16/2017.

- Minx, J.; Baiocchi, G.; Wiedmann, T.; Barrett, J.; Creutzig, F.; Feng, K.; Föster, M.; Pichler, P.-P., Weisz, H. & Hubacek, K. 2013. Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK. *Environmental Research Letters*. Vol. 8. No. 3. 10 s.
- Mohammad, S. I.; Graham, D. J.; Melo, P. C & Anderson, R. J. 2013. A Meta-Analysis of the Impact of Rail Projects on Land and Property Values. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 50, 158–170.
- Moshiri, S. & Aliyev, K. 2017. Rebound effect of efficiency improvement in passenger cars on gasoline consumption in Canada. *Ecological Economics*. Vol. 131, 330-341.
- Nakamura, K. & Hayashi, Y. 2013. Strategies and instruments for low-carbon urban transport: An international review on trends and effects. *Transport Policy*. Vol. 29. 264-274.
- Norden. 2015. Nordic countries call for increased focus on transport emissions in follow-up to COP21 . Luettavissa: <http://www.norden.org/en/news-and-events/news/nordic-countries-call-for-increased-focus-on-transport-emissions-in-follow-up-to-cop21>
- Oja, L.; Vaahtera, A.; Vehviläinen, I., Ahvenharju, S. & Hakala, L. 2013. Selvitys energiaköyhyydestä: Kotitalouksien energiakustannukset. YMr21/2013.
- Ottelin, J.; Heinonen, J. & Junnila, S. 2014. Greenhouse gas emissions from flying can offset the gain from reduced driving in dense urban areas. *Journal of Transport Geography*. Vol. 41. 1-9.
- Palma, A. & Lindsey, R. 2011. Traffic congestion pricing methodologies and technologies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Vol. 19, No. 6. 1377-1399.
- Reichert, A.; Holz-Rau, C. 2015. Mode use in long-distance travel. *Journal of Transport and Land Use*. Vol. 8. No. 2. 87-105.
- Reichert, A.; Holz-Rau, C. & Schneiner, J. 2016. GHG emissions in daily travel and long-distance travel in Germany – Social and spatial correlates. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 49. 25-43.
- Sider, T. 2013. Land-use and socio-economics as determinants of traffic emissions and individual exposure to air pollution. *Journal of Transport Geography*. Vol. 33. 230-239.
- Silva, C.; Reis, J.P. & Pinho, P. 2014. How Urban Structure Constrains Sustainable Mobility Choices: Comparison of Copenhagen and Oporto. *Environ. Plan. B Plan. Des.* 41, 211–228
- Scott, D., Hall, C. M. & Gössling, S. 2016. A report on the Paris Climate Change Agreement and its implications for tourism: why we will always have Paris. *Journal of Sustainable Tourism*. Vol. 24. No. 7. 933-948.

Sorrell, S.; Diminitropoulos, J. & Sommerville, M. 2009. Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. Energy Policy. Vol. 37. No 4.

Sorri, J., Heljo, J., Järventausta, P., Honkapuro, S. & Harsia, P. 2016. Building Codes and Demand Response of Energy Use. Proceedings of the CIB World Building Congress 2016: Volume IV: Understanding Impacts and Functioning of Different Solutions. Nenonen, S. & Junnonen, J-M. (eds.). Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering, Vol. 4, p. 8-21 14 p.

Sulamaa, P. & Forsström, J. 2015. Selvitys päästökaupan markkinavakausvarannon vaikutuksista sähkön tukkuhintaan. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 9/2015.

Tampereen kaupunki. 2014. Maapolitiikan linjaukset 2014-2017. Luettavissa: <http://www.tampere.fi/liitteet/m/zwq9DaZdE/maapolitiikanlinjaukset20142017.pdf>

Tervonen, J. 2015. Katsaus liikenteen hinnoitteluun. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 31/2015.

Tervonen, J. & Metsäranta, H. 2012. Liikennejärjestelmän tuet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 6/2012.

Tilastokeskus. Asuinkunnat ja asuinolot 2015. Luettavissa: http://tilastokeskus.fi/til/asas/2015/01/asas_2015_01_2016-10-13_kat_002_fi.html. Luettu viimeksi 14.6.2017.

Tilastokeskus. 2016. Ajoneuvokanta kasvoi vuonna 2015. 23.3.2016. Luettavissa: http://tilastokeskus.fi/til/mkan/2015/mkan_2015_2016-03-23_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2016. Ilmapäästöt toimialoittain 2014. 22.9.2016. Luettavissa: http://tilastokeskus.fi/til/tilma/2014/tilma_2014_2016-09-22_tie_001_fi.html Luettu viimeksi 21.1.2017.

Tilastokeskus. 2017. Kasvihuonepäästöt Suomessa. Vuoden 2015 ennakkotiedot. Saatavissa: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/> Luettu viimeksi 21.1.2017.

Tilastokeskus. 2017. Syntyneiden määrän väheneminen entistä jyrkempää. 11.4.2017. Luettavissa: http://www.stat.fi/til/synt/2016/synt_2016_2017-04-11_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2015. Energian kokonaiskulutus laski vuonna 2014. Luettavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2014/ehk_2014_2015-12-14_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2015b. Asunto-osakeyhtiöiden talous. Luettavissa: http://www.stat.fi/til/asyta/2015/asyta_2015_2016-09-12_tau_007_fi.html

Tilastokeskus 2016. Asuntokunnat koon mukaan ja asuntokuntien keskipöytä 1960–2015

Tilastokeskus 2016. Yksinasuvien määrä kasvoi eniten vanhemmissa ikäryhmissä 2015.

Trafi. 2017. Ajoneuvokantatilastot. Luettavissa: https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokantatilastot_ajoneuvolajeittain

Trinomics. 2016. Selecting Indicators to Measure Energy Poverty. Final Report. Luettavissa: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Selecting%20Indicators%20to%20Measure%20Energy%20Poverty.pdf>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016a. Energiatehokkuus julkisissa hankinnoissa. Työ- ja elinkeinoministeriön ohjeet.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2016. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta Luettavissa: <http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle. 1.2.2017 (päivitetty 2.2.2017). Luettavissa: http://tem.fi/documents/1410877/3570111/Energia-+ja+ilmastostrategian+TAUSTARAPORTTI_1.2.+2017.pdf/d745fe78-02ad-49ab-8fb7-7251107981f7

Vihola, J. & Heljo, J. 2012. Lämmitystapojen kehitys 2000-2012. Aineistoselvitys. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennustuotanto ja –talous. Raportti 10.

Vihola, J. & Kurvinen, A. 2016. Municipal economics of regional development – infill versus greenfield development. RE-CITY. Future City - Combining Disciplines. Rajaniemi, J. (ed.). Tampere: Tampere University of Technology. School of Architecture, p. 59-82 24 p. (DATUTOP; Vol. 34)

de Wilde. 2014. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. Automation in Construction. Vol. 41. 40-49.

WMO 2016. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2016 S. 9, Luettavissa: http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414

Ympäristöministeriö. 2016. Muistio / Luonnos 7.10.2016. Valtioneuvoston asetus käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista.

LIITE 1: PILOTTIESIMERKKI RESURSSITEHOKKUUSINDEKSISTÄ

Esimerkissä on katsottu, miten Tampereen rakennuskanta tällä hetkellä sijoittuu ja on historiassa sijoittunut Winbus-aineiston perusteella senhetkisille bussipysäkeille luotujen 400 metrin tilamoduulien suhteen. M_x -indeksin esimerkkitapauksena tarkastellaan tilaresurssitehokkuutta, jossa M_{Ti} -indeksin arvo on laskettu moduulien sisäpuolelle sijoittuvien kerrosneliöiden ja kunkin luokittelutyyppin kokonaiskerrosneliöiden perusteella. Tarkastelu on rajattu kantakaupungin alueelle. Yhteenvetona kaupunkirakenne näyttäisi olevan siis kehittynyt bussipysäkkiverkoston sisälle ja tältä osin indeksin mukaan resurssitehokkaampaan suuntaan. Tulokinnassa on kuitenkin huomioitava Winbus-aineiston rajoitteet: aineisto lähtee liikkeelle tällä hetkellä käytössä olevasta pysäkkiverkostosta ja ilmoittaa kyseisten pysäkkien rakennusajankohdat, muttei tunnista, mikäli rakennusajankohtaa ennen vieressä on ollut vastaava pysäkki. Seuraavissa taulukoissa ja kuvissa on havainnollistettu alustavia versioita siitä, minkä tyyppisiä tuloksia tämän tapainen tarkastelutapa saattaisi tuottaa. Tarkastelutavan visualisointiominaisuuksia on mahdollista kehittää sen mukaan, mitä kaikkea tarkasteluissa halutaan huomioida.

Taulukko C. Mx-indeksin laskelmia vuosille 2005-2016.

Kaikki rakennukset				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	11 720 408	2 971 371	14 691 779	0,798
2007	12 342 505	2 765 539	15 108 044	0,817
2010	13 082 823	2 623 606	15 706 429	0,833
2012	14 084 015	2 095 658	16 179 673	0,870
2014	16 098 391	2 503 546	16 601 937	0,970
2016	16 500 861	434 707	16 935 568	0,974

Asuminen				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	7 866 283	1 258 717	9 125 000	0,862
2007	8 247 245	1 183 053	9 430 298	0,875
2010	8 647 702	1 109 199	9 756 901	0,886
2012	9 174 350	894 211	10 068 561	0,911
2014	10 043 220	280 247	10 323 467	0,973
2016	10 361 951	215 668	10 577 619	0,980

Kauppa				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	569 591	339 644	909 235	0,626
2007	662 665	277 424	940 089	0,705
2010	753 331	282 677	1 036 008	0,727
2012	904 059	157 034	1 061 093	0,852
2014	1 066 680	11 827	1 078 507	0,989
2016	1 080 228	11 784	1 092 012	0,989

Asemat				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	10 759	0	10 759	1,000
2007	10 759	0	10 759	1,000
2010	10 759	0	10 759	1,000
2012	10 759	0	10 759	1,000
2014	10 759	0	10 759	1,000
2016	10 759	0	10 759	1,000

SOTE				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	220 119	241 896	462 015	0,476
2007	223 312	238 703	462 015	0,483
2010	225 433	238 703	464 136	0,486
2012	241 777	238 913	480 690	0,503
2014	496 364	12 663	509 027	0,975
2016	500 315	12 663	512 978	0,975

Kirkolliset rakennukset				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	41 179	5 269	46 448	0,887
2007	41 179	5 269	46 448	0,887
2010	44 049	4 315	48 364	0,911
2012	44 049	4 315	48 364	0,911
2014	46 202	2 162	48 364	0,955
2016	48 364	0	48 364	1,000

Opetus ja tutkimus				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	580 507	151 552	732 059	0,793
2007	610 548	150 225	760 773	0,803
2010	633 348	145 860	779 208	0,813
2012	711 299	74 532	785 831	0,905
2014	813 643	1 313	814 956	0,998
2016	833 766	1 313	835 079	0,998

Pelastustoimen rakennukset				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	4 573	0	4 573	1,000
2007	4 573	0	4 573	1,000
2010	4 573	0	4 573	1,000
2012	4 573	0	4 573	1,000
2014	4 573	0	4 573	1,000
2016	4 573	0	4 573	1,000

Majoitus				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	237 355	7 868	245 223	0,968
2007	242 212	7 468	249 680	0,970
2010	246 131	9 998	256 129	0,961
2012	283 999	5 172	289 171	0,982
2014	293 894	2 530	296 424	0,991
2016	304 207	2 530	306 737	0,992

Ravintolat				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	15 023	2 225	17 248	0,871
2007	15 129	2 119	17 248	0,877
2010	15 159	2 119	17 278	0,877
2012	15 159	2 119	17 278	0,877
2014	16 484	1 004	17 488	0,943
2016	16 531	957	17 488	0,945

Toimistot				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	719 778	195 658	915 436	0,786
2007	724 127	191 762	915 889	0,791
2010	805 156	181 651	986 807	0,816
2012	879 612	126 999	1 006 611	0,874
2014	1 000 651	20 051	1 020 702	0,980
2016	1 000 734	19 968	1 020 702	0,980

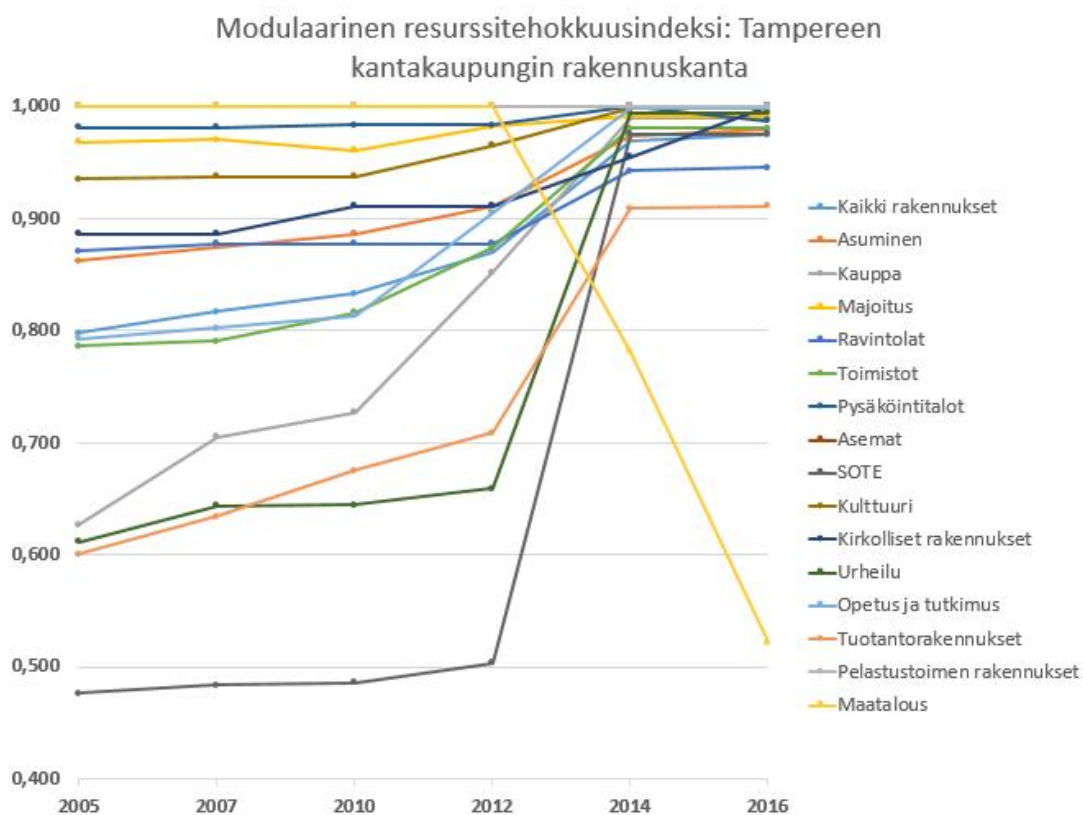
Pysäköintialot				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	88 345	1 667	90 012	0,981
2007	88 390	1 667	90 057	0,981
2010	97 533	1 667	99 200	0,983
2012	97 533	1 667	99 200	0,983
2014	141 241	0	141 241	1,000
2016	143 208	1 857	145 065	0,987

Kulttuuri				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	115 901	8 061	123 962	0,935
2007	116 598	7 821	124 419	0,937
2010	116 598	7 821	124 419	0,937
2012	120 098	4 321	124 419	0,965
2014	124 289	190	124 479	0,998
2016	124 479	0	124 479	1,000

Urheilu				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	106 122	67 518	173 640	0,611
2007	113 086	62 671	175 757	0,643
2010	113 294	62 463	175 757	0,645
2012	120 681	62 367	183 048	0,659
2014	184 337	1 067	185 404	0,994
2016	188 307	1 067	189 374	0,994

Tuotantorakennukset				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	872 505	579 807	1 452 312	0,601
2007	936 870	540 845	1 477 715	0,634
2010	1 023 932	492 948	1 516 880	0,675
2012	1 100 999	452 419	1 553 418	0,709
2014	1 426 111	142 376	1 568 487	0,909
2016	1 436 503	140 229	1 576 732	0,911

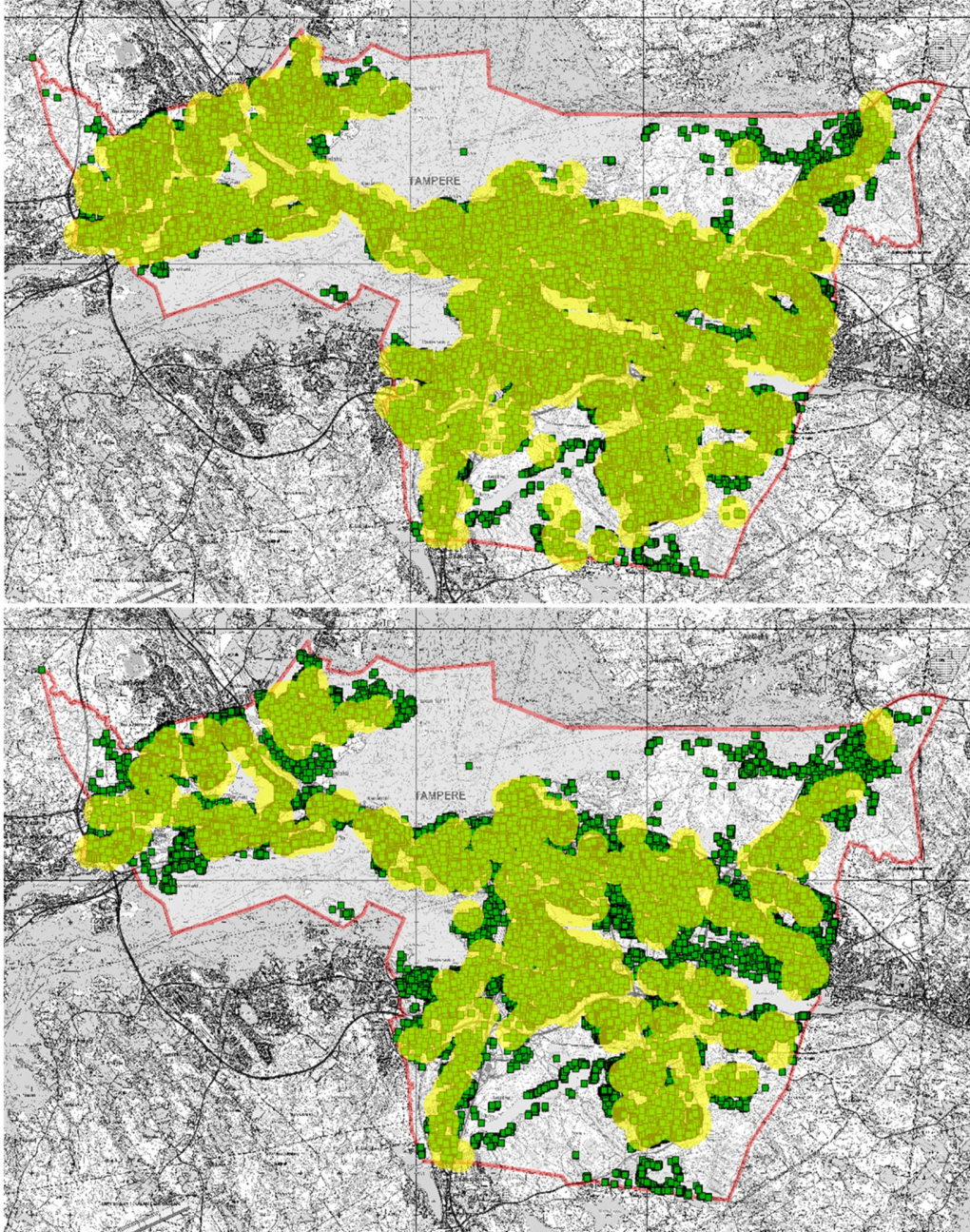
Maatalous				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	4 229	0	4 229	1,000
2007	4 229	0	4 229	1,000
2010	4 229	0	4 229	1,000
2012	4 229	0	4 229	1,000
2014	4 766	1 334	6 100	0,781
2016	4 766	4 368	9 134	0,522



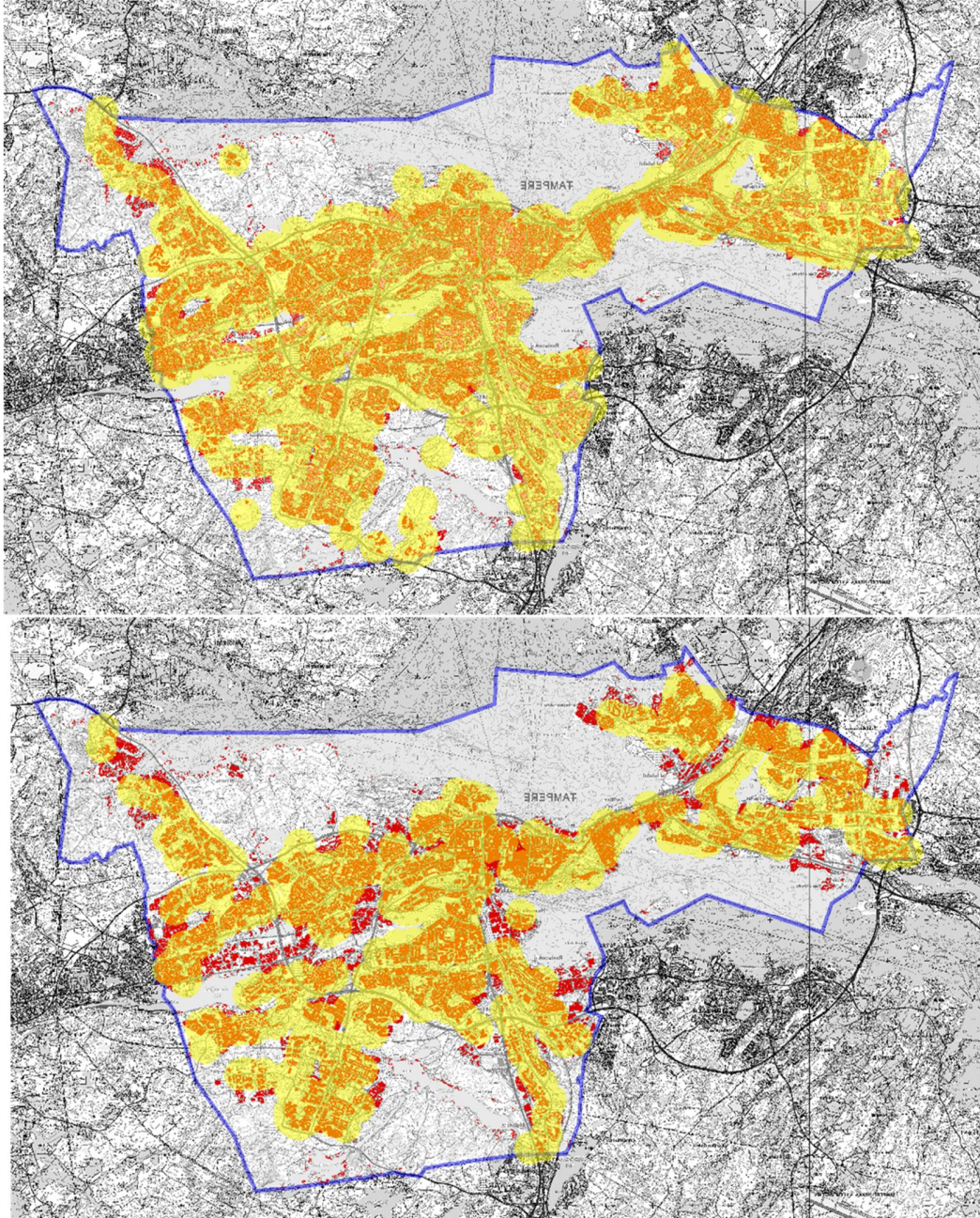
Kuva C. Edellisen taulukon tietoja visualisoituna. Ajanjaksolla bussiliikennettä on Tampereella kehitetty ja indeksiarvot ovat pääasiassa kohonneet. Maatalouskäyrän heilahdus saattaa johtua jostakin tilastointitavassa tapahtuneesta muutoksesta.

Taulukko D. Väestö suhteessa bussimoduleihin Tampereen tapauksessa

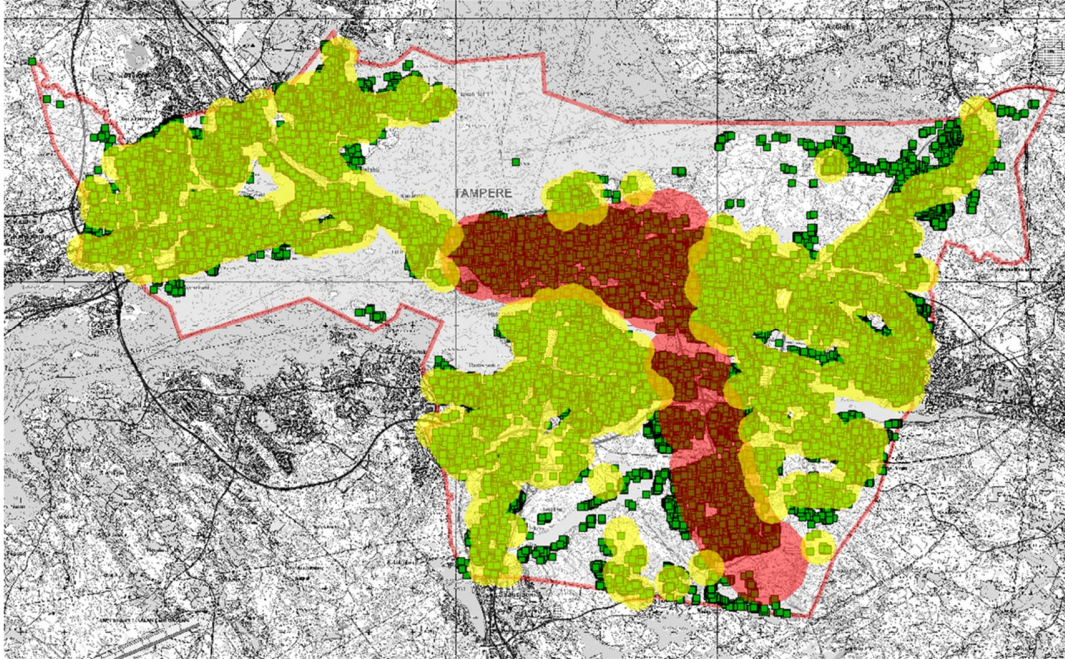
Väestö ja bussimoduulit				
Vuosi	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
2005	169 143	27 896	197 039	0,858
2007	176 533	25 762	202 295	0,873
2010	182 231	23 494	205 725	0,886
2012	191 044	18 946	209 990	0,910
2014	209 283	6 215	215 498	0,971
2015	212 432	5 105	217 537	0,977



Kuva D. Tampere vuosina 2005 (yläpuolella) ja 2015 (alapuolella) resurssitehokkuusindeksin mukaan kuvattuna. Tässä tarkastelussa on analysoitu sitä, miten Tampereen rakennuskanta tällä hetkellä sijoittuu ja on historiassa sijoittunut Winbus-aineiston perusteella senhetkisille bussipysäkeille luotujen 400 metrin tilamoduulien suhteen.



Kuva E. Tampere vuosina 2005 (yläpuolella) ja 2015 (alapuolella) resurssitehokkuusindeksin mukaan kuvattuna



Kuva F. Resurssitehokkuusindeksiä testattiin myös Tampereen tulevaan raitiotiehankeeseen.

Taulukko E. Resurssitehokkuusindeksin testisovellus Tampereen raitiotien tapauksessa, kun on verrattu nykytilaa, raitiotiesuunnitelmia ja raitiotien ja bussin yhdistelmää suhteessa nykyiseen rakennuskantaan. Investointi tulee vaikuttamaan myös siihen, miten tuleva rakennuskanta sijoittuu, ja vastaavia tarkasteluja voisi tehdä myös tulevalla rakennuskannalla, jos niihin liittyviä tietoja olisi paikkatietoina analysoitavissa.

NYKYTILANNE

	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
Kaikki rakennukset	16 500 861	434 707	16 935 568	0,974
Asuminen	10 361 951	215 668	10 577 619	0,980
Kauppa	1 080 228	11 784	1 092 012	0,989
Majoitus	304 207	2 530	306 737	0,992
Ravintolat	16 531	957	17 488	0,945
Toimistot	1 000 734	19 968	1 020 702	0,980
Asemat	10 759	0	10 759	1,000
Pysäköinti	143 208	1 857	145 065	0,987
Sote	500 315	12 663	512 978	0,975
Kulttuuri	124 479	0	124 479	1,000
Kirkolliset	48 364	0	48 364	1,000
Urheilu	188 307	1 067	189 374	0,994
Opetus	833 766	1 313	835 079	0,998
Tuotanto	1 436 503	140 229	1 576 732	0,911
Pelastus	4 573	0	4 573	1,000
Maatalous	4 766	4 368	9 134	0,522

RAITIOTIE JA BUSSIT

	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
Kaikki rakennukset	16 454 524	481 044	16 935 568	0,972
Asuminen	10 307 047	270 572	10 577 619	0,974
Kauppa	1 080 185	11 827	1 092 012	0,989
Majoitus	304 207	2 530	306 737	0,992
Ravintolat	16 984	504	17 488	0,971
Toimistot	1 000 734	19 968	1 020 702	0,980
Asemat	10 759	0	10 759	1,000
Pysäköinti	143 208	1 857	145 065	0,987
Sote	507 085	5 893	512 978	0,989
Kulttuuri	124 479	0	124 479	1,000
Kirkolliset	48 364	0	48 364	1,000
Urheilu	188 592	782	189 374	0,996
Opetus	835 079	0	835 079	1,000
Tuotanto	1 436 503	140 229	1 576 732	0,911
Pelastus	4 573	0	4 573	1,000
Maatalous	4 766	4 368	9 134	0,522

RAITIOTIE YKSINÄÄN

	Vyöhykkeellä	Ei vyöhykkeellä	Yhteensä	Mx-indeksi
Kaikki rakennukset	7 581 933	9 353 635	16 935 568	0,448
Asuminen	4 589 302	5 988 317	10 577 619	0,434
Kauppa	391 014	700 998	1 092 012	0,358
Majoitus	233 123	73 614	306 737	0,760
Ravintolat	8 663	8 825	17 488	0,495
Toimistot	782 419	238 283	1 020 702	0,767
Asemat	10 759	0	10 759	1,000
Pysäköinti	132 505	12 560	145 065	0,913
Sote	305 717	207 261	512 978	0,596
Kulttuuri	117 242	7 237	124 479	0,942
Kirkolliset	26 605	21 759	48 364	0,550
Urheilu	74 427	114 947	189 374	0,393
Opetus	612 126	222 953	835 079	0,733
Tuotanto	160 739	1 415 993	1 576 732	0,102
Pelastus	4 087	486	4 573	0,894
Maatalous	345	8 789	9 134	0,038

VERTAILU	Nyky	Ratikka+bussit	Ratikka
Kaikki rakennukset	0,974	0,972	0,45
Asuminen	0,980	0,974	0,43
Kauppa	0,989	0,989	0,36
Majoitus	0,992	0,992	0,76
Ravintolat	0,945	0,971	0,50
Toimistot	0,980	0,980	0,77
Asemat	1,000	1,000	1,00
Pysäköinti	0,987	0,987	0,91
Sote	0,975	0,989	0,60
Kulttuuri	1,000	1,000	0,94
Kirkolliset	1,000	1,000	0,55
Urheilu	0,994	0,996	0,39
Opetus	0,998	1,000	0,73
Tuotanto	0,911	0,911	0,10
Pelastus	1,000	1,000	0,89
Maatalous	0,522	0,522	0,04

Tampereen teknillinen yliopisto
PL 527
33101 Tampere

Tampere University of Technology
P.O.B. 527
FI-33101 Tampere, Finland

ISBN 978-952-15-4024-0
ISSN 2489-5717