

# ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET TIIVISTYVÄSSÄ KAUPUNKIRAKENTEESSA

- Katutilan tarkastelua Case Myyrmäki ja Tikkurila

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Virtanen, Jaana	Julkaisun laji Opinnäytetyö, YAMK	Valmistumisaika Syksy 2018
	Sivumäärä 52+14 sivua liitteitä	
Työn nimi <b>Ilmastonmuutoksen vaikutukset tiivistyvässä kaupunkirakenteessa</b> - Katutilan tarkastelua Case Myyrmäki ja Tikkurila		
Tutkinto Insinööri YAMK		
Tiivistelmä <p>Pääkaupunkiseudun yhteisen ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategian tavoitteena on turvata asukkaiden hyvinvointi ja kaupunkien toiminta myös muuttuvissa olosuhteissa. Sopeutumisen linjaukset on Vantaalla muotoiltu ympäristöpolitiikkaan vuosille 2012-2020. Tuleville valtuustokausille on aikataulutettu ympäristötyötä ohjaava resurssiviisauden tiekartta, johon on sisällytetty myös sopeutumiseen liittyvät tavoitteet ja toimenpiteet.</p> <p>Työssä tutkittiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia katutilaan. Tiivistyvän kaupunkirakenteen myötä katutilan rooli viihtyisänä kaupunkitilana tulee tärkeämmäksi. Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta sateiden määrä lisääntyy ja lämpötilat nousevat. Katutilan tulee tulevaisuudessa mukautua erilaisiin sääolosuhteisiin. Työssä keskityttiin hulevesien käsittelyyn, lämpösaarekeilmiöön ja katuvihreän vaikutuksiin.</p> <p>Tavoitteena oli tuottaa ohjeistus Vantaan kaupungin suunnittelijoille, miten ilmastonmuutoksen vaikutukset katutilassa huomioidaan. Tutkittavina kohteina olivat keskenään erilaiset kaupunkikeskustat Myyrmäki ja Tikkurila, jotka edustivat Vantaalle tyypillisiä keskustoja.</p>		
Asiasanat Ilmastonmuutos, Katutila, Hulevedet, Lämpösaarekeilmiö, Vihreä infra		

## Abstract

Author(s) Virtanen, Jaana	Type of publication Master's thesis	Published Autumn 2018
	Number of pages 52+14 pages of appendices	
Title of publication <b>The impacts of Climate change in a condensing urban structure</b> - Examining the street space Case Myyrmäki and Tikkurila		
Name of Degree Master in Engineering		
Abstract <p>The goal of the Metropolitan area's common climate change adaptation strategy is to safeguard the well-being of residents and urban activities, also in changing circumstances. Adjustment policies are included in Vantaa's environmental policy for 2012-2020. Vantaa will have a roadmap for the resources for guidance on environmental work for future councils, including objectives and measures for adaptation.</p> <p>In this paper the effects of climate change on the street space were studied. With the compact urban structure, the role of street space in the comfortable city space becomes more important. As a result of the change in the climate, the amount of rainfall increases and the temperatures rise. The street space will in the future have to adapt to different conditions. The thesis focuses on the treatment of stormwater, the effects of heat island phenomenon and green infrastructure.</p> <p>The aim of the thesis is to provide planning guidelines for the city's designers in Vantaa. The effect of climate change in the street area should be taken into account. The subjects to be investigated were the different urban centers Myyrmäki and Tikkurila, which represent the typical centers of Vantaa.</p>		
Keywords Climate change, Street space, Stormwater, Urban heat island (UHI), Green infrastructure		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KIRJALLISUUSKATSAUS .....	3
2.1	Ilmastonmuutos Suomessa.....	3
2.1.1	Lämpötila.....	4
2.1.2	Sadanta.....	7
2.2	Kaupungistuminen Suomessa .....	10
2.2.1	Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne, MAL 2019 -luonnos	11
3	TUTKIMUSAINEISTO.....	13
3.1	Hulevedet .....	13
3.2	Lämpösaarekeilmiö.....	17
3.2.1	Tutkimuksia Suomessa.....	18
3.3	Vihreä infra .....	19
3.3.1	Viherkorjaaminen.....	21
3.3.2	Green Street-menetelmä .....	22
3.3.3	Ekosysteemipalveluiden hyödyntäminen kestävän kaupunkisuunnittelun työkaluna -tutkimushanke .....	23
4	CASE-MYYRMÄKI JA TIKKURILA .....	26
4.1	Sääolosuhteet Vantaalla .....	27
4.2	Myyrmäki .....	29
4.2.1	Kaupunkirakenteen muutos .....	30
4.3	Tikkurila .....	32
4.3.1	Kaupunkirakenteen muutos .....	32
4.4	Ilmastonmuutoksen vaikutukset.....	34
4.4.1	Lämpötila.....	34
4.4.2	Sadanta .....	35
4.4.3	Vihreä infra .....	35
5	TULOKSET.....	36
5.1	Lämpötila.....	36
5.1.1	Lämpösaarekeilmiö.....	36
5.1.2	Rakentamisen lisäämisen vaikutus lämpötilaan .....	38
5.1.3	Yhteenveto .....	39
5.2	Sadanta .....	39
5.2.1	Yhteenveto .....	40

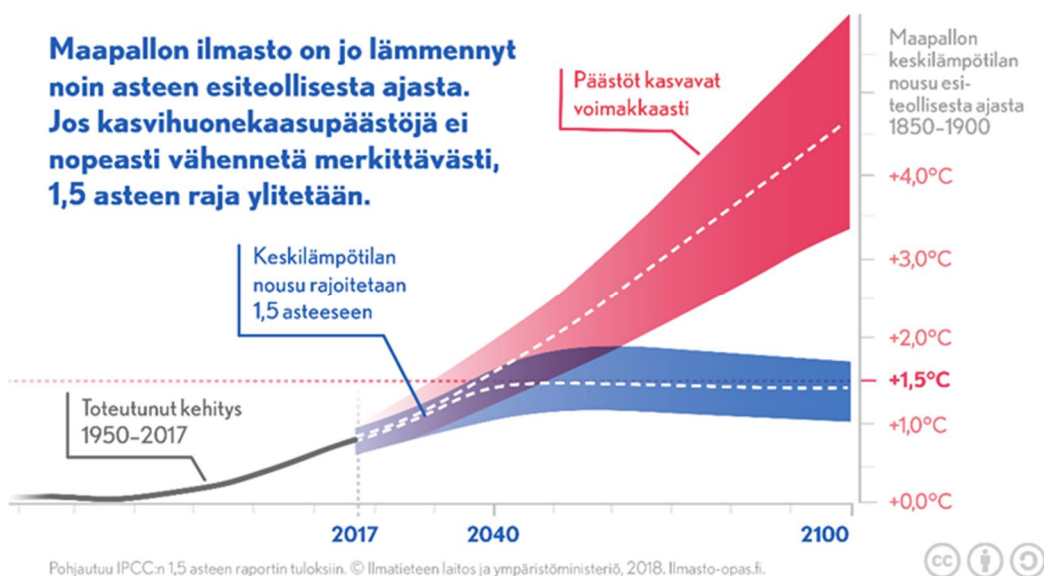
5.3	Vihreä infra .....	41
5.3.1	Myymäki .....	41
5.3.2	Tikkurila .....	42
5.3.3	Green Fact työpaja 21.5.2018.....	45
5.3.4	Haastattelu 3.10.2018.....	46
5.3.5	Yhteenveto .....	46
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	47
6.1	Yleiset johtopäätökset.....	47
6.2	Suosituksset suunnittelua varten .....	48
	LÄHTEET .....	49
	LIITTEET .....	53

## 1 JOHDANTO

Ilmastomuutos on globaali huolenaihe ja sen hillitsemiseksi tehdään töitä eri tahoilla. Lokakuussa 2018 IPCC eli hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli julkaisi Global Warming of 1.5 °C erikoisraportin lyhennelmän päätöksentekijöille. Raportissa kuvataan maapallon keskilämpötilan 1.5 asteen nousun vaikutuksia verrattuna teollistumista edeltävään aikaan sekä kuvataan lämpenemisen rajoittamisen keinoja. Lisäksi arvioidaan ilmastotavoitteiden ja YK:n kestävä kehityksen tavoitteiden yhtymäkohtia. Suomessa erikoisraportin julkaiseminen aiheutti melkoista kuhinaa mediassa ja asunto-, energia- ja ympäristöministeri Kimmo Tiilikainen kommentoi myös asiaa. (Ilmatieteenlaitos 2018.)

*Ilmatieteen viesti on hyvin selvä: aikaa ei ole hukattavaksi. Kaikkien pitää nyt tehdä ilmastotoimia enemmän, nopeammin ja laajemmin. Myös EU:n tulee päivittää oma päästövähennyssitoumuksensa vuoteen 2020 mennessä ja unionin pitkän aikavälin ilmastostrategiassa on tavoiteltava hiilineutraaliutta vuonna 2050. Suomen kansallinen tavoite on olla hiilineutraali jo vuonna 2045.*

*Kimmo Tiilikainen*



KUVIO 1. Jos kasvihuonekaasuja ei vähennetä merkittävästi, 1,5 asteen raja ylitetään. (Ilmasto-opas 2018).

Meneillään oleva ilmastomuutos vaikuttaa Suomen ja pääkaupunkiseudun olosuhteisiin. Nykyisillä maailmanlaajuisilla kasvihuonekaasujen päästöillä ilmaston lämpeneminen jatkuu edelleen ja tästä syystä tarvitaan sekä ilmastomuutoksen hillintää että muuttuviin

olosuhteisiin varautumista. Pääkaupunkiseudun yhteisen ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategian tavoitteena on turvata asukkaiden hyvinvointi ja kaupunkien toiminta myös muuttuvissa olosuhteissa. (Mäkelä et al. 2016, 6.)

Pääkaupunkiseudun ilmastonmuutokseen sopeutumisen strategia valmistui vuonna 2012. Strategia on kaupunkien, kuntayhtymien ja muiden alueellisten toimijoiden yhteinen. Se keskittyy kaupunkiympäristöön ja pääasiassa kunta- ja sektorirajat ylittäviin ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja niihin varautumiseen. (HSY 2017, 9.)

Vantaan kaupungin ilmastotyötä on vuodesta 2014 lähtien koordinoanut eri toimialojen apulaiskaupunginjohtajista ja osasta tulosaluejohtajia koottu Ilmastonmuutosjohtoryhmä. Lisäksi kaupungissa toimii poikkihallinnollinen ympäristövastaavien ryhmä. Jokainen ryhmän jäsen edistää ilmastotyötä omalla toimialallaan. (HSY 2017, 12.)

Sopeutumisen linjaukset on Vantaalla muotoiltu ympäristöpolitiikkaan vuosille 2012-2020. Vantaalla on tuleville valtuustokausille aikataulutettu ympäristötyötä ohjaava resurssiviisauden tiekartta, johon on sisällytetty myös sopeutumiseen liittyvät tavoitteet ja toimenpiteet. Tarkoituksena on sisällyttää resurssiviisauden tavoitteet myös Vantaan tulosohtauksen asiakirjoihin ja toimialakohtaisiin suunnitelmiin. Resurssiviisaus sisältää suunnitelman päästöjen hillinnästä tavoitteena hiilineutraali Vantaa vuonna 2030 (Vantaan kaupunki 2018a). Sopeutumiseen liittyvät asiat lisätään Vantaalla toimialojen valmiussuunnitelmiin sitä mukaa, kun niitä päivitetään. Sopeutuminen on myös mukana kaupungin kriisiviestintäohjeessa. (HSY 2017, 12.)

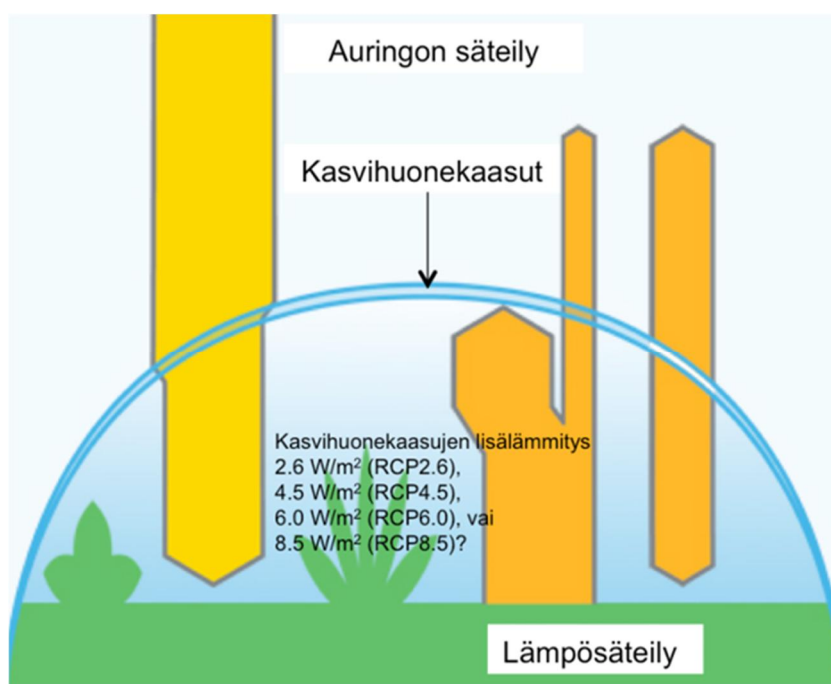
Vantaan hulevesiohjelma valmistui vuonna 2009 ja hulevesien hallinnan toimintamalli vuonna 2014. Tulva- ja hulevesien hallintaa on kaupungissa tehostettu tulvaohjeilla ja tulvariskien määrittelyllä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia katutilassa on tutkittu vain hulevesien osalta osana hulevesien hallintaa. Työssä tutkitaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia tiivistyvässä kaupunkirakenteessa ja erityisesti vaikutuksia katutilassa. Nykyisten kaupunkikeskusten tiivistäminen on kestävä kehityksen mukaista. Haasteena katutilan suunnittelussa on tulevaisuuden tarpeiden huomioiminen ilmastonmuutoksen osalta. Työssä keskitytään hulevesien käsittelyyn, lämpösaarekeilmiöön ja katuvihreän vaikutuksiin. Työn tavoitteena on tuottaa ohjeistus Vantaan kaupungin suunnittelijoille ilmastonmuutoksen huomioimiseksi suunnittelussa.

Työtä varten perustettiin ohjausryhmä, joka muodostuu Vantaan kaupungin ilmastonmuutostyössä mukana olevista asiantuntijoista. Ohjausryhmän tehtävä on varmistaa kaupungin tavoitteiden toteutuminen.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Ilmastonmuutos Suomessa

Suomen ilmastonmuutoksen arvioineissaan on Ilmatieteen laitos yhteistyökumppaneiden kanssa käyttänyt uusimpia CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Phrase 5) -malliajoja. Tutkimushankkeissa on arvioitu Suomen ilmaston muuttumista, muutosten vaikutuksia ja tarvittavia sopeutumistoimia. Keskimääräisen muutoksen lisäksi on tutkittu myös äärimmäisten sääilmiöiden muutoksen arvioimista. Ilmastonmuutoksen voimakkuutta arvioidaan tarkastelemalla useita vaihtoehtoisia kasvihuonekaasujen päästöskenaarioita. Uusimmat RCP-skenaariot eli Representative Concentration Pathways ovat RCP2.6 (hyvin vähän päästöjä), RCP4.5, RCP6.0 ja RCP8.5 (erittäin paljon päästöjä). Luvut kuvaavat maapallolle saapuvan ja täältä poistuvan säteilyenergian eron (kuvio 1) muutosta watteina neliömetrille esiteollisesta ajasta tämän vuosisadan loppuun mennessä. (Mäkelä et al. 2016, 8.)



KUVIO 2. Kaaviokuva kasvihuonekaasujen aiheuttamasta ilmastoä lämmittävästä vaikutuksesta maapallolla (Ilmasto-opas 2018).

Tuoreimpien ilmastomallien mukaan Suomen vuotuinen keskilämpötila nousee lähes kaksi kertaa niin nopeasti kuin koko maapallon keskilämpötila. Lämpeneminen on voimakainta talvella. Jos kasvihuonekaasujen päästöt kasvavat hallitsemattomasti, Keski-Suomessa saattaa vallita vuosisadan lopulla samankaltainen lämpötilailmasto kuin nykyisin

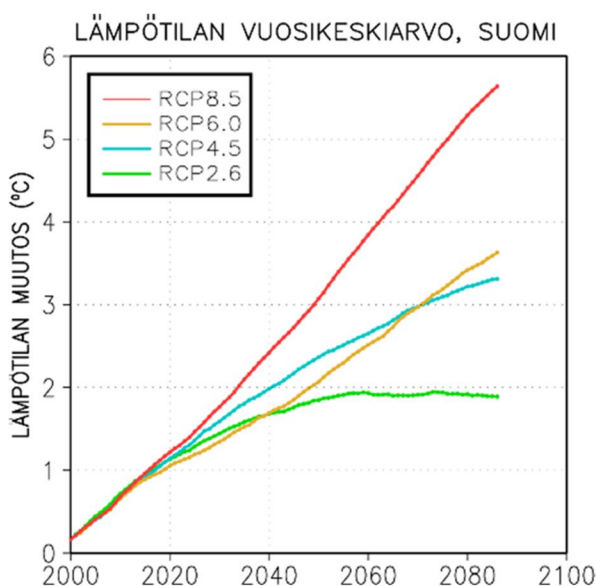
Unkarissa. Lämpötilat nousisivat tällöin 1900-luvun lopun lukemista talvella 4-10 °C ja kesällä 2-7°C. Vastaavasti päästöjä kohtuullisen tehokkaasti leikaten lämpötilanmuutos olisi talvella + 2-7°C ja kesällä +1-4°C. Tämä vastaa nykyistä Puolan ilmastoa. (Ruosteenoja 2016.)

Sademäärä todennäköisesti lisääntyy kaikkina vuodenaikoina, prosentteina ilmaistuna eniten talvella. RCP8.5-skenaariota vastaava vuotuisen sademäärän noin 20 prosentin lisäys antaisi meille vuodessa saman verran vettä kuin mitä nykyisin sataa monin paikoin Englannissa. (Ruosteenoja 2016.)

Talvet muuttuvat meillä todennäköisesti nykyistäkin pilvisemmiksi ja valottomammiksi. Synkimpien malliennusteiden mukaan maan pinnalle pääsevän auringon säteilyn määrä voisi pudota yli 20 prosenttia. Tuulen voimakkuudet sen sijaan eivät välttämättä muuttuisi paljoakaan, joskin eri mallien tulokset poikkeavat toisistaan paljon. (Ruosteenoja 2016.)

### 2.1.1 Lämpötila

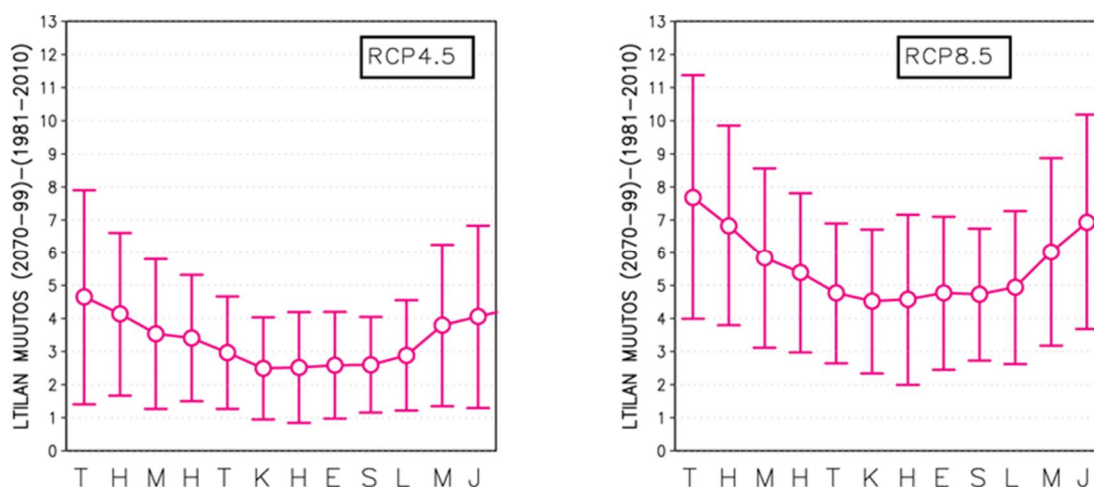
Vuoden keskilämpötila nousee eri kasvihuonekaasuskenaarioiden mukaan vuoden 2030 vaiheille suunnilleen yhtä nopeasti. Tuolloin Suomen vuotuinen keskilämpötila olisi nousut noin 1,5–2 asteella verrattuna ajanjaksoon vuosina 1981–2010 (kuvio 2.). Käyrät esittävät 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoa neljälle eri RCP-kasvihuonekaasuskenaariolle eli RCP8.5, hyvin suuret päästöt; RCP6.0, melko suuret päästöt; RCP4.5, melko pienet päästöt; RCP2.6, hyvin pienet päästöt. (Ruosteenoja 2013.)



KUVIO 3. Vuoden keskilämpötilan muutos Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskimääräisiin arvoihin (Ruosteenoja 2013, 4).

Ilmastomuutoksen myötä lämpötila kohoaa Suomessa kaikkina vuoden aikoina ja on voimakkainta talvella (kuvio 3). Lämpötila kohoaa talvella lähes kaksi kertaa niin paljon kuin kesällä. (Ruosteenoja, et al. 2016,10-15.) Pohjois-Suomessa talven keskilämpötila nousee jonkin verran nopeammin kuin maan eteläosissa (taulukko 1) (Ruosteenoja 2013,6).

Suomen talvien arvioidaan lämpenevän vuosisadan loppuun mennessä keskimäärin noin 4 astetta skenaarion RCP4.5 toteutuessa ja skenaarion RCP8.5 mukaan noin 7 astetta. Eri ilmastomallien antamien tulosten välillä on kuitenkin suuria eroja. Keskimääräinen arvio tammikuun lämpötilan nousulle on noin 8 astetta. (Ruosteenoja et al. 2016, 16-50.)



KUVIO 4. Keskilämpötilan muutos Suomessa vuoden eri kuukausina siirryttäessä vertailu ajanjaksosta 1981–2010 vuosiin 2070–2099. Käyrä esittää 28 maailmanlaajuisen ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoa ja pystyjanat muutoksen 90 % todennäköisyydsväliä. Vasemmanpuoleinen kuva edustaa RCP4.5-skenaariota (melko pienet päästöt) ja oikeanpuoleinen RCP8.5-skenaariota (hyvin suuret päästöt). Kaikki luvut ovat koko Suomen alueen keskiarvoja. (Ruosteenoja 2013,5.)

Ilmaston lämmetessä ja etenkin talven alimpien lämpötilojen kohotessa harvenevat sellaiset päivät, joina minimilämpötila jää pakkasen puolelle (Jylhä et al. 2009, 49). Kireät pakkaset vähenevät, mutta nollapistepäivät, jolloin lämpötila vaihtelee pakkasen ja suojasään välillä, yleistyvät aluksi koko maassa, pohjoisessa ja idässä myöhemminkin. Vuosisadan loppupuolella talvien lyhenemisen ja lämpenemisen vuoksi nollapistepäivien vuotuinen määrä on suurimmassa osassa maata nykyistä pienempi. (Jylhä et al. 2012,29; Jylhä et al. 2009, 51.)

Vuosisadan loppuun mennessä kesän keskilämpötilojen ennakoidaan nousevan Suomessa 3-5 asteella riippuen tarkasteltavasta skenaariosta. (kuvio 2.) (Ruosteenoja et al.2016, 13-15). Kesällä lämpenemisessä ei ilmastomallien mukaan ole suurta eroa maan eri osien välillä (taulukko 1; Ilmasto-opas 2018).

TAULUKKO 1. Suuntaa antava kuvaus lämpötiloihin liittyvistä muutoksista Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosisadan lopulle tultaessa vuodenajoittain (talvi: joului-helmikuu, kevät: maaliskuu-toukokuu, kesä: kesä-elokuu, syksy: syys-marraskuu. Ennallaan-merkintä tarkoittaa, että ilmiössä ei odoteta tapahtuvan merkittävää muutosta. (Ilmasto-opas 2018.)

Muuttuja	Alue	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Vuosi
<b>Keskilämpötila</b>	Pohjois-Suomi	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti	kohoaa	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti
	Etelä-Suomi	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti	kohoaa	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti
<b>Vuorokauden ylin lämpötila</b>	Pohjois-Suomi	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti	kohoaa	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti
	Etelä-Suomi	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti	kohoaa	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti
<b>Vuorokauden alin lämpötila</b>	Pohjois-Suomi	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti	kohoaa	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti
	Etelä-Suomi	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti	kohoaa	kohoaa huomattavasti	kohoaa huomattavasti
<b>Pakkaspäivien lukumäärä</b>	Pohjois-Suomi	lyhenee	lyhenee	lyhenee	lyhenee	lyhenee
	Etelä-Suomi	lyhenee	lyhenee huomattavasti	lyhenee	lyhenee huomattavasti	lyhenee huomattavasti
<b>Nollapistepäivien lukumäärä</b>	Pohjois-Suomi	lisääntyy	lyhenee	lyhenee	lyhenee	säilyy lähes ennallaan
	Etelä-Suomi	säilyy lähes ennallaan	lyhenee	lyhenee	lyhenee	lyhenee

Tulevaisuuden kesinä kuumat päivät yleistyvät ja kuumat jaksot pitenevät. Hellepäivien määrän arvioidaan kolmin- tai nelinkertaistuvan ennen vuosisadan loppua. Kuluvan vuosisadan lopulla hyvin kuumia päiviä, jolloin vuorokauden keskilämpötila ylittää 24 astetta, arvioidaan esiintyvän jo useammin kuin joka toinen vuosi. (Ruosteenoja 2010; Ilmatieteen laitos 2011.)

Arvioiden mukaan vuoden 2010 erittäin lämpimän heinäkuun kaltainen tai vielä lämpimämpi heinäkuu voidaan kokea vuosisadan puolivälin muuttuneessa ilmastossa jopa kerran 10–15 vuodessa. On varsin todennäköistä, että vuoteen 2050 mennessä Suomessa esiintyisi 80 prosentin todennäköisyydellä ainakin yksi vähintään yhtä lämmin heinäkuu. (Räisänen 2010; Ilmatieteen laitos 2011.)

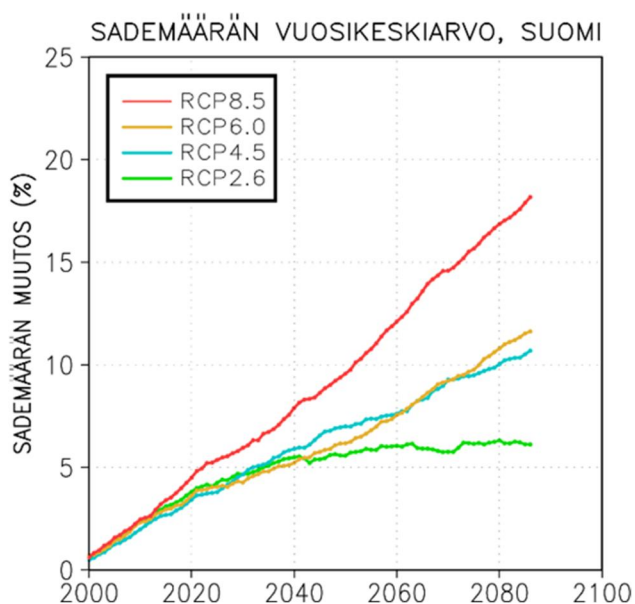
Ilmastonmuutos nostaa Suomen ja muiden pohjoisten alueiden lämpötilaa enemmän kuin maapallolla keskimäärin. (Mäkelä et al. 2016, 13). Tähän vaikuttaa pohjoisella pallonpuoliskolla olevien maa-alueiden suurempi määrä ja niiden lämpeneminen voimakkaammin kuin merien. Pohjoisen napa-alueen lumi- ja jääpeitteiden väheneminen ja ilmakehän lämpenemisen myötä lisääntynyt vesihöyrypitoisuus hillitsee auringonsäteilyn heijastumista avaruuteen. Lisäksi napa-alueen yhä pidempään sulana pysyvät meret lisäävät ilmakehän lämpöä ja kosteutta. Vaikka lämpötilat kohoavat tulevaisuudessa. (Mäkelä et al. 2016, 12-13.)

Suomen ilmastolle tyypillinen luontainen vaihtelu vuosien välillä säilyy. Myös tulevaisuudessa voi siis joskus esiintyä tavallista viileämpiä kesiä tai hyvin kylmiä talvia (Jylhä et al. 2012, 18).

### 2.1.2 Sadanta

Ilmaston lämmitessä sademäärät kasvavat Suomessa kuluvalle vuosisadalle jonkin verran. Muutos tapahtuu kuitenkin hitaasti, ja aivan lähivuosikymmeninä ilmastonmuutoksen vaikutus ei välttämättä tule kunnolla esiin, sillä sademäärät vaihtelevat luontaisesti paljon (Ilmasto-opas 2018; Ruosteenoja et al. 2012, 18). Tulevaisuuden sademääriä on arvioitu pääasiassa maailmanlaajuisten ilmastomallien avulla.

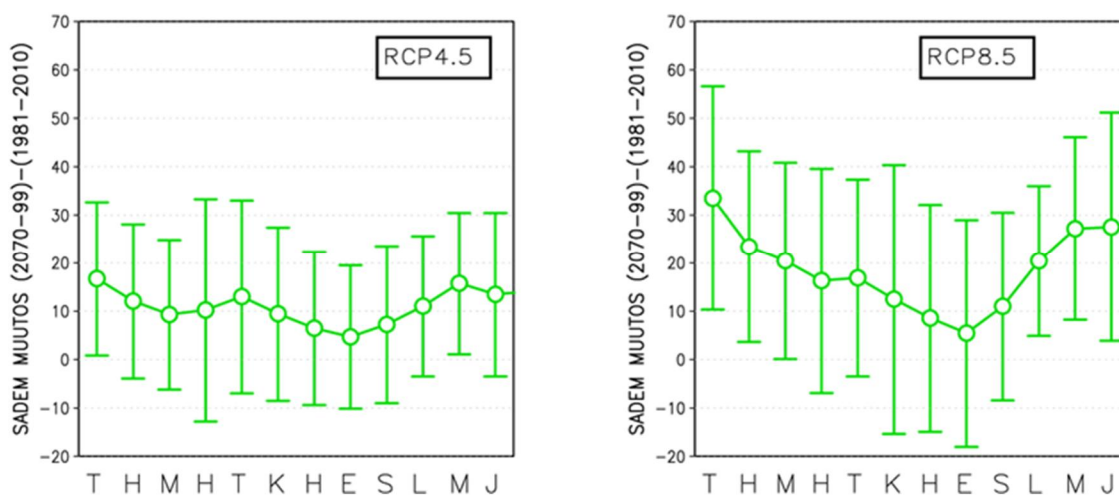
Noin vuoteen 2020 saakka sademäärät kasvavat lähes yhtä nopeasti kaikkien skenaarioiden eli kasvihuonekaasupäästöjen mahdollisten kehityskulkujen mukaan (kuvio 4.). Vuosisadan puolivälin vaiheilla vuotuinen sademäärä olisi keskimäärin noin 6–11 prosenttia suurempi kuin jaksolla 1981–2010. (Ruosteenoja, Jylhä & Kämäräinen 2016, 24-25.)



KUVIO 5. Vuotuisen sademäärän muuttuminen Suomessa vuosina 2000–2085 verrattuna jakson 1981–2010 keskiarvoon (prosentteina). Muutokset ovat 28 maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvoja, jotka on esitetty erikseen neljälle kasvihuonekaasuskenaariolle (RCP8.5: hyvin suuret päästöt, RCP6.0: melko suuret päästöt, RCP4.5: melko pienet päästöt ja RCP2.6: hyvin pienet päästöt). (Ruosteenoja 2013, 3.)

Vuosisadan jälkipuolen sadeolosuhteet riippuvat huomattavasti kasvihuonekaasujen päästöjen suuruudesta. Pienten päästöjen vaihtoehdonkin (RCP2.6-skenaario) mukaan sademäärä kasvaisi vuosisadan loppuun mennessä noin 6 prosenttia. Melko pienten (RCP 4.5) tai melko suurten päästöjen skenaariossa (RCP6.0) sademäärä kasvaisi noin 11–12 prosenttia. Päästöjen jatkuva kasvu (RCP8.5-skenaario) runsastuttaisi sateita noin 20 prosentilla. (Ruosteenoja et al. 2016, 24-28.) Tällöin Suomessa sataisi saman verran vettä kuin nykyään monin paikoin Englannissa.

Todennäköisesti sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat tulevaisuudessa kaikkina vuodenaikoina, mutta sademäärän vuosivälinen vaihtelu saattaa jossain määrin kasvaa. (Jylhä et al. 2012, 18-19). Sademäärien arvioituja muutoksia eri kuukausina on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 6. Sademäärien prosentteina ilmaistu muutos Suomessa eri kuukausina verrattessa jaksoja 1981–2010 ja 2070–2099. Käyrä esittää 28 maailmanlaajuisen ilmastomallin laskelmien keskiarvoa, pystypylväät muutokselle laskettua 90 %:n todennäköisyysväliä. Vasemmanpuoleinen kuva esittää melko pienten päästöjen RCP4.5-skenaariota, oikeanpuoleinen hyvin suurten päästöjen RCP8.5-skenaariota. Kaikki luvut ovat koko Suomen keskiarvoja. (Ruosteenoja 2013, 5.)

Vaikka sateisiin liittyvät muutokset ovat selvimpiä talvella, niin ilmastonmuutos todennäköisesti lisää sademääriä myös keväällä ja syksyllä. Sen sijaan ilmastomallien antamat tulokset sadepäivien määrän muuttumisesta vaihtelevat. Mallien mukaan on myös vielä hieman epäselvää, pitenevätkö vai lyhenevätkö sateettomat poutajaksot. Keväiset ja syksyiset rankkasateet sen sijaan voimistuvat tulevaisuudessa (Jylhä et.al. 2009, 39-40.)

TAULUKKO 2. Suuntaa antava kuvaus sateisiin liittyvistä muutoksista Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosisadan lopulle tultaessa vuodenajoinnain (talvi: joului-helmikuu, kevät: maalii-toukokuu, kesä: kesä-elokuu, syksy: syys-marraskuu. Ennallaan-merkintä tarkoittaa, että ilmiössä ei odoteta tapahtuvan merkittävää muutosta. (Ilmasto-opas 2018.)

Muuttuja	Alue	Talvi	Kevät	Kesä	Syksy	Vuosi
<b>Keskimääräinen sademäärä</b>	Pohjois-Suomi	kasvaa huomattavasti	kasvaa	kasvaa	kasvaa	kasvaa
	Etelä-Suomi	kasvaa	kasvaa	ennallaan	kasvaa	kasvaa
<b>Sadepäivien määrä</b>	Pohjois-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	ennallaan	ennallaan	ennallaan	lisääntyy
<b>Rankkasateiden voimakkuus</b>	Pohjois-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
	Etelä-Suomi	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy	lisääntyy
<b>Sateettomien poutajaksojen pituus</b>	Pohjois-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	lyhenee	lyhenee
	Etelä-Suomi	lyhenee	ennallaan	ennallaan	ennallaan	ennallaan

## 2.2 Kaupungistuminen Suomessa

Suomen kaupungistuminen alkoi Turussa 1200-luvulla, jonka jälkeen sitä on voitu tutkia ja analysoida. Kaupungistuminen oli hidasta useamman sadan vuoden aikana, kunnes 1800-luvulla alkoi tapahtua ja erityisesti 1900-luku on ollut tasaisen kehityksen aikaa. (Kaivo-oja 2018.) Vuoden 1860 Suomessa kaupunkiväestön osuus oli noin 5 prosenttia ja vuoden 2012 Suomessa noin 70 prosenttia, eli se kasvoi 152 vuodessa noin 14-kertaiseksi (Laakso & Loikkanen 2018). Suomessa selkeä kasvuvaihe ajoittuu 2.maailmansodan jälkeisiin vuosikymmeneihin. Rajan takaisen Karjalan väestö sulautettiin Suomen kaupunkeihin ja maaseudulle. 1960 ja 70-luvun Suomessa väestöpaineeseen reagoitiin rakentamalla kaupunkeja aluerakennusurakoilla. Näin on Vantaallakin syntynyt kokonaisia kaupunginosia mm. Myyrmäki.

Kaupunkiväestön kasvu ja uudet liikennevälineet ovat muuttaneet kaupunkialueiden maankäyttörakenteita, joiden muotoutumisessa sekä valtiolla että paikallis- ja aluehallin-

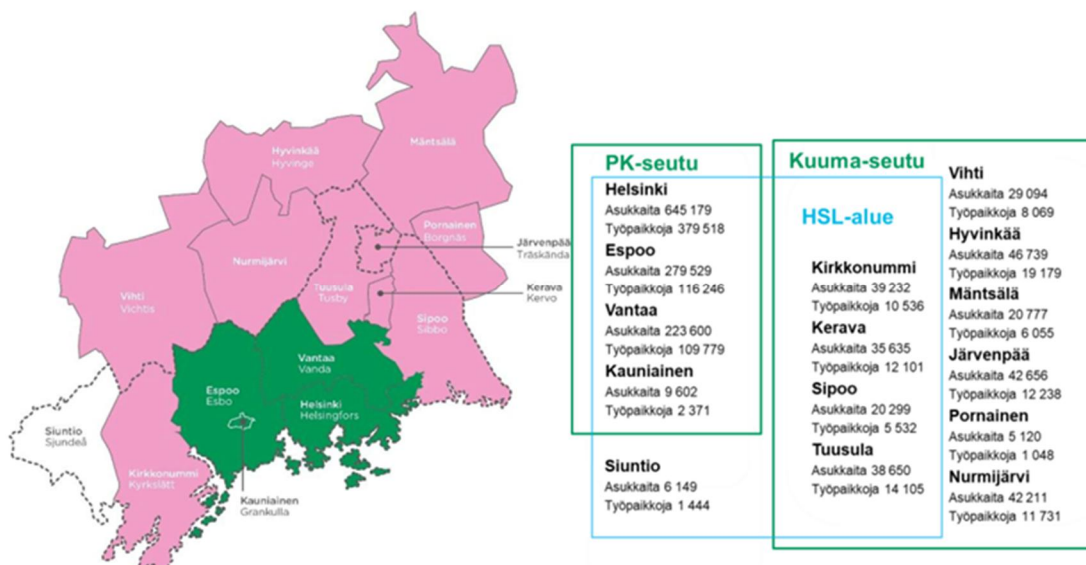
nolla on merkittävä rooli. Niiden maapolitiikan ja infrastruktuuriratkaisujen tuloksena kaupunkialueesta voi tulla rakennustehokkuudeltaan tiivis tai hajautunut, ja tämä vaikuttaa osaltaan yritysten ja kotitalouksien sijaintipäätöksiin. Suurella kaupunkialueella sekä pääkeskus että alakeskukset voivat olla tiiviitä urbaaneja alueita, joilla on tyypillisesti korkeat työpaikka- ja asukastiheydet, jotka laskevat pientalotyyppisille reunoille mentäessä. (Laakso & Loikkanen 2018.)

Viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana voimakkain väestömäärän ja työllisyyden kasvu on painottunut Helsingin seutuun ja kuuteen muuhun suureen kaupunkialueeseen. Kasvualueet ovat korkeakoulukaupunkeja, jotka ympäristökuntineen muodostavat nykyisen toiminnallisen työ- ja asuntomarkkina-alueen; ne ovat olleet vetovoimaisia sekä yritystoiminnan että kotitalouksien kannalta. Suuret kaupunkiseudut laajenivat ja hajautuivat vielä 2000-luvun alkupuolella. Kehyskunnat ja esikaupunkien pientalovaltaiset alueet houkuttelivat lapsiperheitä edullisemmilla asuntojen ja tonttien hinnoilla. 2010-luvulla kaupunkiseutujen kasvu on kääntynyt sisäänpäin ja keskuksia tiivistetään hyödyntäen olemassa olevaa infraa. (Laakso & Loikkanen 2018.)

Kaupungistuminen jatkuu, koska kotitalouksille ja yritystoiminnalle on edullista sijoittaa kaupunkialueille (Laakso & Loikkanen 2018). Tiivistyvä kaupunkikehitys -tutkimuksessa Laakso & Loikkanen esittävät suosituksia seuraaville vuosikymmenille politiikan suunnaksi kaupunkien kehityksen edistämiseksi. Heidän mukaansa suunnittelun tavoitteena tulee olla nykyistä kaupunkimaisempi ja erikokoisten keskusten verkosto. Näillä ydinalueilla tulee olla nykyistä enemmän tiivistä asumista, palveluita, ja työpaikkoja ja niiden ympärillä väljempää pientalomaista asumista. Uudisrakentamisen painopiste tulisi kohdistua parhaisiin sijanteihin eikä kaupunkialueiden reunoille. Rakenteen tiivistäminen tulisi toteuttaa rakentamalla tyhjä ja vajaasti rakennetut tontit. Heidän mielestään tiiviyys ei kuitenkaan ole itsetarkoitus, vaan rakenneominaisuus, jolla voi parantaa resurssitehokkuutta ja innovaatioiden leviämistä sekä niiden kautta ihmisten hyvinvointia. (Laakso & Loikkanen 2018.)

### 2.2.1 Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne, MAL 2019 -luonnos

Helsingin seudun kehittäminen vuosina 2019- 2050 maankäytön, asumisen ja liikenteen osalta on kuvattu MAL 2019 seudullisessa suunnitelmassa. Helsingin seudun 14 kunnan alueelle on laadittu yhteisiä liikennejärjestelmäsuunnitelmia sekä asumisen ja maankäytön strategioita vuodesta 2011 lähtien ja MAL 2019 on jo toinen MAL-suunnittelukierros. MAL-suunnittelun tavoitteena on seudun suunniteltuun kasvuun varautumisen ohella edistää seudun kehittämistä sekä vahvistaa sen vetovoimaa. (MAL 2019- luonnos.)



KUVIO 7. MAL 2019 -suunnittelualueena Helsingin seudun 14 kuntaa ja Siuntio. (MAL 2019-luonnos.)

Suunnitelmaa ohjaavaksi tavoitteeksi on tällä kierroksella nostettu ilmastonmuutoksen ehkäiseminen keskeisenä keinona liikenteen päästöjen vähentäminen. Tämä tavoite on hyvin yhdistettävissä aiempiin tavoitteisiin mm. yhdyskuntarakenteen eheyttämiseen ja joukkoliikenteen sekä kävelyn ja pyöräilyn edistämiseen. (MAL 2019-luonnos.)

MAL 2019- suunnitelman tavoitteena on sijoittaa uusi maankäyttö kestävästi hyvin saavutettaville alueille ja mahdollistaa täydennysrakentaminen nykyisessä kaupunkirakenteessa. Tiivistyvässä kaupunkirakenteessa tulee huolehtia rakentamisen ja elinympäristön laadusta. Toimiva joukkoliikenne on kestävä liikumisen perusta ja siihen yhdistyy kävely ja pyöräily. Pyöräilyn kulkutapaosuuden nousu voi vähentää yksityisautoilun aiheuttamaa ruuhkaisuutta, melua, ilmansaasteita jne. (MAL 2019-luonnos.)

MAL 2019 suunnitelma valmistuu kevään 2019 aikana. Suunnitelma sisältää liiteaineistona toimenpidekortit, joissa on määritelty vastuutahot eri toimenpiteille. MAL-sopimusta seurataan sopijaosapuolten edustajien vuosittaisessa seurantakokouksessa ja sen valmisteluista vastaavan MAL-sihteeristön toimesta. (MAL 2019-luonnos.)

Helsingin seudun kaupungistuminen etenee myös tulevaisuudessa. Väkiluku kasvaa sekä luonnollisen väestönkasvun että kotimaisen ja erityisesti ulkomaisen muuttovoiton vaikutuksesta. (MAL 2019-luonnos.)

### 3 TUTKIMUSAINEISTO

Tässä työssä tutkitaan case tutkimuksen avulla (luku 4) ilmastonmuutoksen vaikutuksia katutilassa hulevesien käsittelyn, lämpösaarekeilmiön ja katuvihreän osalta. Tässä luvussa esitellään esimerkkien kautta eri osa-alueiden tutkimushankkeita. Hulevesien osalta on koottu joitakin Suomen suurimpien kaupunkien hankkeita. Lämpösaarekeilmiötä on Suomessa tutkittu Helsingissä ja Turussa. Näitä tutkimuksia hyödynnetään case tutkimuksessa. Vihreän infran osalta oli tarpeen tutkia, miten sitä määritellään Suomessa ja muualla maailmassa.

#### 3.1 Hulevedet

Hulevesien hallinta ja luonnonmukaiset menetelmät ovat osa pääkaupunkiseudun kaupunkien normaalia toimintaa. Kaupunkien hulevesistrategiat tai -ohjelmat ohjaavat toimintaa. Vantaan kaupungilla on myös hulevesien hallinnan toimintamalli (2014). Helsingin hulevesiohjelmaa päivitettiin osana iWater-hanketta vuonna 2017. Hulevesien hallinnan suunnittelu on osa sekä kaavoitusprosessia että rakennusvalvonnan suunnittelua ja neuvontaa. Pääkaupunkiseudulla on hulevesien hallinnan pilottikohteita kuten Kuninkaan-tammi. Espoossa osana CLASS (ClimateAdaptiveSurfaceS) projektia kokeillaan pilottialueilla uusia vettä läpäiseviä pinnoitteita, joilla seurataan myös rakenteiden toimivuutta. (HSY 2017, 23.)

Helsingin koordinoimassa Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) –hankkeessa koottiin Hulevesien hallinnan osioon monipuolisesti työkaluja, raportteja sekä parhaita käytäntöjä, jotka esittelevät huomionarvoisia näkökulmia ja keinoja hulevesien hallinnan suunnitteluun. (Ilmasto-opas.fi). Maanpäällisiä hulevesien hallintakeinoja edistämällä voidaan vaikuttaa merkittävästi hulevesien määrään ja virtaamiin viemäriverkostossa.

Vesihuoltoverkoston tila ja riskien hallinta (VERTI) -hankkeessa selvitettiin keinoja taajamien rankkasadetulvien hallinnan parantamiseen ja maanpäällisten hulevesien hallintakeinojen edistämiseen. Hankkeen aikana valmistui myös diplomityö hulevesien hallintavaihtoehtojen mallinnuksesta tiiviissä taajamassa (Rauduskoski 2016). Hankkeen tuloksena todettiin mm., että vaihtoehtoisilla nk. LID-rakenteilla (low impact development) voidaan vaikuttaa merkittävästi hulevesien määrään ja virtaamiin viemäriverkostossa. Usean menetelmän yhdistelmät ovat usein paras ratkaisu, sillä niillä on hyvä alueellinen kattavuus, järjestelmä on joustavampi kuin perinteinen järjestelmä. Tulevaisuudessa tarvitaan lisää tutkimustietoa mm. talven vaikutuksista järjestelmään, suunnittelua ja mitoituksia pitää kehittää ja veden laatu ottaa huomioon. LID-rakenteiden käyttöä tulee myös tutkia. (Jormola et al. 2017.)

### 3.1.1 Hulevesien hallintaa Suomessa

#### Tampere

Tampereen kantakaupungilla on hulevesiohjelma, joka on hyväksytty yhdyskuntalautakunnassa vuonna 2012 ja jota päivitetään tarpeen mukaan. Ohjelman lisäksi on tehty valuma-aluekohtaiset arviot hulevesien hallinnan nykytilasta ja tulevien maankäyttömuutosten vaikutus vesistökuormitukseen sekä hulevesien hallinnan toimenpidesuosituksat. Tampereella on selvitetty kaikki olemassa olevat hulevesien hallintarakenteet ja laadittu kullekin kunnossapitoa varten toimenpidekortit kuvineen ja kaavioineen. Rakenteiden peruskunnostus on alkanut 2017 ja jatkuu ylläpitohuoltana noin parin vuoden välein, tai tarpeen mukaan tiheämmin kuten Vuoreksen asuinalueella. (Jormola et al. 2017; Heinonen 2017.)

Tampereella toteutettuja suurempia hulevesien hallintakohteita ovat Vuoreksen keskuspuiston viivytsaltaat ja keskusallas tulvaniittyineen vuosilta 2011-2012, Lielahden lumenkaatopaikan biosuodatusalue vuosilta 2012-2013 ja Ryydynpohjan kaksiosainen hulevesikosteikko 2013-2014 (Jormola et al. 2017.)

Lielahden biosuodatusalueen toimintaa seurattiin vuosina 2012-2015 osana Syken HULE-hanketta. Seurannan tuloksena todettiin, että bio-suodatusalue vähensi lumenkaatopaikan aiheuttamaa kuormitusta vesistöön erittäin hyvin. Parhaiten biosuodatuspuhdistamon vaikutus ilmeni suurilla virtaamilla, jolloin kuormituspiikit pienuivät selvästi. (Jormola et al. 2017.)

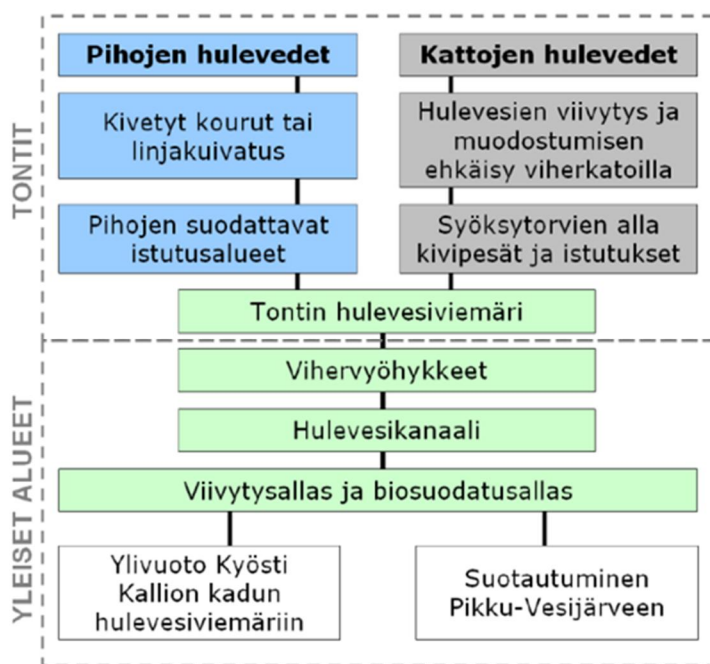
Tampereen kaupunki on myös mukana EU-hankkeessa Urban Nature Labs. jossa kehitetään kaupungin luontoperustaisia järjestelmiä ja erityisesti hulevesien hallintaa. Luontoperustaiset järjestelmät ovat kaupungin viheralueita ja vesiympäristöjä, joilla on monta tehtävää. Sinivihreä verkosto mm. virkistää kaupunkilaisia, viivyttää ja puhdistaa hulevesiä ja tarjoaa elinympäristön kasveille ja eläimille. Living Labeissa tutkijoina toimivat paitsi asiantuntijat, myös paikalliset asukkaat, jotka testaavat uusia innovaatioita arkielämässään. Hankkeen "eläviä laboratorioita" ovat Hiedanranta ja Vuores. Tampere on yksi UNaLabin kolmesta edelläkävijäkaupungeista erityisesti Vuoreksen keskuspuiston kautta virtaavan hulevesijärjestelmän ansiosta. Muita edelläkävijäkaupunkeja ovat Eindhoven ja Genova. Kansainvälisessä hankkeessa on lisäksi mukana seuraajakaupunkeja, tutkimuslaitoksia ja yrityksiä. Hankekumppaneita on yhteensä 28. Hanketta koordinoi VTT. (Tampereen kaupunki 2018.)

## Lahti

Lahdessa on viime vuosina panostettu hulevesien hallinnan kehittämiseen. Vuonna 2010 laaditussa hulevesiohjelmassa todettiin lisäselvitystarpeina hulevesien vesistökuormitus, hallintajärjestelmien mitoitus ja mitoitussateet sekä lumen hajautetun varastoinnin mahdollisuudet (Lahden kaupunki 2010). Vuonna 2016 valmistuneen raportin Vesijärven hulevesikuormitus Lahden kaupunkialueelta mukaan voidaan todeta, että suurin osa Lahden alueelta Vesijärveen tulevasta fosforikuormituksesta on peräisin tiiviisti rakennetuilta keskusta-alueilta. Kokonaisuutena kaupungin hulevesikuormitus edustaa noin 13% vuotuista järveen tulevasta kokonaisfosforikuormituksesta. Vuotuinen typpikuormitus jakautuu tasaisemmin tiiviisti rakennettujen alueiden (42%), pientaloalueiden (39%), sekä viheralueiden (19%) kesken ja edustaa noin 3,3% vuosittaisesta Vesijärven arvioidusta kokonaisyppikuormituksesta. Keinoja kaupunkialueella syntyvän hulevesikuormituksen vähentämiseksi ovat mm. viheralueiden sisällyttäminen kaupunkisuunnitteluun, vettä läpäisemättömien pintojen käyttö kaduilla jalkakäytävillä, parkkipaikoilla ja kaduilla syntyvien hulevesien ohjaaminen imeytyspainanteisiin ja olemassa oleville viheralueille. (Järveläinen et al. 2016, 8)

Lahden keskusta-alueella sijaitsevalle Rantakartanon asemakaava-alueella on tehty hulevesikanaaliin perustuva hulevesien hallinnan yleissuunnitelma. Alue sijaitsee sekä kaupunkirakenteellisesti että kulttuurihistoriallisesti merkittävällä paikalla Vesijärven rannalla. Yleissuunnitelmassa on esitetty kattavasti hulevesien hallintavaihtoehdot piha-alueilta, katolta ja vihervyöhykkeiltä hulevesikanaalin kautta viivytysaltaaseen ja biosuodatusaltaaseen. (Jormola et al. 2017.)

Lahdessa on toteutettu hulevesien hallintajärjestelmiä mm. Kariston alueella. Karistossa on useista osaratkaisista koostuvia järjestelmiä, joihin kuuluu tienvarsipainanteita ja viivytysalueita ennen kosteikkoja. Lahden kaupungin Juhani Järveläisen mukaan usean eri hallintaratkaisun käyttö yhdessä on toiminut hyvin ja ollut onnistunut ratkaisu. (Jormola et al. 2017.)



KUVIO 8. Suositellun hulevesien hallintajärjestelmän vaiheet keskustan Ranta-Kartanon asemakaava-alueella. (Finnish Consulting Group 2012; Lahden kaupunki 2012).

## Vantaa

Vantaan kaupunki julkaisi hulevesiohjelman 2009 ja hulevesien hallinnan toimintamallin 2014. Hulevesien hallinnan yleisenä tavoitteena on edistää kaupungin toimivuutta, kestävästä yhdyskuntarakennetta sekä turvallista ja hyvää ympäristöä. Hulevesiohjelman visiona on, että rakennettavan alueen luontainen vesitasapaino säilyy ja ekologinen tila paranee. (Orava et al. 2014, 8.)

Vantaa on Suomen kaupungeista ensimmäinen, joka on alkanut kokeilla biosuodatusta katuvesien käsittelyyn käytännön toteutuskohteissa. Tikkurilantien uudelle osuudelle valmistui biosuodatuksen kokeilualue vuonna 2013. Vilkasliikenteisen pääkadun ja kevyen liikenteen väylän väliin jäävälle viherkaistalle toteutettiin osuuksia, joissa kokeiltiin erityyppisten rakennekerrosten ja kasvillisuuden vaikutusta katuveden puhdistumiseen. (Jormola et al. 2017). Alueelta vuosina 2014-2017 otettujen näytteiden perusteella voidaan todeta biosuodatusalueiden toimivan odotusten mukaisesti.

### 3.2 Lämpösaarekeilmiö

Yhä suurempi osa maapallon ihmisistä asuu kaupungeissa. Arvioiden mukaan kaupungeissa asuvan väestön määrä ylitti maaseudulla asuvan väestön määrän viime vuosikymmenen loppupuolella. Kaupunkien kasvu ja uusien kaupunkien synty muokkaavat paikallista ilmastoa, mikä ilmenee kaupunkimaisten alueiden lämpimyytenä verrattuna ympäröiviin maaseutumaisiin alueisiin. Tällöin puhutaan kaupungin lämpösaarekkeesta (engl. UHI, Urban Heat Island). (Ilmastotyökalut 2018.)

Kaupungin lämpösaarekeilmiö on tunnetuin ympärivuotinen kaupunki ilmastoilmiö. Sen synnyttää kesällä päivisin auringosta tuleva lyhytaaltainen energiasäteily ja talvella ympärivuorokautinen antropogeeninen, ihmisten aiheuttama, energiantuotanto. (Drebs 2011.)

Tiivis kaupunkirakenne ja kaupunkien korkeammat lämpötilat vähentävät rakennusten lämmitystarvetta talvisin. Kesäaikaan kaupunkien korkeampi lämpötila toisaalta lisää rakennusten jäähdytystarvetta. Kaupunkien korkeammat lämpötilat ovat omiaan lisäämään kaupungissa asuvien lämpöstressiä. Tämä terveyshaitta korostuu selvimmin alhaisilla leveysasteilla sijaitsevilla kaupungeilla. Ilmastonmuutoksen myötä terveyshaitat saattavat yleistyä myös Suomen leveysasteilla, jossa ongelma konkretisoituu nykyilmastossa selvästi ainoastaan kesäisten hellejaksojen yhteydessä. Voimakkaisiin lämpösaarekkeisiin liittyy usein keskimääräistä huonompi ilmanlaatu, mikä pahentaa osaltaan terveyshaittoja. (Drebs et al. 2012, 3-4.)

Kaupungin lämpösaarekkeen voimakkuus on suurimmillaan muutama tunti auringonlaskun jälkeen. Ilman lämpötilaan vaikuttaa myös ilmankosteus. Veden haihtuessa ja tiivistyessä poistuu tai lisääntyy energia ilmassa. Haihtuminen kuluttaa lämpöä ilmasta ja tiivistäminen tuottaa lämpöä ilmaan. Veden suurin mahdollinen määrä ilmassa vaihtelee ilman lämpötilan mukaan. Mitä lämpimämpi ilma on, sitä enemmän vettä se voi sisältää. Vettä tulee yleensä sateella ja/tai kosteampien ilmassa saapuessa. Myös puistot ja muut viheralueet haihduttavat vettä kaupunkien alempiin ilmakerroksiin. Kaupunkien kunnallistekniikka poistaa kuitenkin hyvin tehokkaasti sadevedet kaduilta. Siten haihdunnan aiheuttama ilman viilentäminen on kaupungeissa vähäisempää kuin maaseudulla. (Drebs 2011, 11.)

### 3.2.1 Tutkimuksia Suomessa

#### Helsinki

Ensimmäisissä Helsinkiä käsittelevissä Fogelbergin (1973) ja Alestalon (1975) kaupunki-ilmastotutkimuksissa vuonna keskityttiin esittelemään tilanteita, joissa esiintyi ääreviä ilman lämpötiloja (Drebs 2011, 3). Drebsin tutkimuksessa vuonna 2011 oli tavoitteena suorittaa laajalla alueella niin paljon mittauksia, että niiden perusteella on mahdollista arvioida Helsingin kaupungin lämpösaarekkeen ilmenemistä pitkällä aikavälillä. Lisäksi tavoitteena oli testata uudenlaista kaupunki-ilmastotutkimusmenetelmää sekä tarkastella erilaisten tausta-aineistojen käyttömahdollisuuksia kaupunki-ilmastotutkimuksissa. Alustavilla tutkimuksilla selvitettiin kuinka edustava Helsingin lämpösaareketutkimus voisi olla, jos mittauksia suoritettaisiin vain kerran viikossa. Varsinaiset mittaukset tehtiin heinäkuusta 2009 kesäkuuhun 2010 tiistaisin. Mittausajot tehtiin tutkimusta varten kehitetyllä ajoneuvolla. Referenssikohteeksi valittiin Ilmatieteen laitoksen sääasema Helsingin Kaisaniemessä. (Drebs 2011, 8-9.)

Tutkimuksen keskeisiä tuloksia ovat, että Helsingin ydinkeskustan alueella näkyy kartoissa lämpöylijäämää ja yksittäiset isot rakennukset sekä alakeskukset luovat selkeästi omia lämpösaarekkeita (Drebs 2011, 3).

#### Turku

Turun kaupungin, TURCLIMin ja Turun yliopiston kaupunki-ilmaston tutkimusprojektissa on vuodesta 2001 alkaen kerätty lämpöhavaintoja. Turun ja lähikuntien alueelle sijoitetuilla lämpötila- ja kosteusmittareilla kerätään havaintoja vuosittain noin 1,4 miljoonaa. Turusta onkin olemassa kansainvälisesti merkittävä havaintoaineisto, jonka avulla on voitu tehdä erilaisia tutkimuksia. Aineistoa hyödyntämällä on tutkittu lämpösaarekeilmaston mallintamiseen vaikuttavia tekijöitä Turun alueella. (Kaate et al. 2012.)

Vuonna 2014 valmistuneessa väitöskirjassa tarkasteltiin Turun kaupungin paikallisilmastoa, ja erityisesti lämpösaarekettä, erilaisissa alueellisissa ja ajallisissa mittakaavoissa. Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli selvittää, mikä on kaupungin, korkeuserojen sekä vesialueiden vaikutus alueellisiin lämpötilaeroihin eri vuoden- ja vuorokaudenaikoina. Lisäksi tarkasteltiin, miten lämpötilaerojen alueelliset ja ajalliset ominaispiirteet riippuvat säätilasta. Lämpötilaeroihin vaikuttavien tekijöiden voimakkuutta arvioitiin erilaisten mallinutusmenetelmien avulla useita eri selittäviä muuttujia sekä alueellisia mittakaavoja käyttäen. (Suomi 2014, 4.)

Tutkimuksen perusteella voidaan havaita, että kaupungin keskusta on Turussa keskimäärin lämpimintä aluetta. Lämpötilaero kymmenisen kilometriä keskustasta koilliseen sijaitseviin maaseutumaisiin alueisiin on keskimäärin 2 astetta. Alueelliset lämpötilaerot ovat keskimäärin suurimmillaan kesällä, kun taas yksittäiset ääriarvot saavutetaan usein talvella. Kaupunkimaisen maankäytön todettiin olevan pitkällä aikavälillä merkittävien alueellisia lämpötilaeroja aiheuttava tekijä. Vaikutus oli pääasiassa lämpötiloja nostava. Vesialueiden vaikutus korostui keväällä veden lämpötilan oltua suhteellisen alhainen, sekä syksyllä veden lämpötilan oltua suhteellisen korkea. Korkeuserojen vaikutus oli keskimäärin vähäisin, ja ilmeni lähinnä alavien paikkojen alttiutena öiselle kylmän ilman valumiselle. Inversiotilanteissa topografian merkitys kuitenkin korostuu, ja sen vaikutus on ajoittain kaupungin ja vesialueiden vaikutusta suurempi. (Suomi 2014, 4.)

### 3.3 Vihreä infra

Kaupunkiseudun viherrakenne on tärkeä ilmastonmuutoksen ja siihen sopeutumisen kannalta. Viherrakenne voi edistää ihmisten ja kaupunkiympäristön sopeutumista ilmastonmuutoksen vaikutuksiin esim. viivyttämällä ja viilentämällä rakennuksia ja vähentämällä asukkaiden ja ympäristön haavoittuvuutta ilmastonmuutoksen vaikutuksille. Viherrakenne on viher- ja vesialueiden ja niiden välisten yhteyksien muodostama verkosto. Viherrakenteeseen kuuluvat muun muassa julkiset viheralueet, pihojen kasvulliset osat, vihreä katoilla, rakennuksissa, kansilla, kaduilla ja aukioilla, suojelualueet sekä sinirakenne eli vesistöt ja pienvedet. (HSY 2017, 14.)

Käsitteenä vihreä infrastruktuuri on verraten uusi, eikä sille ole muotoutunut vakiintunutta määritelmää. Vihreän infrastruktuurin käsitettä on määritelty monella tapaa ja eri käyttäjäryhmät ovat liittäneet siihen toisistaan poikkeavia merkityksiä ja hyötyjä. Useimmille vihreän infrastruktuurin määritelmille on yhteistä, että ne sisältävät kuvauksen sen tavoitteista ja niistä kohteista, jotka yhdessä muodostavat vihreän infrastruktuurin. Osaan määritelmistä sisältyy myös kuvaus siitä kuinka vihreää infrastruktuuria tulisi hallita ja hoitaa. (Similä et al., 2017, 14-16.)

TAULUKKO 3. Vihreän infrastruktuurin määritelmiä (Similä et al., 2017, 15-16).

Valtio/muu tah	Määritelmä
USA	<p>Mark Benedict, Edward McMahon:</p> <p>”Vihreällä infrastruktuurilla tarkoitetaan verkostoa, joka muodostuu toisiinsa sidoksissa olevista vesistöistä, metsämaasta, elinympäristöistä ja muista luonnon-alueista, kuten viherkäytävistä, puistoista, suojelluista kohteista sekä maa-, metsätalous- ja erämaa-alueista, jotka edistävät sekä ylläpitävät tärkeitä ekologisia prosesseja, alkuperäislajien säilymistä, ilmanpuhtautta ja vesivarojen säilymistä, ja vaikuttavat ihmisten ja yhteisöjen elinympäristön laatuun.” Benedict &amp; McMahon 2000)</p>
Iso-Britannia	<p>Environment Agency</p> <p>”Vihreä infrastruktuuri on monikäyttöisten viheralueiden verkosto, joka lisää määritellyllä alueella rakennetun ympäristön ja luonnonympäristön laatua. Vihreä infrastruktuuri säilyttää ympäristön elinvoimaisena nykyisille ja tuleville sukupolville”</p> <p>Natural England, Cambridgeshire Green Infrastructure Strategy</p> <p>”Vihreä infrastruktuuri on strategisesti suunniteltu ja toteutettu verkosto, joka sisältää mahdollisimman suuren kirjon korkealaatuisia viheralueita ja muita ympäristörakenteita. Se tulisi suunnitella ja sitä tulisi hallita niin, että sen tavoitteena olevat kestävyys ja monikäyttömahdollisuudet toteutuvat, eli siten, että vihreä infrastruktuuri lisää palvelemissa yhteisöjen elämän laatua ja tuottaa niille tarpeellisia ekologisia palveluja. Vihreän infrastruktuurin suunnittelussa ja toteutuksessa tulisi ottaa huomioon alueiden ominaispiirteet luontotyyppien, elinympäristöjen ja maisemarakenteen kannalta.” (Cambridgeshire 2011)</p>
Ranska	<p>Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement</p> <p>Vihreä ja sininen infrastruktuuri on rakenteellinen lähestymistapa, joka pitää sisällään ekologisten yhteyksien suojele ja ennallistamisen osana kaavoituspäätöksiä. Se pitää sisällään vihreän elementin, jolla viitataan luonnontilaisiin ja lähes luonnontilaisiin maaekosysteemeihin sekä sinisen elementin, joka koostuu vesistöiden ja kosteikkojen verkostoista. (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement 2011)</p>
Ruotsi	<p>Naturvårdsverket</p> <p>Vihreä infrastruktuuri on toimivien ekosysteemien verkosto, joka koostuu elinympäristöistä, maisemarakenteista ja luonnonalueista, joita hoidetaan, käytetään ja kehitetään niin, että luonnon monimuotoisuus säilyy ja ekosysteemit tuottavat yhteiskunnalle tärkeitä ekosysteemipalveluja. (Naturvårdsverket 2016)</p>
EU	<p>Euroopan unionin komissio</p> <p>”Strategisesti suunniteltu verkosto, jossa on luonnontilassa olevia alueita, osaksi luonnontilassa olevia alueita ja muita ympäristöön liittyviä tekijöitä, joka on suunniteltu tuottamaan useita erilaisia ekosysteemipalveluja ja jota hoidetaan tässä tarkoituksessa. Siihen sisältyy viheralueita (tai sinisiä alueita, jos kyseessä ovat</p>

	<p>vesi ekosysteemit) ja muita fyysisiä elementtejä maa-alueilla (myös rannikkoalueilla) ja merialueilla. Maa-alueilla vihreää infrastruktuuria on maaseudulla ja kaupunkiympäristössä". (KOM (2013)249)</p> <p>Institute for European Environmental Policy</p> <p>"Vihreä infrastruktuuri on luonnontilaisten ja luonnontilaisiin verrattavien alueiden verkosto, johon sisältyvät ne maaseudun ja kaupunkien viheralueet sekä maa-, sisävesi-, ranta- ja merialueet, jotka yhdessä edistävät ekosysteemien toimintakykyä ja palautuvuutta, luonnon monimuotoisuuden suojelun päämääriä ja tuottavat samalla hyötyä ihmisyyteille ekosysteemipalvelujen parantamisen kautta. Vihreää infrastruktuuria voidaan vahvistaa strategisilla ja koordinoituilla hankkeilla, jotka keskittyvät olemassa olevien alueiden säilyttämiseen, ennallistamiseen, parantamiseen sekä niiden välisten yhteyksien rakentamiseen mutta myös uusien tukialueiden ja rakenteiden luomiseen". (Mazza et al. 2011)</p>
Suomi	<p>ViherKARA-verkosto</p> <p>Vihreä infrastruktuuri on strategisesti suunniteltu verkosto, johon kuuluu niin luonnollisia kuin ihmisen luomiakin viheralueita, pihojen kasvullisia osia, pienvesiä ja vesialueita ja muita fyysisiä elementtejä, ja joka on suunniteltu tuottamaan erilaisia ekosysteemipalveluja ja hoidetaan tässä tarkoituksessa. (ViherKARA 2013 s. 16)</p>

### 3.3.1 Viherkorjaaminen

Viherkorjaaminen (urban retrofitting) on olemassa olevien rakennusten ja/tai asuinalueiden korjausrakentamista tavoitteena ympäristön laadun, sopeutumisen ja esim. energiatehokkuuden parantaminen viherrakennetta käyttäen. Korjausrakentamisen tavoitteina on esim. hulevesien hallinta, rakennusten viilentäminen, monimuotoisempi kaupunkiluonto, virkistyskäyttö, leikkipaikkoja lapsille, alueen viihtyisyyden paraneminen, asukkaiden/käyttäjien osallistuminen alueen suunnitteluun ja ylläpitoon, osallisuus. (HSY 2017.) Sen tavoitteena on myös saavuttaa kaupunkien kestävä kehityksen tavoitteet soveltamalla tai lisäämällä uutta vihreää teknologiaa nykyisiin kaupunkialueisiin (Lajevardi 2012).

Euroopassa esim. Kööpenhaminassa (Klimakvarter Østerbro) ja Lontoossa on toteutettu kaupunkialueiden "viherkorjaamista", jolla on saavutettu ilmastonmuutokseen ja nykyilmaston vaihteluun varautumisen lisäksi myös muita hyötyjä (HSY 2017, 14).

Klimakvarter Østerbro on alue Kööpenhaminassa, jossa yhdistettiin kaupunginosan kehitysprojekti ja ilmastonmuutokseen sopeutuminen. Tavoitteena oli kehittää kaupunkiympäristöä ja tarjota asukkaille parempaa asuinympäristöä. Hankkeissa suunniteltiin uusia järjestelyitä tontteille ja teille, joiden avulla luotiin sekä viihtyisämpää elinympäristöä että uusia menetelmiä hulevesien käsittelyyn. Näitä toimenpiteitä kehittäessään Kööpenhamina tes-

tasi sekä osallistumismenetelmiä että uusia rakenteellisia menetelmiä, tutki näiden vaikutusta vedenlaatuun ja etsi ratkaisuja haasteille päätöksenteossa ja lainsäädännössä. (Haanpää, S. et al. 2017.)

Lontoossa toteutettiin kolmella eri alueella korjausrakentamiskokeilut, joissa alueelle tehtiin erilaisia kasvillisuusrakenteita hulevesien hallintaan ja rakennusten viilennykseen. Vuorovaikutus asukkaiden kanssa oli tärkeää. Kokeilun tulosten arviointi osoitti, että hulevesitulvien ehkäisyyn lisäksi kasvillisuuden ja vihreän lisäämisellä on saavutettu muitakin hyötyjä mm. asukkaiden tietoisuus ilmastonmuutoksesta lisääntyi. (HSY 2017, New Economics Foundation 2016.)

### 3.3.2 Green Street-menetelmä

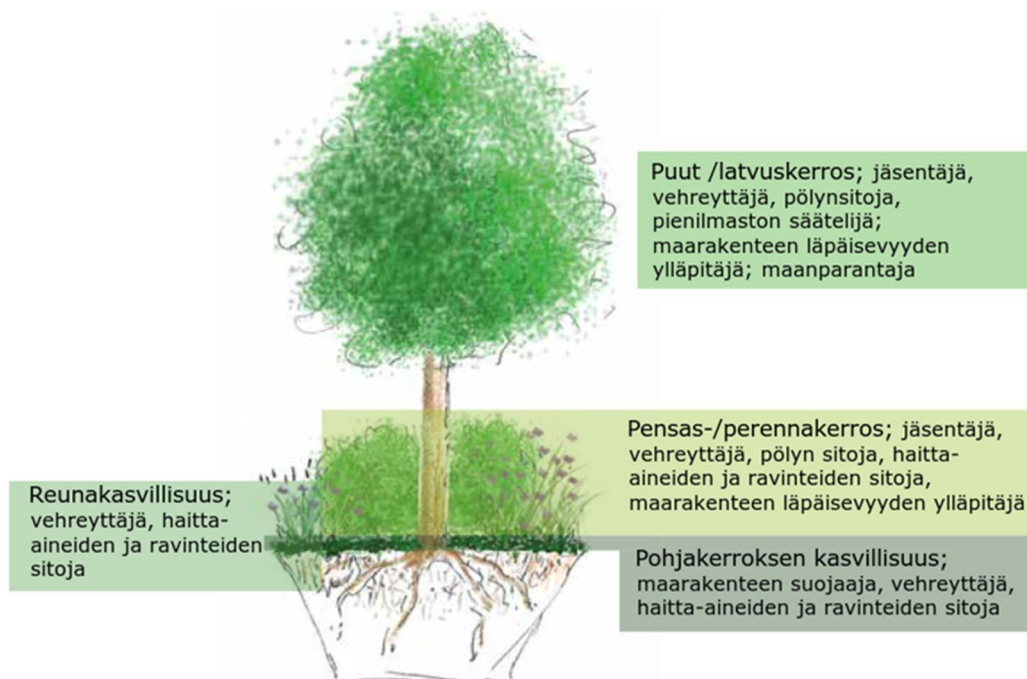
Green Street- mallilla tarkoitetaan hulevesien hallintaa katualueilla vihreän infrastruktuurin keinoin. Mallissa katutilaan lisätään läpäisevää pintaa erilaisten viherpainanteiden ja istutusalueiden avulla. Läpäisevän pinnoitteen kautta vesi ohjautuu maanalaiseen viivytävään rakenteeseen. Samalla toteutetut hulevesirakenteet tuovat vihreyttä olemassa olevien kaupunkikeskustojen katualueille. Green Street-hallinnan pääperiaatteena on ajatus hajautetusta ratkaisusta, jolloin hulevesien hallinta on jaettu moneen pienempään järjestelmään. (Tuomi 2016; Jyväskylän kaupunki 2016.)

Jyväskylässä tutkittiin Puutarhakadun yleissuunnitelmassa hulevesien kestävämpää hallintaa katualueilla Green Street-menetelmän mukaisesti. Yleissuunnitelma on osa laajempaa hallitusohjelman ” Kiertotalouden läpimurto, vesistöt kuntoon” -kärkihanketta. Tourujokeen virtaavien hulevesien laatuun ja määrään pyritään vaikuttamaan hallitsemalla niitä paikallisesti mahdollisimman lähellä niiden syntyä paikkaa. Tällaisen uudenlaisen kaupunkirakenteeseen integroidun hulevesien hallinnan toteuttaminen vaatii uudenlaista lähestymistapaa suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon näkökulmista. (Jyväskylän kaupunki 2016.)

Puutarhakatu sijaitsee Jyväskylän keskustarakenteen koillisosissa. Suunnittelualue sisältää asemakaavan mukaisen Katualueen kokonaisuudessaan kevyen liikenteen väylineen. Katualueen pituus on noin 400m ja käsiteltävä pinta-ala noin 1,2ha. Yleissuunnitelman tavoitteena oli pilotoida erilaisia hulevesien hallinnan ratkaisuja, selvittää hulevesiratkaisujen toimivuus seuraamalla ylläpidon toimivuutta ja kasvillisuuden menestymistä sekä parantaa katukuvaa uusilla istutuksilla ja kiveyksillä. (Jyväskylän kaupunki 2016.)

Puutarhakadulla oli tavoitteen käyttää monilajisena ja -kerroksisena kehittyvää, helppohoitosta kasvillisuutta. Biosuodatusrakenteisiin valittiin kasvustrategialtaan hyvin tai kohtuulli-

sesti leviäviä monenlaisiin kasvuolosuhteisiin sopeutuvia kasvilajeja, ja vältettiin liian aggressiivisesti leviäviä ja toiset lajit tukahduttavia kasvilajeja. Lisäksi huomioitiin, että katu-ympäristössä kasvillisuus toimii myös kaupunkikuvan vehreyttäjänä ja kaupunkitilan jäsentäjänä, katupölyn sitojana ja pienilmaston säätelijänä. (Jyväskylän kaupunki 2016.)



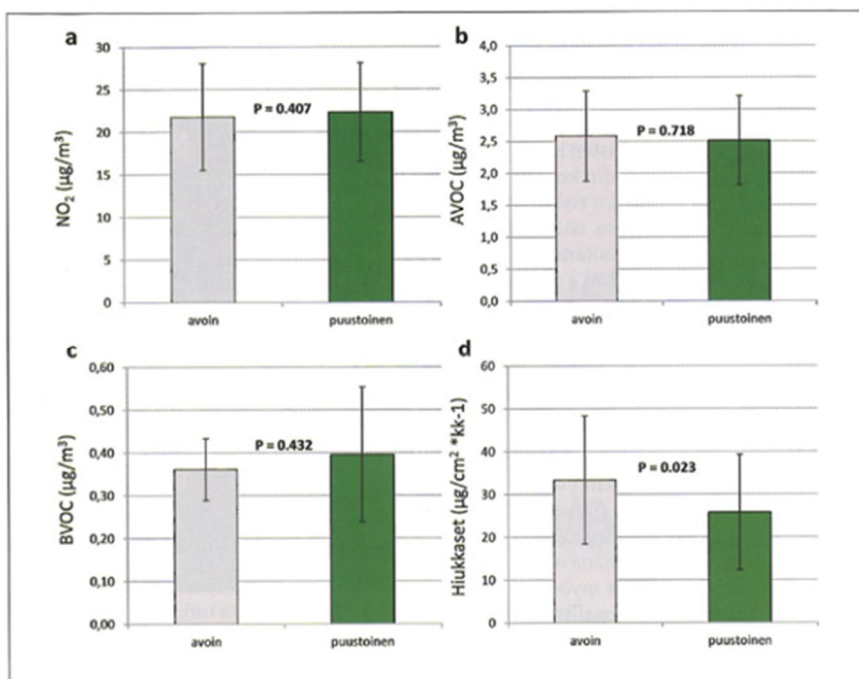
KUVIO 9. Kasvillisuuden rooli katu-ympäristössä (Ramboll Oy 2016)

### 3.3.3 Ekosysteempipalveluiden hyödyntäminen kestävän kaupunkisuunnittelun työkaluna -tutkimushanke

Kaupunkirakenteen tiivistäminen osana yhdyskuntarakenteen eheyttämistä on kaupunkisuunnittelun tämän hetkinen vallitseva suuntaus, ja se tarkoittaa täydennysrakentamista olemassa olevan infrastruktuurin ja palveluiden sekä toimivan joukkoliikenteen yhteyteen. Tiivistäminen voi kuitenkin aiheuttaa ristiriitoja eri maankäyttömuotojen kesken erityisesti silloin, kun se johtaa rakentamiseen kaupunkirakenteen sisällä oleville viheralueille ja samalla ekosysteempipalveluiden menettämiseen. Viheralueiden merkityksen arvioimiseksi tarvitaan tarkempaa tutkimusta niiden tuottamista ekosysteempipalveluista. (Yli-Pelkonen et al. 2014.)

Tutkimushanke on Kaupunkitutkimus ja metropolitiikka-ohjelman, Helsingin yliopiston ympäristötutkimuksen ja -optuksen yksikön (HENVI) ja Suomen Akatemian URCA-konsortion rahoittama. Siinä tutkitaan erityisesti säätelypalveluiksi luokiteltuja ekosysteemipalveluita: kaupunkikasvillisuuden merkitystä saastuneen ilman puhdistamisessa, kaupunkipuiden hiilensidonta ja -varastointipotentiaalia, ja viheralueiden vaikutusta hulevesien määrään ja laatuun. Tarkkojen mittausten avulla tutkitaan kaupunkiviheralueiden kykyä tuottaa ihmisen hyvinvoinnille välttämättömiä ekosysteemipalveluja. (Yli-Pelkonen et al. 2014.)

Hankkeessa tutkittiin kasvillisuuden vaikutusta ilmansaastepitoisuuksiin mittaamalla passiivikeräimillä  $\text{NO}_2$ -, VOC ja PAH-pitoisuuksia, sekä hiukkasten massakertymiä vilkaasti liikennöityjen katujen ja teiden varsien puustoisilla ja viereisillä avoimilla, puuttomilla alueilla Helsingissä ja Lahdessa.  $\text{NO}_2$ -, VOC ja PAH-pitoisuudet eivät eronneet tilastollisesti merkittävästi avoimien ja lehtipuuvaltaisten puustoisten tienvarsi-alueiden välillä. Hiukkaskertymät olivat kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi alhaisempia puustoisilla alueilla kuin avoimilla alueilla. Tulokset hiukkasten osalta tukevat aiempia tutkimuksia, joiden mukaan puusto voi osin estää hiukkasten leviämistä tieltä ympäristöön. (Yli-Pelkonen et al. 2014.)



KUVIO 10. Ilmansaastetasot kesäkuussa 2013 Helsingissä (Setälä et al. 2014).

Hulevesien määrää ja laatua tutkittiin Helsingissä ja Lahdessa maankäyttöintensiteetiltään erilaisilla pienvaluma-alueilla automatisoitujen mittausasemien avulla. Tutkimusten mukaan viheralueet ja muut vettä läpäisevät alueet vähentävät huomattavasti hulevesien määrää vuositasona. Hyvin tiiviisti rakennetulla keskusta-alueella (89% läpäisemätöntä pintaa) hulevettä muodostui melkein kaksin verroin enemmän kuin viereisellä tiiviisti rakennetulla alueella-siitäkin huolimatta, että jälkimmäisellä alueella läpäisevää alaa oli kolmanneksen vähemmän. Hulevesien saastepitoisuudet olivat samaa luokkaa kahdella keskusta-alueella, mutta huleveden suuren määrällisen eron vuoksi esimerkiksi kokonaistyyppiä huuhtoutui kaksi kertaa enemmän hyvin tiiviisti rakennetulla alueella verrattuna tiiviisti rakennettuun. Tutkimuksen mukaan viheralueiden määrän runsas lisääminen vähentää hulevesistä syntyviä haittoja selvästi. Toisaalta viheralueiden merkitys tulvaa tuottavien sateiden imeytyksessä olisi vaatimatonta. Sen sijaan niillä on merkitystä ”puhdistuslaitoksina”. (Yli-Pelkonen et al. 2014.)

#### 4 CASE-MYYRMÄKI JA TIKKURILA

Tutkimusmenetelmäksi soveltui parhaiten case-tutkimus. Jorma Kanasen mukaan case - tutkimus tarjoaa kokonaisvaltaisen ja syvällisen tutkimuksen, jossa hyödynnetään monia tietolähteitä. Case-tutkimus voi hyödyntää myös määrällisen tutkimuksen tiedonkeruun menetelmää. Tutkimuskohteena on usein yksi ilmiö, johon pyritään perehtymään syvällisesti ja antamaan hyvä kuvaus ilmiöstä. (Kananen 2013.)

Työssä tarkastellaan Vantaan kahta suurinta ja keskenään erilaista kaupunkikeskusta, Myyrmäkeä ja Tikkurilaa. Myyrmäessä tarkastelukohte sijaitsee aseman läheisyydessä ja Tikkurilassa kohteena on Kielotie välillä Unikkotie-Neilikkatie.

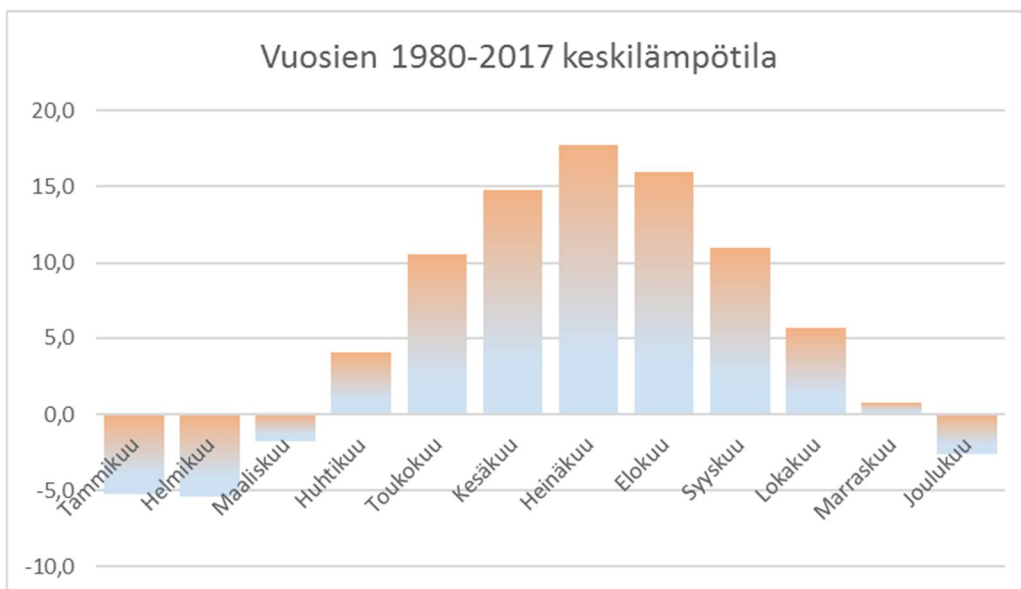


KUVIO 11. Tarkastelualueiden sijainti

Työssä analysoidaan tarkastelualueita nykytilanteessa, kaupunkirakenteen muuttuvassa tilanteessa ja arvioidaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia katutilaan lämpötilojen, sadannan ja vihreän infran osalta.

#### 4.1 Sääolosuhteet Vantaalla

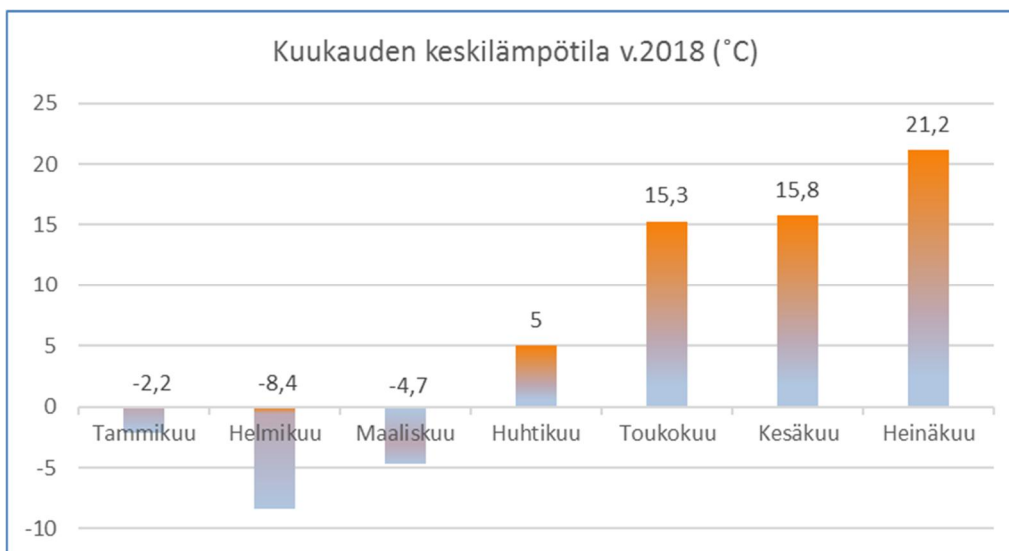
Ilmatieteenlaitoksen aineiston perusteella kuukausien keskilämpötilojen vaihteluväli Vantaalla vuosina 1980-2017 on  $-5,4^{\circ}\text{C}$  –  $17,7^{\circ}\text{C}$ .



KUVIO 12. Kuukauden keskilämpötilat Vantaalla vuosina 1980-2017

Heinäkuun 2018 koko maan keskilämpötila,  $19,6$  astetta, oli Suomen mittaus historian korkein. Edellinen heinäkuun keskilämpötilaennätys vuodelta 1941 ylitettiin  $0,4$  asteella. Vertailukelpoinen aineisto alkaa 1900-luvun alusta. Myös paikkakunta kohtaisia keskilämpötilan ennätysrikkoutta rikottiin paikoin maan länsiosassa ja laajalti maan pohjoisosassa. Lämpimämpi heinäkuu on ollut viimeksi maan etelä- ja itäosassa tätä vuonna 2010 ja paikoin myös vuonna 2011. (Ilmatieteenlaitos 2018.)

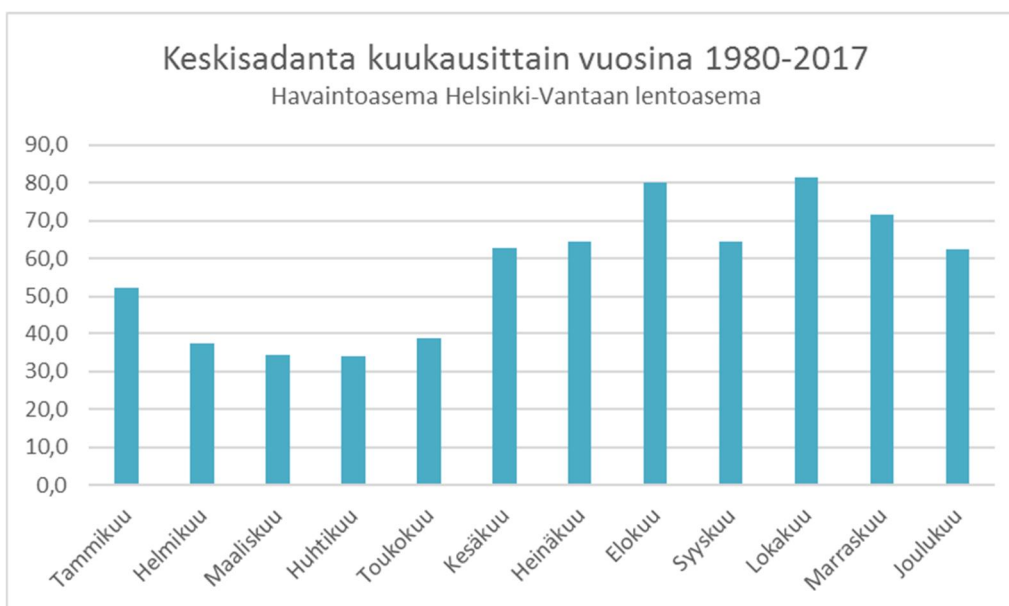
Vantaalla heinäkuun v. 2018 keskilämpötila  $21,2^{\circ}\text{C}$  oli huomattavasti korkeampi kuin vertailu ajanjaksolla 1980-2017. Myös vuoden 2018 toukokuun keskilämpötila  $15,3^{\circ}\text{C}$  poikkeaa selkeästi vertailuajanjakson ( $10,5^{\circ}\text{C}$ ) lukemasta.



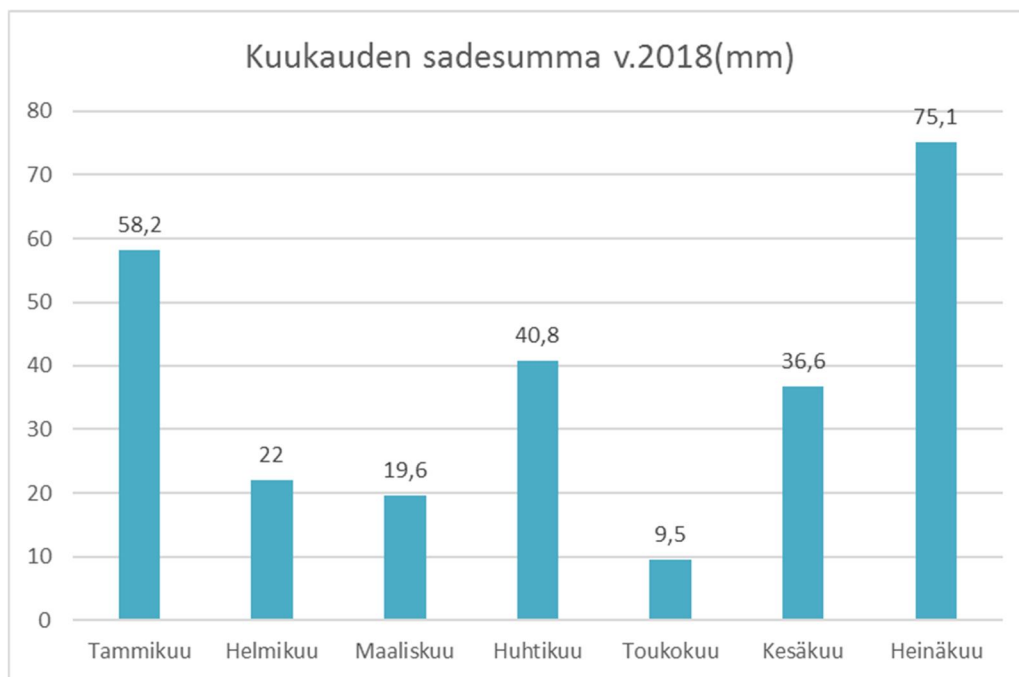
KUVIO 13. Kuukauden keskilämpötilat Vantaalla vuonna 2018 tammikuusta heinäkuuhun.

Kuukausittainen keskisadanta vuosina 1980-2017 Vantaalla vaihtelee 33,8 mm – 81,3 mm. Tilastollisesti sateisimmat kuukaudet ovat elokuu ja lokakuu. Kuviossa 13 on esitetty Helsinki-Vantaan lentoaseman havaintopisteen keskisadanta kuukausittain vuosina 1980-2017.

Sademäärä jäi tavanomaista pienemmäksi suuressa osassa maata vuonna 2018 helmi- heinäkuun vuoksi. Maan etelä- ja itäosassa sademäärä oli paikoin hieman tavanomaista suurempi. Näin oli myös Vantaalla.



KUVIO 14. Kuukauden keskisadanta Vantaalla vuosina 1980-2017



KUVIO 15. Kuukauden sadesumma Vantaalla vuonna 2018 tammikuusta heinäkuuhun

## 4.2 Myyrmäki

Myyrmäki (ruots. Myrbacka) on noin 16 000 asukkaan kaupunginosa Vantaan länsiosassa Myyrmäen suuralueella. Kehäradan läntisenosan (Vantaankosken radan) varrella Helsingin rajan tuntumassa sijaitseva Myyrmäki on asukasluvultaan mitattuna Vantaan suurin kaupunginosa, jossa asukastiheys on noin 6000 asukasta/km<sup>2</sup>. Myyrmäki on yksi pääkaupunkiseudun aluekeskuksista ja tarjoaa palveluita koko Länsi-Vantaalle. (Vantaan kaupunki 2015.)

Tarkastelualue sijaitsee aivan Myyrmäen juna-aseman ja bussiterminaalin läheisyydessä, liite 1. Valmisteilla olevan kaavarungon mukaan alue on tulevaisuudessa Myyrmäen tiiveintä aluetta.

Tutkimusalueen katutilat ovat vihreitä alueita. Katupuut ovat saaneet kasvaa rauhassa vuosikymmenien aikana ja ne muodostavat oman vihreän kokonaisuuden. Keskisaarekkeet ovat nurmetettuja, mikä lisää viihtyisyyttä. Toisaalta niiden kunnossapitäminen on haaste vilkkaassa liikenneympäristössä.

#### 4.2.1 Kaupunkirakenteen muutos

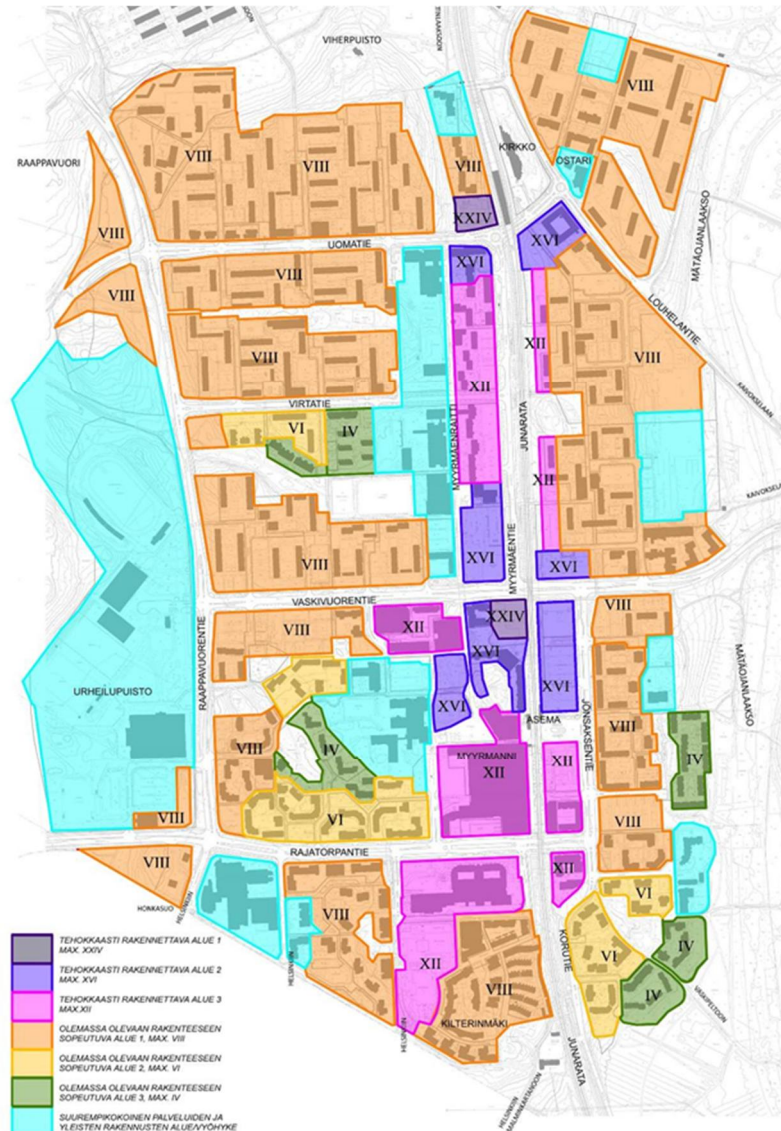
Myyrmäen kaavarunkotyö on käynnissä ja ehdotus menee kaupunkisuunnittelulautakunnan käsittelyyn alku vuodesta 2019. Kaavarunkotyön sisältöön vaikuttaa mm. kaupungin strategiset tavoitteet ja maapoliittiset linjaukset.

Vantaan kaupunginvaltuuston valtuustokauden 2018-2021 yksi strateginen painopistealue on ”tiivistämme kaupunkia lähiluontoa vaalien”. Strategisina tavoitteina on mm. nykyisen kaupunkirakenteen vahvistaminen resurssiviisaasti ja kaupunkikeskusten kehittämismahdollisuuksien rohkea hyödyntäminen. Strategian mukaisesti pääosa rakentamisesta sijoituu tiivistyville keskusta-alueille ja joukkoliikennevyöhykkeille. Korkeaa rakentamista edistetään keskustoissa ja asemien läheisyydessä. Kaupungin kattava viherverkosto ekologisine käytävineen säilytetään kaupungin kasvaessa. Tavoite on, että kaupungin keskusta-alueista kasvaa vilkkaita ja omaleimaisia toiminnallisesti sekoittuneita alueita. (Vantaan kaupunki 2017.)

Vantaan maapoliittisten linjausten (2018) mukaan rakentaminen painottuu keskuksiin, rai-deliikenteen yhteyteen ja olemassa olevaan infrastruktuuriin. Asumisen, työpaikkojen ja palveluiden tiivistäminen keskuksiin vähentää myös autoilun tarvetta ja liikenteestä syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen määrää. (Vantaan kaupunki 2018b)



KUVIO 16. Suuntaa antava havainnekuva miten Myyrmäki voisi täydentyä vuoteen 2040 mennessä (Vantaan kaupunki 2018).



KUVIO 17. Myyrmäen kaavarungon maksimi kerrosluvut (Vantaan kaupunki 2018)

Työssä tarkasteltiin Myyrmäen kaavarunkotyöaineiston avulla kaupunkirakenteen muu-  
tosta alueella. Tiivistämisestä huolimatta katualueiden kasvillisuus on tavoitteena säilyt-  
tää. Tarkastelualueelta määriteltiin vettä läpäisevät ja läpäisemättömät pinnat sekä kasvil-  
lisuus. Lisäksi arvioitiin kaupunkimaisen rakennuskannan lisäämisen vaikutus lämpötiloi-  
hin Turun tapaustutkimuksen perusteella. Rakennuskannan lisäämistä arvioitiin tarkaste-  
lualueella käynnissä olevien asemakaava- ja alueen kehittämissuunnitelmatyön avulla.

### 4.3 Tikkurila

Tikkurila (ruots. Dickursby) on noin 6000 asukkaan kaupunginosa Tikkurilan suuralueella, Vantaan itäosassa, Helsingin rajan tuntumassa. Pinta-alaltaan se on Vantaan kolmanneksi pienin kaupunginosa. Tikkurila sijaitsee pääradan varrella, Keravanjoen pohjoispuolella, noin 16 kilometriä pohjoiseen Helsingin keskustasta. Se on toiminut Vantaan kaupungin hallinnollisena keskuksena vuodesta 1946 ja yksi pääkaupunkiseudun aluekesuksista. (Vantaan kaupunki 2015.)

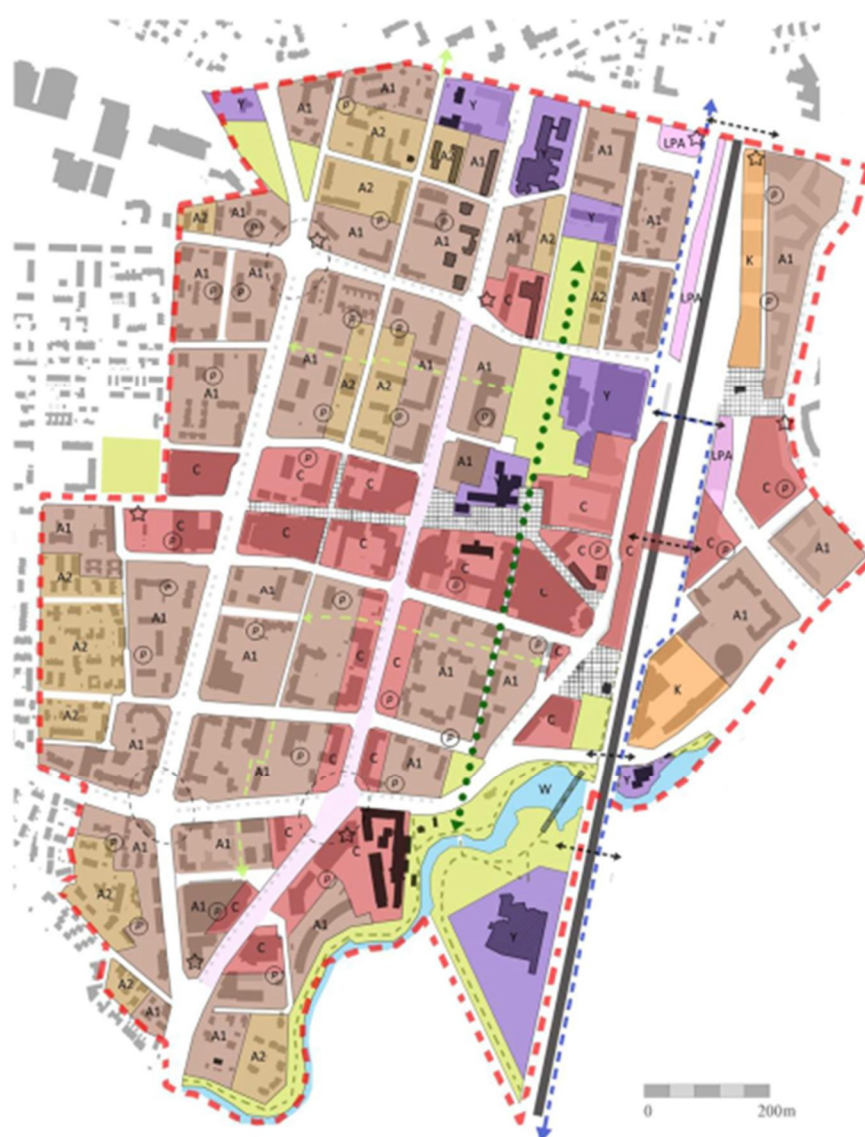
Tarkastelualueena on Kielotie -niminen katu välillä Unikkotie- Neilikkatie, liite 2. Tikkurilan keskustan kaavarunko on valmistunut vuonna 2015 ja sen mukaan Kielotien varren tontit rakennetaan entistä tehokkaammin.

#### 4.3.1 Kaupunkirakenteen muutos

Tikkurilan keskustan kaavarunko valmistui vuonna 2015 ja siinä keskeinen ajatus on täydentää olemassa olevaa yhdyskuntaa ottamalla rakenteen sisällä olevat alueet käyttöön. Rakentaminen hyödyntää täysin olemassa olevaa infrarakennetta. Se tukeutuu kokonaan nykyisiin raideliikenneyhteyksiin ja nykyiseen katuverkkoon. Myös vesihuolto-, energia- ja dataverkostot on jo rakennettu. (Vantaan kaupunki 2015.)

Valtaosa tulevasta rakennusoikeudesta on asumista ja myös Kielotien varren tontit rakennetaan entistä tehokkaammin. Uusia asuntoja kaavarungon alueella valmistuu lähivuosikymmeninä noin 5 000 – 6 000 uudelle asukkaalle eli noin 250 000 kerrosneliometriä. Tästä noin 220 000 kerrosneliometriä sijoittuu kaavarungon osoittamille asumisen (A) korttelialueille ja 30 000 keskustatoimintojen (C) alueille. Keskustatoimintojen alueelle voi sijoittua palvelu- ja liikerakentamista sekä hallintoa ja asumista. Lisäksi voimassa olevissa asemakaavoissa on käyttämätöntä kaavavarantoa, mikä nostaa kokonaisrakennusoikeuden määrän noin 300 000 kerrosneliometriin. (Vantaan kaupunki 2015)

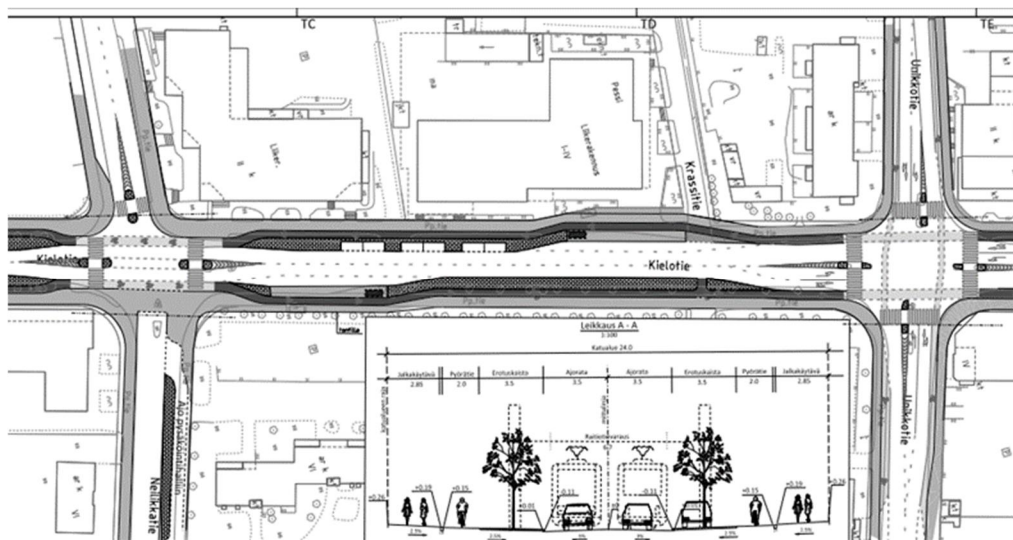
Kielotie on suunniteltu muutettavan joukkoliikennepainotteiseksi kaduksi. Sen katutilasta on tavoitteena tehdä miellyttävä ja kävelyyn houkutteleva.


**MERKKIEN SELITYKSET:**

<b>C</b>	KESKUSTATOIMINTOJEN ALUE
<b>K</b>	LIIKE- JA TOIMISTORAKENNUSTEN ALUE
<b>Y</b>	YLEISTEN RAKENNUSTEN ALUE
<b>LPA</b>	PYSÄKÖINNILLE VARATTU ALUE
<b>A1</b>	TEHOKAS ASUNTOALUE, ENSISIJASESTI KERROSTALOILLE
<b>A2</b>	MATALA JA TIIVIS ASUNTOALUE, ENSISIJASESTI PIENKERROSTALOJA JA KYTKETTYÄ PIENTALOJA.
<b>V</b>	VIIRKISTYSALUE
<b>W</b>	VESIALUE
	ASEMAKAAVALLA SUOJELTU RAKENNUS
	SUOJELTAVAKSI ESITETTÄVÄ RAKENNUS

	ALUEEN TIIVISTYMINEN EDELLYTÄÄ KESKITETTYÄ PYSÄKÖINTIÄ, SYMBOLI OSOITTAA PYSÄKÖINNIN LUKIMÄÄRÄISEN SUUNNIN
	KESKUSTABULEVARDINA KEHITETTÄVÄ KIELOTIE
	KEHITETTÄVÄ RISTEYSALUE
	VEHKAPOLKU, ESIKKOPIUSTON JA RANNAN YHÖSTÄVÄ PÄÄREITTI
	KORTTELIRAITTI
	PIKAPYÖRÄTIE, TIKKURILAN BAANA
	KATUPUUT
	RADAN ALITTAVA/YLITTÄVÄ KÄVELY- JA PYÖRÄILY-YHTEYS
	ULKOILUREITTI
	KESKUSTAN KÄVELYALUE
	FOKUSPISTE, NÄKYMÄ-AKSELIN PÄÄTE TEI MUU MERKITYKSELLINEN PAAKKA, JOKA TULEE OTTAA HUOMIOON RAKENNUSTA SUUNNITELTAESSA.

KUVIO 18. Tikkurilan kaavarunkokartta (Vantaan kaupunki 2015)



KUVIO 19. Kielotien yleissuunnitelma (Vantaan kaupunki 2015)

Työssä tarkasteltiin Kielotien yleissuunnitelman avulla kaupunkirakenteen muutosta alueella. Suunnitelmasta määriteltiin vettä läpäisevät ja läpäisemättömät pinnat sekä kasvillisuus. Lisäksi arvioitiin kaupunkimaisen rakennuskannan lisäämisen vaikutus lämpötiloihin Turun tapaustutkimuksen perusteella.

#### 4.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset

##### 4.4.1 Lämpötila

Lämpötilan muuttumista tutkittiin Ilmatieteenlaitoksen säädätän perusteella. Vantaalla on Helsinki-Vantaan lentoaseman havaintopiste, jolta on tallennettu sääaineistoa. Aineistoa käyttäen saatiin kuukauden keskilämpötilat vuosilta 1980- 2017. Ilmastomallien mukaan lämpötila nousee Suomessa tulevana vuosikymmeninä useita asteita.

Työssä tutkittiin kaupunkimaisen rakennuskannan lisäämisen arvioitua vaikutusta lämpötiloihin Turun tapaustutkimuksen perusteella. Arvio perustuu lineaariseen regressiomalliin, jossa selittävinä muuttujina on otettu huomioon kaupunkimainen maankäyttö ja sen määrän mahdollinen asteittainen lisääntyminen. Kaupunkimaisen maankäytön arviointi perustuu maanmittauslaitoksen SLICES- maankäyttöä kuvaavaan aineistoon. Aineistossa on määritetty urbaanit maankäyttötyytit, kuten liike- ja asuinrakennusten alueet sekä liikenneväylät 200 metrin säteellä lämpötila havaintopisteen sisältävästä hilasta. Kyseisten maankäyttötyyppien on todettu korreloivan voimakkaimmin kaupungin lämpösaarekeilmiön voimakkuuden kanssa. Eli käytännössä mitä enemmän kyseisiä maankäyttötäyppiejä

on lämpötilan havaintopisteen välittömässä läheisyydessä, sitä korkeampia ovat myöskin lämpötilat. (Ilmastotyökalut 2018.)

#### 4.4.2 Sadanta

Sademäärien muuttumista tutkittiin Ilmatieteenlaitoksen säädatan perusteella. Vantaalla on Helsinki-Vantaan lentoaseman havaintopiste, jolta on tallennettu sääaineistoa. Aineistoa käyttäen saatiin kuukauden keskisadanta vuosilta 1980- 2017. Ilmastomallien mukaan rankkasateiden ja sademäärien arvioidaan lisääntyvän selvästi. Työssä arvioitiin ilmastomallien ja Ilmatieteenlaitoksen aineiston perusteella sademäärien lisääntyminen tulevaisuuden Vantaalla.

#### 4.4.3 Vihreä infra

Tässä tutkimuksessa vihreällä infralla eli viherrakenteella tarkoitetaan katutilassa olevia katupuita ja muuta kasvillisuutta. Vihreän infran vaikutusta katutilassa tutkittiin viherkerrointyökalulla. Tarkastelualueilta laskettiin viherkerroin ja prosentuaalinen viherrakenteen osuus nykyisessä ja tulevaisuuden tilanteessa. Haastatteleamalla Vantaan kaupungin asiantuntijoita ja käyttämällä Green Fact-työpajan aineistoa oli tavoitteena laajentaa käsitystä työkalun käyttömahdollisuuksista katutilan vihertehokkuuden arvioimiseen.

Helsinki on kehittänyt ja ottanut käyttöön viherkertoimen tontin hulevesien hallintaa varten ja luonnonmonimuotoisuuden edistämiseksi. Kerrointa päivitetään ja sen hulevesipainotteisuutta on kehitetty iWater-hankkeessa. Viherkerroinmenetelmä parantaa kaupungin edellytyksiä sopeutua ilmastonmuutokseen edistämällä tonttikasvillisuuden vihertehokkuutta ja riittävän viherrakenteen säilymistä. Sen avulla voidaan joustavasti arvioida ja kehittää tapaa rakentaa tiivistä kaupunkirakennetta, joka on ilmastonmuutokseen sopeutunut, vihreää ja luo sosiaalisia arvoja pihaympäristöihin. Viherkerrointa käytetään ja työkalua kehitetään myös Vantaan kaupungin asemakaavoituksessa. (HSY 2017.) Keväällä 2018 julkaistiin Vantaan vihertehokkuusesite.

Tässä työssä käytettiin Ilmaston kestävä kaupunki sivuilla olevaa viherkerroinlaskuria, koska se on ILKKA-hankkeessa kehitetty perusversio. Helsinki ja Vantaa ovat kehittäneet laskuria piha-alueiden vihertehokkuuden määrittelyyn ja eri osa-alueiden painotukset ei sellaisenaan sovellu katualueiden tarkasteluun.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Lämpötila

Lämpötilan muutoksen tarkastelussa käytettiin Ilmatieteenlaitoksen säädataa Helsinki-Vantaa lentoaseman havaintopisteestä. Vantaan kaupunki on pinta-alaltaan laaja ja paikallisesti voi olla eroja lämpötiloissa.

Kuukauden keskilämpötila Vantaalla vaihtelee vertailu ajanjaksona  $-5,4^{\circ}\text{C} - 17,7^{\circ}\text{C}$ . Vuoteen 2030 mennessä lämpötila nousee kaikilla skenaarioilla  $1,5^{\circ}$ . Vantaalla tämä tarkoittaa, että vaihteluväli on  $-3,9^{\circ}\text{C} - 19,2^{\circ}\text{C}$ . Lämpötiloja vuonna 2100 tarkasteltiin skenaariolla RCP 4.5 ja RCP 8.5. Tämän lisäksi tarkasteltiin lämpötiloja niin, että kesällä lämpötilan kohoaminen on pienempää kuin talvella.

Tuloksien perusteella voidaan havaita, että vuonna 2100 skenaariolla RCP 4.5 kesäkausi on pidentynyt kuukaudella. Kesäkuukausiksi lasketaan Ilmatieteenlaitoksen mukaan kuukaudet, joiden keskilämpötila on yli  $10^{\circ}\text{C}$ . Skenaariolla 8.5 kesä on pidentynyt kahdella kuukaudella ja talvella lämpötila ei enää laske alle  $0^{\circ}\text{C}$ .

TAULUKKO 4. Kuukauden keskilämpötila vertailujaksolla 1980-2017 ja muutos eri skenaarioilla (Ilmatieteenlaitos 2018).

	Kuukauden keskilämpötila	kaikki skenaariot $+1,5^{\circ}\text{C}$	RCP 4.5 $+2^{\circ}\text{C}$	RCP 4.5 $+4^{\circ}\text{C}$	RCP 8.5 $+4^{\circ}\text{C}$	RCP 8.5 $+7^{\circ}\text{C}$
	v. 1980-2017	v.2030	v.2100 kesäkuukaudet	v.2100	v.2100 kesäkuukaudet	v.2100
Tammikuu	-5,2	-3,7		-1,2		1,8
Helmikuu	-5,4	-3,9		-1,4		1,6
Maaliskuu	-1,8	-0,3		1,9		5,2
Huhtikuu	4,1	5,6		8,1		11,1
Toukokuu	10,5	12	12,5	14,5	14,5	17,5
Kesäkuu	14,8	16,3	16,8	18,8	18,8	21,8
Heinäkuu	17,7	19,2	19,7	21,7	21,7	24,7
Elokuu	15,9	17,4	17,9	19,9	19,9	22,7
Syyskuu	11,0	12,5	13	15	15	18
Lokakuu	5,7	7,2		10,7	10,7	12,7
Marraskuu	0,8	2,3		4,8		7,8
Joulukuu	-2,6	-1,1		3,3		4,4

#### 5.1.1 Lämpösaarekeilmiö

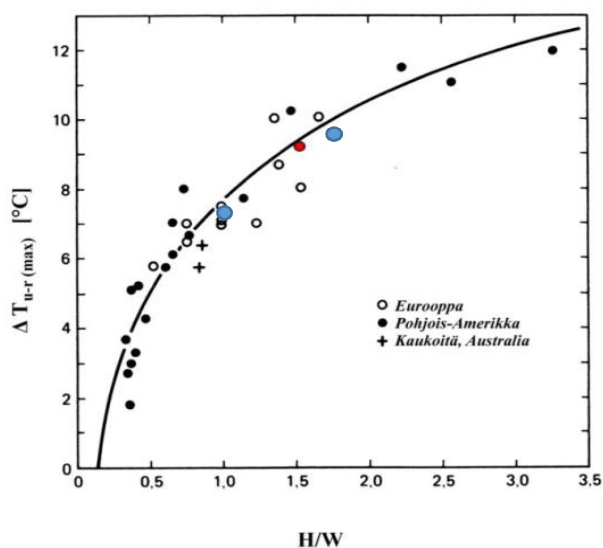
Lämpösaarekkeen voimakkuutta tutkittaessa on havaittu rakennusten korkeuden ja katujen leveyden välisen suhteen merkitys. Mitä korkeampia rakennukset ovat suhteessa katujen leveyteen, sitä voimakkaampi on yleensä lämpösaareke. Tämä johtuu suuremman

rakennusmassan lämmönvarauskyvystä, suuremmasta ihmistoiminnan aiheuttamasta hukkalämmöstä, sekä korkeiden katukuilujen ulossäteilyä hidastavasta vaikutuksesta. (Drebs et al. 2012, 6.) Vuonna 1981 Oke esitteli kaavansa kaupunkien lämpösaarekkeen voimakkuuden arvioimiseen.

$$(\Delta T_{u-r}(\max) = 7,45 + 3,97 * \ln(H/W)) \text{ (Drebs 2011, 15).}$$

Vaskivuorentien tyyppinen katu, jonka leveys on 38,5m kestää korkean rakentamisen melko hyvin. Sen sijaan Liesikuja puolet kapeampana katuna 9 kerroksisilla rakennuksilla saa H/W suhteeksi 1,7, joka vastaa Helsingin Uudenmaankadun lukua (Drebs 2011, 15). Tikkurilassa Kielotie saa kaavarungon mukaisella tiivistämisellä H/W suhteeksi 1 ja korkeammalla rakentamisella se voi jopa tuplaantua. Tarkastelualueiden katukuilujen laskelmat on esitetty liitteessä 7.

Kuviossa 19. on kaupunkeja esitetty mustilla pisteillä Pohjois-Amerikassa, avoimilla palloilla Euroopassa ja risteillä Australiassa. Punaisella pisteellä on esitetty Helsinki ja sinisillä pisteillä on esitetty Myyrmäen ja Tikkurilan sijoittuminen verrattuna muihin.

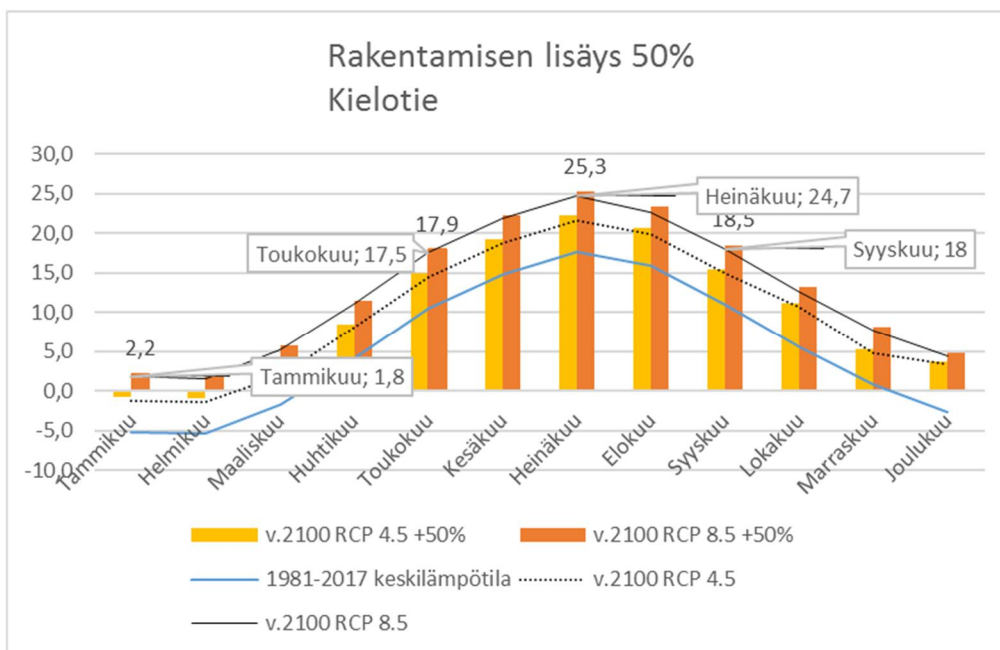


KUVIO 20. Lämpösaarekkeen maksivoimakkuuden, sekä rakennusten korkeuden ja katu-  
jen leveyden välisen suhteen välinen riippuvuus (muokattu kuvasta Oken, 1987 ja Dreb-  
sin, 2006 mukaan).

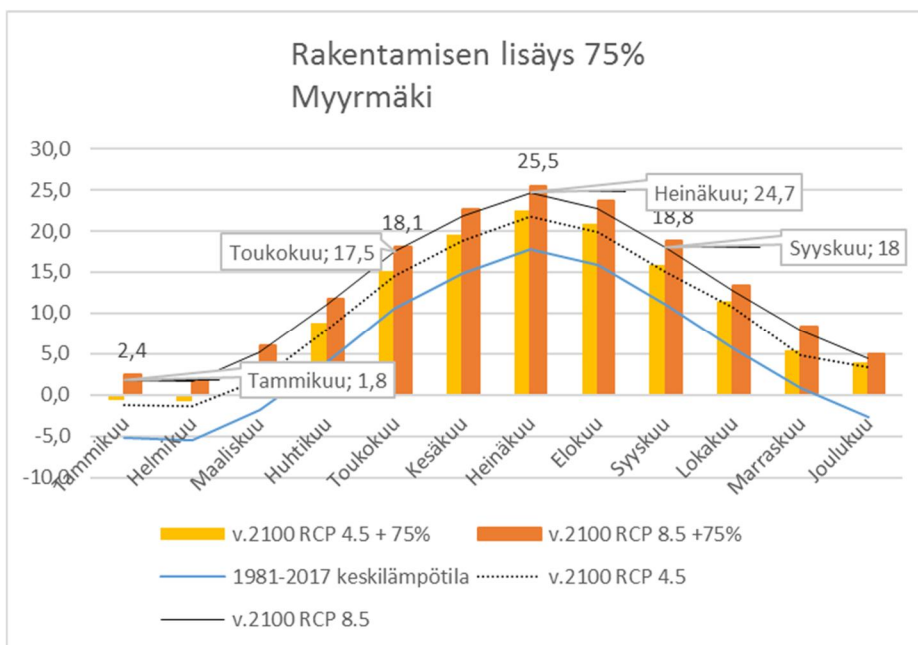
### 5.1.2 Rakentamisen lisäämisen vaikutus lämpötilaan

Myyrmäen ja Tikkurilan keskustan täydennysrakentaminen ja sen myötä kaupunkirakenteen tiivistyminen vaikuttaa omalta osaltaan lämpötilan nousuun ilmastomuutoksen lisäksi.

Tikkurilan Kielotien varressa rakentaminen lisääntyy kaavarungon mukaan vähintään 50% ja Myyrmäen tekeillä olevan kaavarungon mukaan rakentaminen lisääntyy tarkastelualueella 75%. Rakentamisen aiheuttama lämmön nousu tiiviisti rakennetuilla alueilla on keskimäärin 0,5- 0,9 °C riippuen rakentamisen lisäyksen prosentuaalisesta osuudesta.



KUVIO 21. Rakentamisen lisäys 50% ja sen vaikutus kuukauden keskilämpötilaan.



KUVIO 22. Rakentamisen lisäys 75% ja sen vaikutus kuukauden keskilämpötilaan.

### 5.1.3 Yhteenveto

Tuloksien perusteella voidaan havaita, että vuonna 2100 skenaariolla RCP 4.5 kesäkausi on pidentynyt kuukaudella. Skenaariolla 8.5 kesä on pidentynyt kahdella kuukaudella ja talvella lämpötila ei enää laske alle 0°C.

Lämpösaarekeen voimakkuutta tutkittiin Oken kaavalla, jota Drebs käytti tutkimuksessaan vuonna 2011. Laskelmien perusteella Myyrmäen ja Tikkurilan tiivistäminen voi tulevaisuudessa muodostaa lämpösaarekkeita riippuen rakennusten korkeuden ja katujen leveyden välisestä suhteesta.

Rakentamisen lisääminen vaikuttaa lämpötilaan vuonna 2100 riippuen sen prosentuaalisesta osuudesta vähintään + 0,5 astetta.

## 5.2 Sadanta

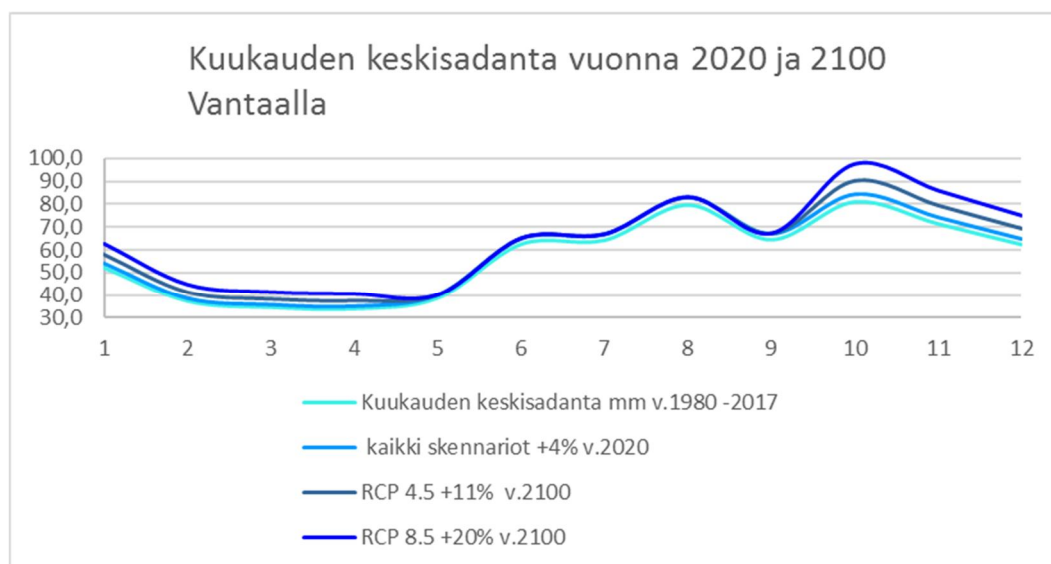
Sademäärien muutoksen tarkastelussa käytettiin Ilmatieteenlaitoksen säädataa Helsinki-Vantaa lentoaseman havaintopisteestä. Vantaan kaupunki on pinta-alaltaan laaja ja sademäärissä voi olla paikallisia eroja.

Kuukauden keskimääräinen sadesumma Vantaalla vaihtelee vertailuajanjaksona 33,8 mm – 81,3 mm. Vuoteen 2020 mennessä sademäärät lisääntyvät 4% kaikilla skenaarioilla. Vantaalla tämä tarkoittaa, että vaihteluväli on 35,2 mm – 84,6 mm. Kuukauden keskisadantaa vuonna 2100 tarkasteltiin skenaariolla RCP 4.5 ja RCP 8.5 niin, että lisäys laskettiin talvikaudelle ja kesäkaudella oletettiin sadannan olevan vuoden 2020 tasolla.

Tuloksien perusteella voidaan havaita, että vuonna 2100 skenaariolla RCP 4.5 Vantalla sataa todennäköisesti tammi- ja helmikuussa lunta ja sademäärä kasvaa noin 10 mm. Lokakuusta joulukuuhun lämpötila on vuonna 2100 noussut 0°C yläpuolelle ja sateet ovat muuttuneet vesisateiksi. Sademäärä kasvaa vertailuajanjaksosta vuoteen 2100 skenaariolla RCP 8.5 noin 15 mm lokakuussa.

TAULUKKO 5. Kuukauden keskisadanta ja ilmastonmuutoksen vaikutukset eri skenaarioilla Vantaalla. Mittauspiste Helsinki-Vantaan lentoasema. (Ilmatieteenlaitos 2018)

	Kuukauden keskisadanta mm v.1980-2017	kaikki skenaariot +4% v.2020	RCP 4.5 +11% v.2100	RCP 8.5 +20% v.2100
		v.2020	v.2100	v.2100
Tammikuu	52,2	54,3	58,0	62,7
Helmikuu	37,2	38,7	41,3	44,7
Maaliskuu	34,5	35,9	38,2	41,3
Huhtikuu	33,8	35,2	37,5	40,6
Toukokuu	38,6	40,1	40,1	40,1
Kesäkuu	62,6	65,1	65,1	65,1
Heinäkuu	64,4	66,9	66,9	66,9
Elokuu	79,9	83,1	83,1	83,1
Syyskuu	64,6	67,2	67,2	67,2
Lokakuu	81,3	84,6	90,3	97,6
Marraskuu	71,6	74,5	79,5	85,9
Joulukuu	62,5	65,0	69,4	75,0



KUVIO 23. Kuukauden keskisadanta Vantaalla, Helsinki-Vantaan havaintoasema. Todennäköisesti sateet lisääntyvät syksyllä ja talvella.

### 5.2.1 Yhteenveto

Vuoteen 2020 mennessä sademäärät lisääntyvät 4% kaikilla skenaarioilla. Vantaalla tämä tarkoittaa, että vaihteluväli on 35,2 mm – 84,6 mm. Tuloksien perusteella voidaan havaita, että vuonna 2100 skenaariolla RCP 4.5 Vantalla sataa todennäköisesti tammi- ja helmikuussa lunta ja sademäärä kasvaa noin 10 mm. Lokakuusta joulukuuhun lämpötila on

vuonna 2100 noussut 0°C yläpuolelle ja sateet ovat muuttuneet vesisateiksi. Sademäärä kasvaa vertailuajanjaksosta vuoteen 2100 skenaariolla RCP 8.5 noin 15 mm lokakuussa.

### 5.3 Vihreä infra

#### 5.3.1 Myyrmäki

Tarkastelualueella on nykyisin paikoitellen runsaat istutusalueet. Katualueet on mitoitettu vastaamaan liikenteen kasvuun tulevaisuudessa ja tästä syystä on mahdollista säilyttää istutusalueet muutoksista huolimatta. Liikenteen kasvu ei ole ollut niin suurta kuin 1970-luvulla ennustettiin. Nykyiset liikkumisen kehityssuunnat tukevat myös muitakin muotoja kuin autoliikennettä.

Katutilan vihreää infraa tutkittiin viherkertoimen avulla. Tarkastelu tuotti melko hyviä tuloksia. Tavoitetaso määrittelyyn käytettiin teollisuus- ja logistiikka-alueen tavoitetasoa 0,5, joka saavutettiin lähes kaikilla alueilla. Nivamutka -niminen alue on asfaltti pinnalla oleva pysäköintialue ja tästä syystä viherkerrointa ei pystynyt laskemaan. Myös Vaskivuorentien liittymäalue jäi ilman viherkerrointa. Lisäksi laskettiin vertailun vuoksi istutusalueen prosentuaalinen osuus läpäisemättömästä pinnasta. Myyrmäen tarkastelualueella ei tuloksien perusteella voida johtaa yhteyttä viherkertoimen ja prosentuaalisen osuuden välille. Viherkerroinlaskelmat on esitetty liitteessä 5.

TAULUKKO 6. Tarkastelualueen analysointia

Alueet	Kiveys, asfaltti m <sup>2</sup>	Istutusalue m <sup>2</sup>	puita kpl	Istutusalueen %-osuus	Viherkerroin
Myyrmäenraitti	1613	622	30	39	0,9
Myyrmäentie +Myyrmäentie jk+pp pohj	3028	2387	33	79	0,9
Nivamutka	2229	0	2	0	0
Vaskivuorentie länsi+ jk+pp	2844	212	3	8	0,2
Vaskivuorentie itä+ jk+pp	3653	1173	23	32	0,6
Vaskivuorentie liittymä+ jk+pp	1769	0	0	0	0
Jönsaksentie +jk+pp	2485	1177	43	47	1
Liesikuja	1633	330	25	20	0,7



KUVIO 24. Tarkastelualueen rajaus Punaisella värillä on esitetty jalankulku ja pyörätiet, vihreällä puut ja vettä puoliläpäisevät alueet.

### 5.3.2 Tikkurila

Tarkastelualue on tyypillinen Tikkurilan keskustan katu. Ajouradan molemmin puolin puurit, joiden toisella puolella yhdistetty jalankulun ja pyöräilyn väylä. Katutilaa rajaavat osittain rakennukset ja osittain pysäköintialue.

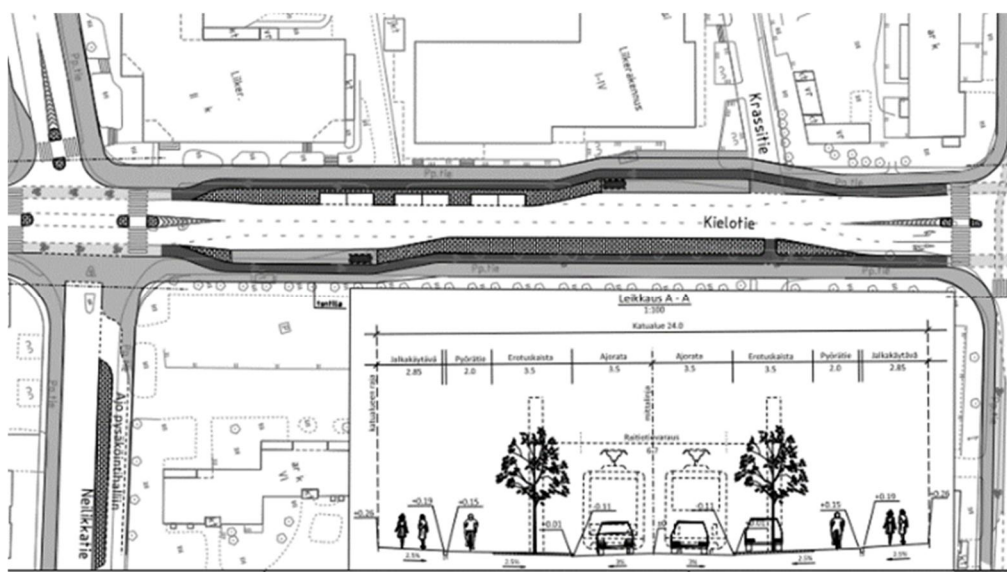
Katutilan vihreää infraa tutkittiin viherkertoimen avulla. Laskettiin katupuiden lukumäärä, läpäisemättömän ja puoliläpäisevän pinnan pinta-ala. Tarkastelu tuotti melko hyviä tuloksia. Tavoitetaso määrittelyyn käytettiin teollisuus- ja logistiikka-alueen tavoitetasoa 0,5, joka saavutettiin. Tarkastelualueella ei ole varsinaisia istutusalueita. Tästä syystä laskettiin vettä puoliläpäisevän kiveyksen osuus läpäisemättömästä pinnasta.



Tarkastelualueelle on tehty yleissuunnitelma vuonna 2015 kaavarungon tavoitteiden mukaisesti. Suunnitelmassa katualuetta on jäsennely toisin ja saatu enemmän tilaa jalankululle ja pyöräilylle. Tästä syystä suunnitelmassa vettä läpäisemättömän pinnan osuus kasvaa. Olemassa olevia katupuita ei pysty säilyttämään. Suunnitelmassa on kuitenkin varattu tilaa uusille katupuille. Viherkertoimen tavoitetasoa ei suunnitelman mukaisella ratkaisulla enää saavuteta.

#### TAULUKKO 8. Yleissuunnitelman analysointia

	Yleissuunnitelman mukainen					
Alueet	Läpäisemätön pinta esim. asfaltti m <sup>2</sup>	Hulevesien käsittelyyn m <sup>2</sup>	Kiveys puolläpäisevää m <sup>2</sup>	Istutettavia puita kpl	Kiveys puolläpäisevää %-osuus	Viherkerroin
Kielotie	5069,5	0	0	15	0	0,2

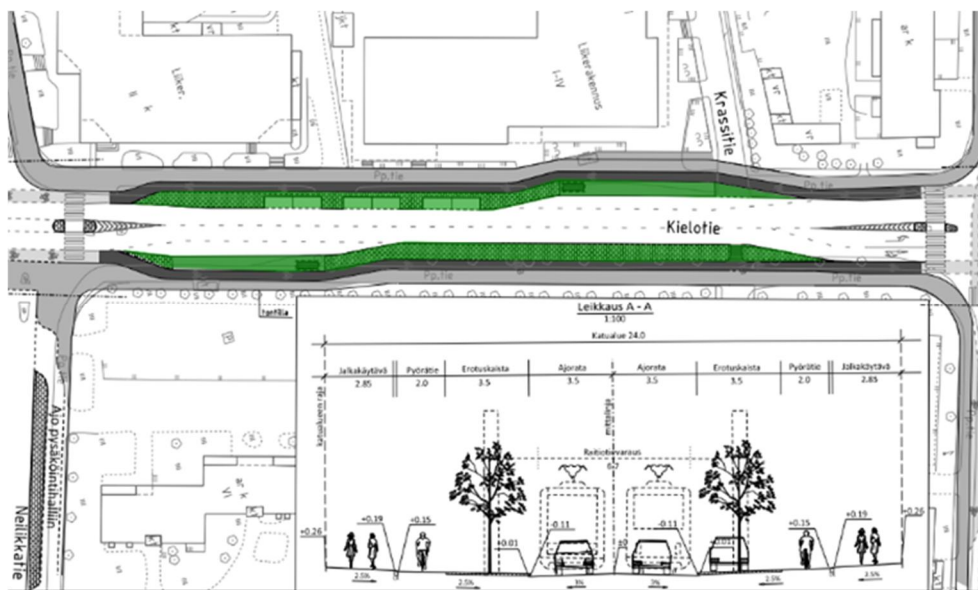


KUVIO 26. Yleissuunnitelma Kielotie välillä Lummetie-Neilikkatie

Yleissuunnitelmaa muokkaamalla testattiin, millaisilla muutoksilla on mahdollista saavuttaa viherkertoimen minitaso. Suunnitelmaan lisättiin puolläpäisevää kiveystä sekä pysäköintiin varatuille että bussipysäkkialueille ja hulevesien käsittelyä varten alueita. Näillä muutoksilla saavutettiin minitaso 0,4

## TAULUKKO 9. Muokattun yleissuunnitelman analysointia

Alueet	Muokattu yleissuunnitelma	Hulevesien käsittelyyn m <sup>2</sup>	Kiveys puoliläpäisevää m <sup>2</sup>	Istutettavia puita kpl	Kiveyksen %-osuus	Viherkerroin
Kielotie	4221,5	200	600	15	13,5	0,4



KUVIO 27. Muokattu yleissuunnitelma Kielotie välillä Lummetie-Neilikkatie.

### 5.3.3 Green Fact työpaja 21.5.2018

Työpajassa pohdittiin viherkertoimen käytäntöjä ja kokemuksia käyttämisestä sekä arvioitiin sitä osana kestävästä kaupunkia. Kokemukset kertoimen käytöstä ovat hyviä sekä Suomessa että ulkomailla. Kuitenkin koettiin, että tarvitaan poliittista päätöksentekoa tukemaan kertoimen käyttöönottoa ja tavoitteet olisi hyvä olla mukana kaavamääräyksissä. Myös helppokäyttöiselle ja yksinkertaiselle ohjeistukselle olisi tarvetta. Viherkertoimen käyttöön liittyen pohdittiin pisteytyksen ymmärrettävyyttä ja väärinkäytön mahdollisuutta. Viherkertoimen muuttaminen vihertehokkuudeksi perusteltua. Se on kuvaavampi käsitteenä ja verrattavissa rakennustehokkuuteen. Työpajasta tarkemmin liitteessä 6.

#### 5.3.4 Haastattelu 3.10.2018

Haastattelin Vantaan kaupungin asiantuntijoita ja muistio keskustelusta liitteessä 7. Viherkerrointa käytetään kaupunkisuunnittelun työkaluna ja sen koetaan olevan hyvä väline määrittelemään tonttien vihertehokkuutta. Keväällä 2018 valmistui Vihertehokkuus Vantaalla -esite. Sen mukaan vihertehokkuus-menetelmän avulla varmistetaan riittävä vihreä ja läpäisevä pinta-ala tonteilla. Laskuri ohjeineen ja vihertehokkuusesite löytyvät Vantaan kaupungin nettisivuilta.

Tavoitteena on kehittää seurantajärjestelmä toteutuneille kohteille, jotta voidaan varmistaa hyvien suunnitelmien toteutuminen. Ei riitä, että vihertehokkuus saavutetaan suunnitelmatasolla. Seurantajärjestelmän kehittämisessä on tärkeä rooli rakennusvalvonnalla.

Viherkertoimen soveltuvuutta katualueella on tarkasteltu yhteistyössä kaupunkisuunnittelun ja Kuntatekniikan kanssa, ja tämä työ on vielä kesken. Vihertehokkuutta on laskettu eri tyyppisille kaduille nykytilanteessa ja katusuunnitelmien avulla. Katualueella on haasteellista tavoitteen määrittelemisen eli millaista viherympäristöä tavoitellaan.

#### 5.3.5 Yhteenveto

Katutilan vihreää infraa tutkittiin viherkertoimen avulla. Tarkastelu tuotti melko hyviä tuloksia. Tavoitetason määrittelyyn käytettiin teollisuus- ja logistiikka-alueen tavoitetasoa 0,5 joka Myyrmäessä saavutettiin lähes kaikilla alueilla. Tikkurilassa tarkasteltiin Kielotietä Väliällä Unikkotie- Neilikkatie. Nykytilanteessa tavoitetaso saavutettiin. Yleissuunnitelmassa läpäisemättömän pinnan lisääntymisen vuoksi viherkerroin jäi alle minimitason. Yleissuunnitelmaa muokattiin lisäämällä puoliläpäisevää pintaa ja hulevesien käsittelyyn varattua tilaa. Näillä muutoksilla saavutettiin minimitaso 0,4

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vantaalla pitkän aikavälin ympäristötavoitteita määrittää resurssiviisauden tiekartta, jonka taustalla on luonnonvarojen hupeneminen ja ilmastonmuutos. Kun Vantaan ympäristötavoitteisiin yhdistetään MAL 2019 suunnitelman tavoitteet maankäytön, asumisen ja liikenteen osalta saadaan kokonaisvaltainen tavoite kaupungin kehittämiseksi tulevaisuudessa. Suunnitelmia yhdistää tavoite hiilineutraalista ympäristöstä.

Tässä työssä tutkittiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia katutilaan. Tiivistyvän kaupunkirakenteen myötä katutilan rooli viihtyisänä kaupunkitilana tulee tärkeämmäksi. Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta sateiden määrä lisääntyy ja lämpötilat nousevat tulevina vuosikymmeninä. Katutilan tulee tulevaisuudessa mukautua erilaisiin sääolosuhteisiin. Tutkittavina kohteina olivat keskenään erilaiset kaupunkikeskustat, jotka kuitenkin ovat Vantaalle tyypillisiä keskustoja. Tavoitteena oli tuottaa Vantaan kaupungin suunnittelijoille ohjeistus ilmastonmuutoksen vaikutusten huomioimiseen suunnittelussa.

### 6.1 Yleiset johtopäätökset

Vuonna 2100 Vantaalla ei kuukauden keskilämpötila laske talvikuukausinakaan pakkasen puolelle. Lisääntyneet sateet ovat talvella vettä ja hulevesien käsittelyyn tarvitaan tilaa myös katualueella. Hulevesille varattu tila toimii myös lumitilana tulevina vuosikymmeninä, kun lunta voi kerralla sataa runsaasti. Katualueen pintamateriaaleilla on tulevaisuudessa suurempi merkitys kuin nykyisin. Hulevesien käsittelyyn varattujen alueiden lisäksi tulee myös käyttää puoliläpäiseviä tai läpäiseviä materiaaleja katutilassa mahdollisuuksien mukaan. Kadun kasvillisuuden tulee sietää ajoittain runsasta vettä ja ajoittain kuivia ajanjaksoja. Tulvareittien suunnitteleminen rankkasateiden varalle on tärkeää.

Lämpösaarekeilmiön muodostumiseen vaikuttaa tiivis kaupunkirakenne ja katutilan mitoitus. Rakentamisen myötä ilmavirtaukset katukuilussa voivat muuttua ja tuulettumista ei enää tapahdu. Suunnittelussa tulisikin huomioida myös tuuliolosuhteet. Lämpösaareke voi tulevaisuudessa olla Suomessakin huomioitava ilmiö. Suunnittelussa tulisi hyödyntää lämpötilojen alueelliset erot esim. rakennusten lämmityksessä tai siirtolapuutarhan sijoittamisessa.

Kasvillisuuden avulla tehdään katutilasta miellyttävää oleskeluympäristöä. Hulevesien käsittelyyn varatuilla alueilla kasvillisuudella voidaan puhdistaa hulevesiä. Kasvillisuus hyödyntää katualueiden hulevedet ja viemäriverkostoon kulkeutuu vähemmän vettä. Katupuut ja aluskasvillisuus myös viilentävät ilmaa pidättämällä vettä kasvillisuuskerroksissa. Vihertehokkuuden määrittely katutilassa on haastavaa, koska katutilan mitoitukseen vaikuttaa

myös liikenteellinen toimivuus, kunnallistekniikka ja viihtyvyys. Laskurin soveltaminen vaatii lisää tutkimista ja kehitystyötä. Nykyisellään se voi ohjata liian suuriin katualuevarauksiin asemakaavoissa.

## 6.2 Suositukset suunnittelua varten

Tämän työn pohjalta voidaan johtaa joitakin suosituksia suunnittelua varten. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin voidaan varautua huomioimalla suunnittelussa seuraavia asioita

1. Kaavarungoissa ja asemakaavoissa varataan tilaa kasvillisuudelle myös tiiveimmillä keskusta-alueilla.
  - Pyritään säilyttämään hyväkuntoiset puut sekä katualueella että ton-teilla. Puiden lisäksi istutetaan pensaita ym. kasvillisuutta
2. Suunnitellaan katutilaa kokonaisuutena huomioiden liikenteen, kunnallistekniikan, hulevesien ja kasvillisuuden tarpeet.
  - Katutila ei ole kompromissiratkaisu niin, että heikennetään jonkin osaluueen toimivuutta toisen kustannuksella.
  - säästetään henkilöstöresursseja ja lopputuloksesta saadaan parempi
3. Käytetään mahdollisuuksien mukaan puoliläpäiseviä ja kokonaan läpäiseviä pintamateriaaleja esim. avointa asfalttia.
  - Tämä vaikuttaa kunnallistekniikan sijaintiin katutilassa
  - voidaan käyttää mm. pysäköintialueilla, bussipysäkeillä, jalankulku- ja pyöräteillä
4. Ohjataan ajoradan hulevesiä istutusalueille
  - Istutusaluetta ei rajata ajoradasta reunakivellä tai reunakivi on ajoradan asfaltin tasossa
  - kadun taseus suunnitellaan niin, että vedet ohjautuvat istutusalueille
5. Valitaan hulevesien puhdistamiseen soveltuvaa kasvillisuutta
  - Kasvien tulee myös sopeutua erilaisiin sääolosuhteisiin
  - tehdään kehitystyötä ja seurataan muiden hankkeita

## LÄHTEET

Drebs, A.J. 2011. Helsingin lämpösaareke ajallisena ja paikallisena ilmiönä. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto 2011

Drebs, A., Suomi, J., Väyrynen, R. & Kaate, I. 2012. Kaupungin lämpösaarekkeen ominaispiirteitä. Ilmaston kestävä kaupunki 2012. Saatavissa:

<http://ilmastotyokalut.fi/raportit-ja-tyokalut/>

Haanpää, S., Juhola, S., Klein, J. & Seppälä, A. 2017. Ilmastokaduilla hiilineutraaleihin kaupunkeihin? Ilmastokatu-hankkeen arviointiraportti. Rakennetun ympäristön laitos, Aalto-yliopisto 2017. Saatavissa:

[http://ilmastokatu.fi/files/2017/tyokalupakki/07/Ilmastokatu\\_arviointiraportti\\_111017.pdf](http://ilmastokatu.fi/files/2017/tyokalupakki/07/Ilmastokatu_arviointiraportti_111017.pdf)

HSL 2018. Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne, MAL 2019 -luonnos.

Saatavissa: <https://www.hsl.fi/mal/mal-2019>. [Viitattu 14.11.2018 ]

Ilmastotyökalut 2018. Saatavissa: <http://ilmastotyokalut.fi/>. [Viitattu 30.7.2018 ]

Ilmatieteenlaitos 2018. Säähavainnot. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos ja ympäristöministeriö 2018. Ilmatieteen laitoksen ja ympäristöministeriön tiedote 8.10.2018. Saatavissa:

<https://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/706150487>

Ilmatieteenlaitos 2018. Ilmastokatsaus heinäkuu 2018. Saatavissa:

<http://www.ilmastokatsaus.fi/2018/08/06/heinakuun-2018-kuukausikatsaus/>

Ilmatieteen laitos. 2011. ACCLIM II – Ilmastomuutosarviot ja asiantuntijapalvelu sopeutumistutkimuksia varten. Lyhyt loppuraportti.

23 Saatavissa: [http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f72ce783-0bae-4468-b67e-8e280bec1452&groupId=30106](http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=f72ce783-0bae-4468-b67e-8e280bec1452&groupId=30106)

Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J. & Fronzek, S. 2012. Ilmasto. Julkaisussa:

Ruuhela, R. (toim.) 2012. Miten väistämättömään ilmastonmuutokseen voidaan varautua? - yhteenveto suomalaisesta sopeutumistutkimuksesta eri toimialoilla. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. MMM:n julkaisuja 6/2011: 16–23. Saatavissa:

[http://mmm.fi/documents/1410837/1721026/MMM\\_julkaisu\\_2012\\_6.pdf/c01a813c-8538-4efa-b29e-4844d723c0af](http://mmm.fi/documents/1410837/1721026/MMM_julkaisu_2012_6.pdf/c01a813c-8538-4efa-b29e-4844d723c0af)

Jormola, J., Ristimäki, M., Vienonen, S. & SYKE, 2017. Rankkasateiden hallinta ja hulevedet. Maanpäällisten hulevesien hallintakeinojen edistäminen. Syke ja Aalto yliopisto 2016. Saatavissa: <http://www.syke.fi/fi->

[FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Vesihuoltoverkoston\\_tila\\_ja\\_riskien\\_hallinta\\_VERTI](http://www.syke.fi/fi-Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Vesihuoltoverkoston_tila_ja_riskien_hallinta_VERTI)

Jylhä, K., Ruokolainen, L., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Saku, S., Seitola & T. Venäläinen, A. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten. ACCLIM-hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitos raportteja 2009:4. 102 s. Saatavissa:

<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15711/2009nro4.pdf?sequence=1>

Jyväskylän kaupunki 2016. Puutarhakadun yleissuunnitelma Green Street menetelmän keinoin. Jyväskylän kaupunki 30.6.2016. Saatavissa:

[https://www.jyvaskyla.fi/sites/default/files/atoms/files/ks\\_13032018\\_2\\_puutarhakatu\\_tauas\\_uunnitelma.pdf](https://www.jyvaskyla.fi/sites/default/files/atoms/files/ks_13032018_2_puutarhakatu_tauas_uunnitelma.pdf)

Järveläinen, J., Malin, I. & Kotakorpi, M. 2016. Vesijärven hulevesikuormitus Lahden kaupunkialueelta. Lahden kaupunki, Lahden seudun ympäristöpalvelut. Saatavissa:

[https://www.lahti.fi/PalvelutSite/AsuminenSite/Documents/2016\\_Hulevesikuormitusraportti.pdf](https://www.lahti.fi/PalvelutSite/AsuminenSite/Documents/2016_Hulevesikuormitusraportti.pdf)

Kaivo-oja, J., 2018. Globaalitalouden kaupungistumiskehitys ja Suomen kaupungistumisprosessi tuoreiden trendianalyysien valossa. Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen blogi 08.02.2018. Saatavissa:

<https://ffrc.wordpress.com/2018/02/08/kaupungistumiskehitys/>

Kananen, J. 2013. Case tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2013.

Lajevardi, L. 2012. Thesis Urban Retrofitting a community-capacity. University of Nicosia Department of Architecture 2012. Saatavissa: <https://www.academia.edu>

Loikkanen, H.A. Laakso, S., 2016. Tiivistyvä kaupunkikehitys- tuottavuuden ja hyvinvoinnin kasvun perusta. Tehokkaan Tuotannon Tutkimussäätiö julkaisusarja 5, 2016.

Saatavissa: [http://www.kaupunkitutkimusta.fi/wp-content/uploads/2016/02/Tiivistyv%C3%A4-kaupunkikehitys-TTTS\\_5.pdf](http://www.kaupunkitutkimusta.fi/wp-content/uploads/2016/02/Tiivistyv%C3%A4-kaupunkikehitys-TTTS_5.pdf)

Loikkanen, H.A, Laakso, S., 2018. Kaupungistuminen – viimeaikainen ilmiö vai pitkään jatkunut kehityskulku? Kvartti 1/2018. Saatavissa:

<https://www.kvartti.fi/fi/artikkelit/kaupungistuminen-viimeaikainen-ilmio-vai-pitkaan-jatkunut-kehityskulku>

Mäkelä, A. Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Jylhä, K. Tuomenvirta, H & Drebs, A. 2016. Ilmastomuutos pääkaupunkiseudulla. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Raportteja 2016:18. 28 Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/170155>

Orava, M., Lehikoinen, E., Rimpiläinen, U.-M., Semeri, S. & Loukkaanhuhta, U. 2014. Vantaan kaupungin hulevesien hallinnan toimintamalli. Vantaan kaupunki, Mankäytön, rakentamisen ja ympäristön toimiala, Kuntatekniikan keskus 2014.

Ruosteenoja, K. Jylhä, K. & Kämäräinen, M., 2016. Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. Geophysica, Volume 51, Issue 1: 17–50. Saatavissa: [http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica\\_2016\\_51\\_1-2\\_017\\_ruosteenoja.pdf](http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_2016_51_1-2_017_ruosteenoja.pdf)

Ruosteenoja, K., 2016. Uudet Suomea koskevat ilmastomuutosennusteet julkaistu. Ilmatieteenlaitoksen tiedote arkisto 19.12.2016. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedotearkisto>

Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Kämäräinen, M. & Pirinen, P. 2016. Terminen kasvukausi lämpenevässä ilmastossa. Terra, 128:1: 3–15. Saatavissa: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/documents/31422/83635880/Ruosteenoja+Terminen+kasvukausi+%C3%A4mpenev%C3%A4ss%C3%A4%20ilmastossa+2016/5cd98a30-cab8-421d-970b-432ceb67fefcd>

Ruosteenoja, K. 2013. Maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. Sektoritutkimusohjelman ilmastoskenaariot (SETUKLIM) 1. osahanke. Ilmatieteen laitos, Helsinki. Saatavissa: [http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c4c5bf12-655e-467a-9ee0-f06d8145aaa6&groupId=30106](http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=c4c5bf12-655e-467a-9ee0-f06d8145aaa6&groupId=30106)

Ruosteenoja, K. 2010. Mitenkä helle hellii meitä tulevaisuudessa? Ilmastokatsaus 8/2010: 6–8. Saatavissa: [http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=7f17b4f7-7ad2-4dc2-bd04-f9f88256e439&groupId=30106](http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=7f17b4f7-7ad2-4dc2-bd04-f9f88256e439&groupId=30106)

Räisänen, J. 2010. Ilmastomuutos ja heinäkuun helteet. Ilmastokatsaus 8/2010: 4–6. Saatavissa: [http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=7f17b4f7-7ad2-4dc2-bd04-f9f88256e439&groupId=30106](http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=7f17b4f7-7ad2-4dc2-bd04-f9f88256e439&groupId=30106)

Similä J., Borgström, S., Kopperoinen, L., Itkonen, P., Auvinen, A-P. & Koivulehto, M. 2017. Ekosysteemipalveluiden ja luonnon monimuotoisuuden riippuvuus vihreästä infrastruktuurista ja ohjausjärjestelmän muutostarpeet. Ympäristöministeriön raportteja 17/2017. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4714-2>

Suomi, J., 2014. Characteristics of urban heat island (UHI) in a high-latitude coastal city a case study of Turku, SW Finland. Väitöskirja, Turun yliopisto 2014.

Suomi J., Hjort J. & Käyhkö J., 2012. Effects of scale on modelling the urban heat island in Turku, SW Finland. Climate research, vol. 55: 103-118, 2012. Saatavissa: <https://www.researchgate.net/publication/259266786>

Tampereen kaupunki 2018. Urban Nature Labs. [Viitattu 30.7.2018 ] Saatavissa: <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaupunkisuunnittelu-ja-rakentamishankkeet/hiedanranta/innovaatioiden-hiedanranta/unalab.html>

Tuomi Paula 2016. Green Street ideasuunnitelma. Ympäristötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö 2016. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/108038>

Vantaan kaupunki 2018a. Resurssiviisauden tiekartta. Vantaan kaupunki Maankäytön, rakentamisen ja ympäristön toimiala, Ympäristökeskus 2018 Saatavissa: [http://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/140089\\_ResurssiviisaudenTiekartta-18.6.2018-final.pdf](http://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/140089_ResurssiviisaudenTiekartta-18.6.2018-final.pdf)

Vantaan kaupunki 2018b. Vantaan maa- ja asuntopoliittiset linjaukset. Saatavilla [https://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/140106\\_Vantaan\\_maa-ja\\_asuntopoliittiset\\_linjaukset\\_18.6.2018\\_web.pdf](https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/140106_Vantaan_maa-ja_asuntopoliittiset_linjaukset_18.6.2018_web.pdf)

Vantaan kaupunki 2018 c. Myyrmäen kaavarunkoluonnos, Raporttiluonnos nro 014400, 16.4.2018. Vantaan kaupunki / Maankäyttö, Kaupunkisuunnittelu 2018

Vantaan kaupunki 2015. Tikkurilan keskustan kaavarunko 062600. Vantaan kaupunki, kaupunkisuunnittelu 19.1.2015

Vantaan kaupunki 2017. VALTUUSTOKAUDEN STRATEGIA 2018–2021. Saatavissa: [https://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/136267\\_Valtuustokauden\\_strategia\\_2018-2021.pdf](https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/136267_Valtuustokauden_strategia_2018-2021.pdf)

Yli-Pelkonen, V., Setälä, H. & Viippola, V. 2014. Mitattua tutkimustietoa kaupunkiviherialueiden ekosysteemipalveluista. Ympäristö ja Terveys-lehti 2014/4.

Saatavilla:

[https://www.researchgate.net/publication/273203135\\_Mitattua\\_tutkimustietoa\\_kaupunkiviherialueiden\\_ekosysteemipalveluista](https://www.researchgate.net/publication/273203135_Mitattua_tutkimustietoa_kaupunkiviherialueiden_ekosysteemipalveluista)

## LIITTEET

Liite 1. Case Myyrmäki tarkastelualue

Liite 2. Case Tikkurila tarkastelualue

Liite 3. Nykytilan analysointi Myyrmäki

Liite 4. Nykytilan analysointi Kielotie Tikkurila

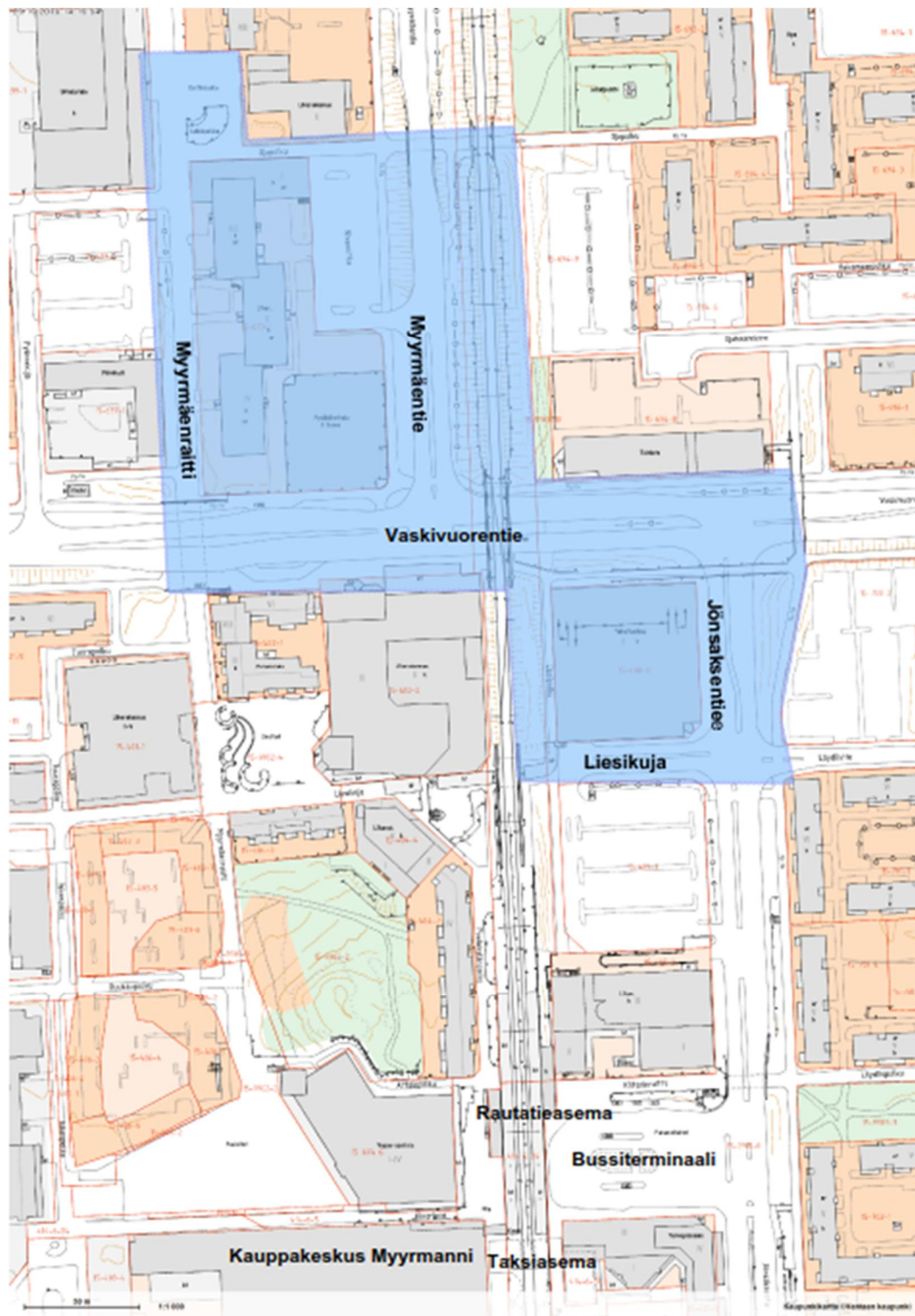
Liite 5. Viherkerroin laskelmat

Liite 6. Green Factor työpajan 21.5.2018 muistio

Liite 7. Vantaan asiantuntijoiden haastattelu 3.10.2018

Liite 8. Lämpösaarekkeen voimakkuuden arvioiminen Oken laskentakaavan avulla

LIITE 1, Case Myyrmäki tarkastelualue

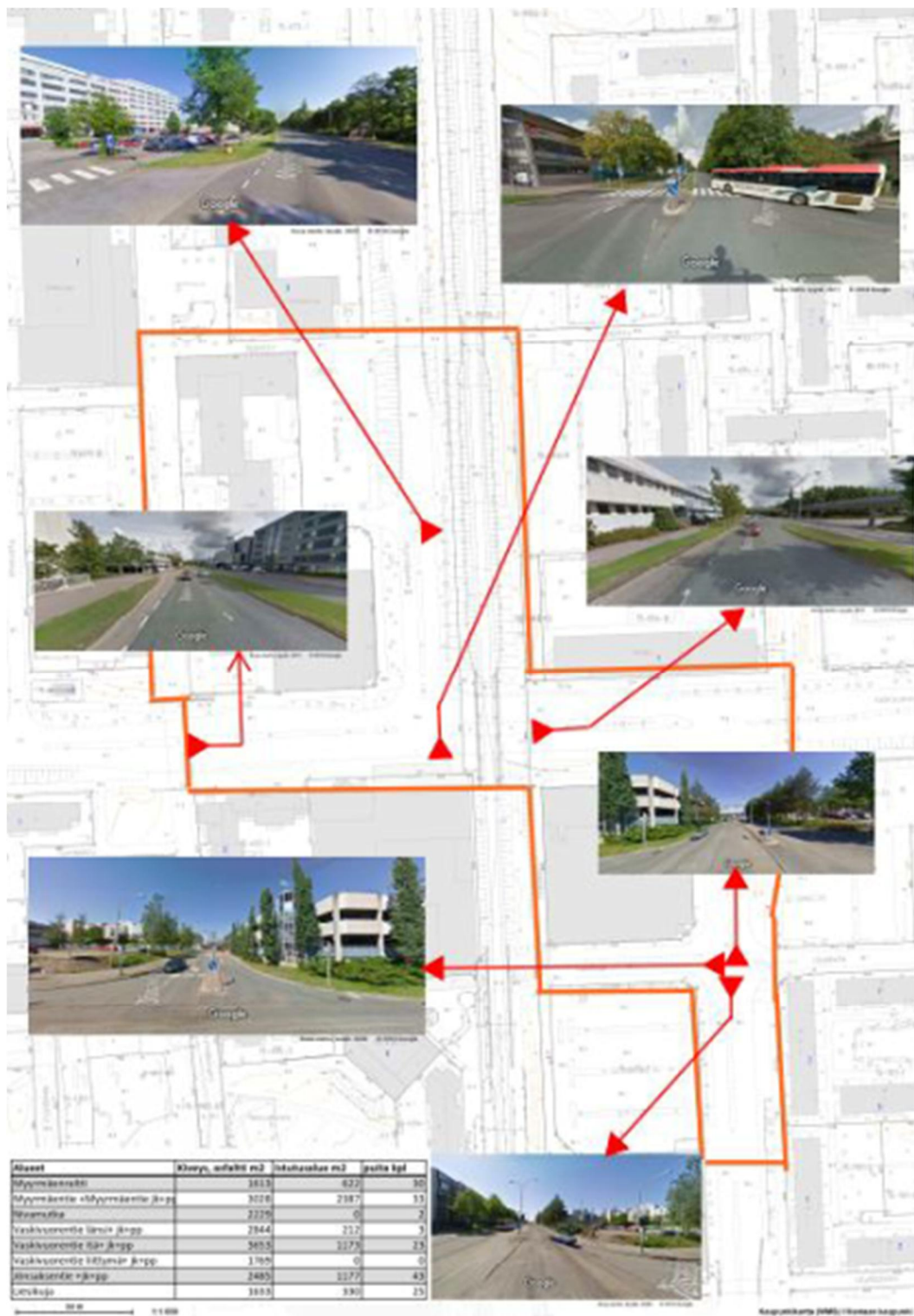


## LIITE 2, Case Tikkurila tarkastelualue



LIITE 3, Nykytilan analysointi Myyrmäki

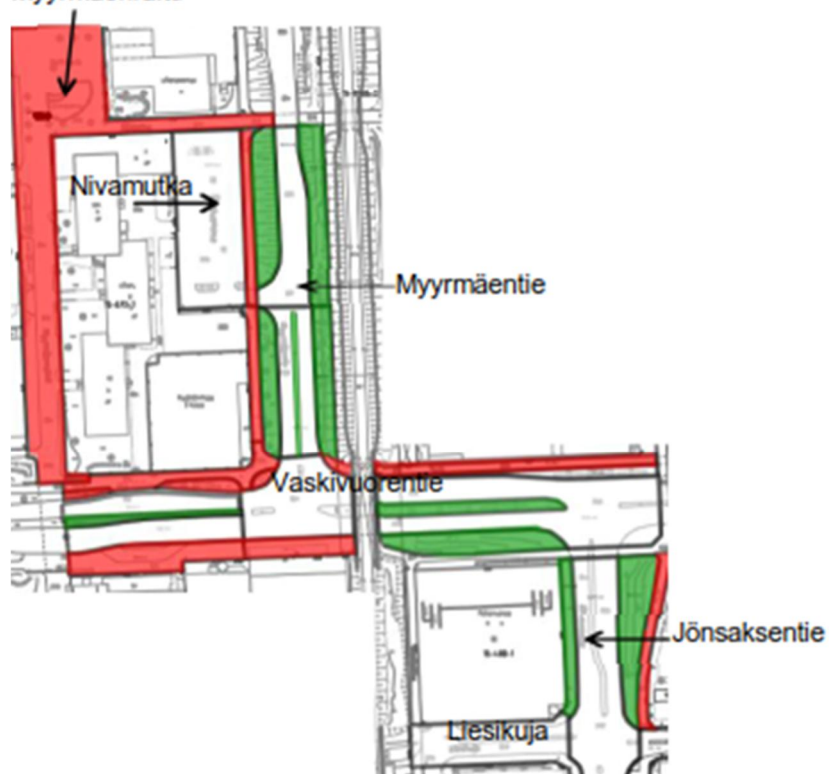
1/2



Alueet	Kiveys, asfaltti m2	Istutusalue m2	puita kpl
Myyrmäenraitti	1613	622	30
Myyrmäentie +Myyrmäentie jk+pp	3028	2387	33
Nivamutka	2229	0	2
Vaskivuorentie länsi+ jk+pp	2844	212	3
Vaskivuorentie itä+ jk+pp	3653	1173	23
Vaskivuorentie liittymä+ jk+pp	1769	0	0
Jönsaksentie +jk+pp	2485	1177	43
Liesikuja	1633	330	25

Analysointia varten laskettiin tarkastelualueella vettä läpäisemättömän osuuden pinta-ala eli punaisella ja valkoisella merkityt alueet. Lisäksi laskettiin vihreällä merkittyjen istutusalueiden pinta-ala ja puiden lukumäärä. Näillä tiedoilla tehtiin vihertehokkuus tarkastelu.

Myyrmäenraitti



## LIITE 4, Nykytilan analysointi Kielotie Tikkurila



Valokuvat Google Maps

Analysointia varten laskettiin tarkastelualueella vettä läpäisemättömän osuuden pinta-alat eli punaisella ja valkoisella merkityt alueet. Lisäksi laskettiin myös vettä puoliläpäisevän kiveyksen osuus ja katupuiden lukumäärä. Näillä tiedoilla tehtiin vihertehokkuus tarkastelu.



Alueet	Asfaltti m2	Kiveys puoliläpäisevääm2	puita kpl	Kiveyksen %-osuus	Viherkerroin
Kielotie	2485	652,5	23	26	0,5

## LIITE 5, Viherkerroin laskelmat

1/3

Myymäenraitti  
31.7.2018

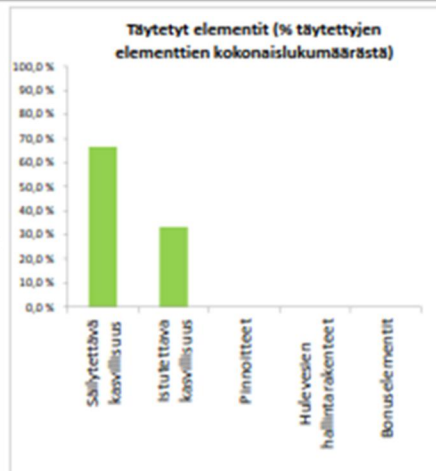
Viherkerroin
0,9
Tavoitetaso
0,5
Minimitaso
0,3

Elementtikohtaiset minimitasot täytetty	
Hulevesien-hallintarakenne	Kyllä
Säilytettävä kasvillisuus	Kyllä

## Viherkertoimeen sisällytetyt elementit

Elementtityyppi	Elementtejä täytetty, kpl	Elementtityypin kokonaislukumäärä, kpl
Säilytettävä kasvillisuus	2	5
Istutettava kasvillisuus	1	12
Pinnoitteet	0	2
Hulevesien hallintarakenteet	0	6
Bonuselementit	0	18
<b>Yhteensä</b>	<b>3</b>	<b>43</b>

Täyttäjän kommentit:

Jönsaksentie  
31.7.2018

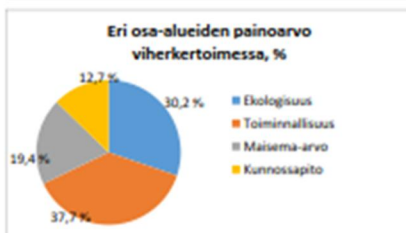
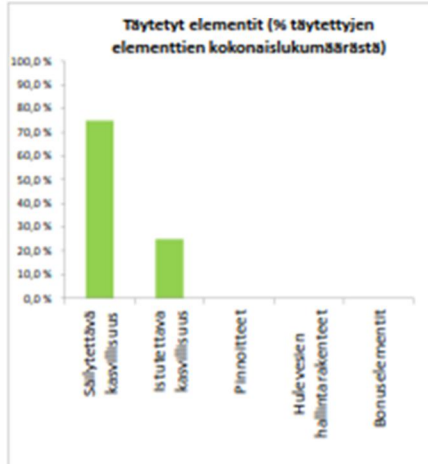
## Viherkertoimeen sisällytetyt elementit

Viherkerroin
1,0
Tavoitetaso
0,5
Minimitaso
0,4

Elementtikohtaiset minimitasot täytetty	
Hulevesien-hallintarakenne	Kyllä
Säilytettävä kasvillisuus	Kyllä

Elementtityyppi	Elementtejä täytetty, kpl	Elementtityypin kokonaislukumäärä, kpl
Säilytettävä kasvillisuus	3	5
Istutettava kasvillisuus	1	12
Pinnoitteet	0	2
Hulevesien hallintarakenteet	0	6
Bonuselementit	0	18
<b>Yhteensä</b>	<b>4</b>	<b>43</b>

Täyttäjän kommentit:



### Myyrmäentie

31.7.2018

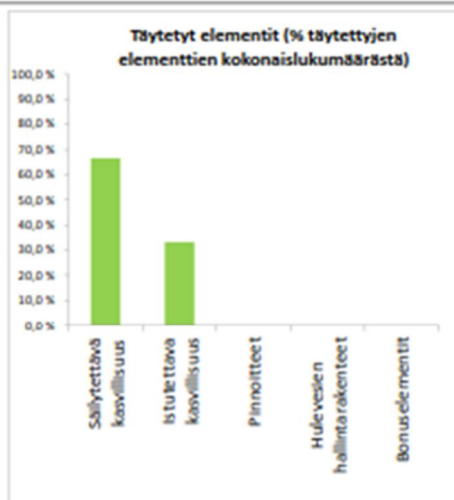
Viherkerroin	
	0,9
Tavoitetaso	0,5
Minimitaso	0,4

Elementtikohtaiset minimitasot täytetty	
Hulevesien-hallintarakenne	Kyllä
Säilytettävä kasvillisuus	Kyllä

#### Viherkertoimeen sisällytetyt elementit

Elementtityyppi	Elementtejä täytetty, kpl	Elementtityypin kokonaismäärä, kpl
Säilytettävä kasvillisuus	2	5
Istutettava kasvillisuus	1	12
Pinnoitteet	0	2
Hulevesien hallintarakenteet	0	6
Bonuselementit	0	18
<b>Yhteensä</b>	<b>3</b>	<b>43</b>

Täyttäjän kommentit:



### Myyrmäentien jk+pp-tie

31.7.2018

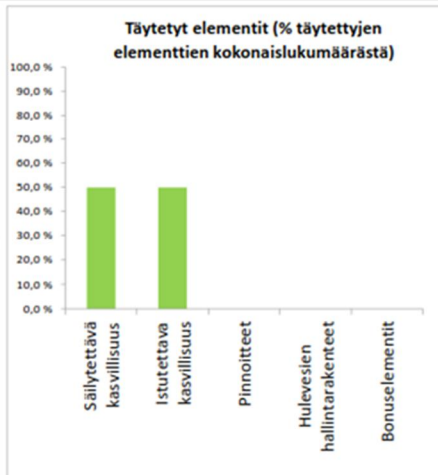
Viherkerroin	
	0,9
Tavoitetaso	0,5
Minimitaso	0,4

Elementtikohtaiset minimitasot täytetty	
Hulevesien-hallintarakenne	Kyllä
Säilytettävä kasvillisuus	Kyllä

#### Viherkertoimeen sisällytetyt elementit

Elementtityyppi	Elementtejä täytetty, kpl	Elementtityypin kokonaismäärä, kpl
Säilytettävä kasvillisuus	1	5
Istutettava kasvillisuus	1	12
Pinnoitteet	0	2
Hulevesien hallintarakenteet	0	6
Bonuselementit	0	18
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>43</b>

Täyttäjän kommentit:



Vaskivuorentie länsi  
31.7.2018

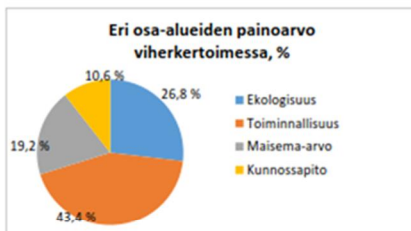
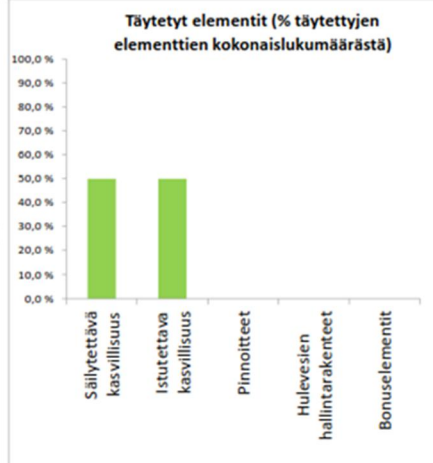
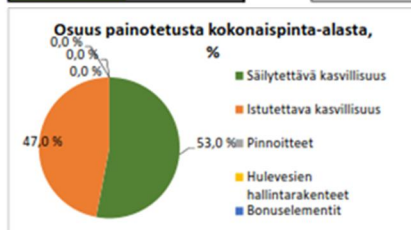
Viherkerroin	
	0,2
Tavoitetaso	0,5
Minimitaso	0,5

Elementtikohtaiset minimitasot täytetty	
Hulevesien- hallintarakenne	Kyllä
Säilytettävä kasvillisuus	Kyllä

## Viherkertoimeen sisällytetyt elementit

Elementtityyppi	Elementtejä täytetty, kpl	Elementtityypin kokonaislukumäärä, kpl
Säilytettävä kasvillisuus	1	5
Istutettava kasvillisuus	1	12
Pinnoitteet	0	2
Hulevesien hallintarakenteet	0	6
Bonuselementit	0	18
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>43</b>

Täyttäjän kommentit:



Vaskivuorentie itä  
31.7.2018

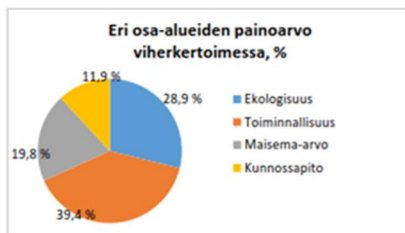
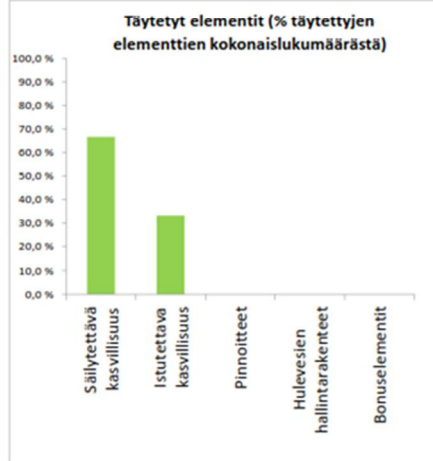
Viherkerroin	
	0,6
Tavoitetaso	0,5
Minimitaso	0,3

Elementtikohtaiset minimitasot täytetty	
Hulevesien- hallintarakenne	Kyllä
Säilytettävä kasvillisuus	Kyllä

## Viherkertoimeen sisällytetyt elementit

Elementtityyppi	Elementtejä täytetty, kpl	Elementtityypin kokonaislukumäärä, kpl
Säilytettävä kasvillisuus	2	5
Istutettava kasvillisuus	1	12
Pinnoitteet	0	2
Hulevesien hallintarakenteet	0	6
Bonuselementit	0	18
<b>Yhteensä</b>	<b>3</b>	<b>43</b>

Täyttäjän kommentit:



## GREEN FACT -työpajan yhteenveto

### RYHMÄ 1: VIHHERKERTOIMEN KÄYTÄNNÖT JA KOKEMUKSET

- Tarve ja tavoitteet: miksi viherkerroin on otettu tai voitaisiin ottaa käyttöön?
  - **hulevedet**: hulevesien hallinnan laatu, kuinka paljon läpäiseviä pintoja tarvitaan
  - rakentamisen **tehokkuus**: tonttien rakennettu ala kasvanut, tiivistyminen
    - vihertehokkuus käsitteenä parempi?
  - **ekologisuus**: lisää vihreää, monimuotoisuuden kompensoiminen
  - **ilmastotavoitteet**: ilmastonmuutokseen sopeutuminen + sen hillintä, hiilineutraalit kunnat
  - **täydennysrakennushankkeet**
  - **paremman kaupunkiympäristön** kehittäminen
  - Helsinki: **poliittinen tuki ja paine** (lautakunta vaatii), julkista painetta kuitenkin ei juuri ole
  - alueelliset erot: pohjoisen ominaispiirteet vs. etelän suuret kaupungit → yhteinen työkalu oikeastaan mahdoton (edes kaupungin sisällä), **tapauskohtainen lähestyminen** toimii paremmin, työkalun kehittäminen paikallisten tarpeiden mukaan
  - **konkreettinen työkalu**, hyvät kokemukset Suomesta ja ulkomailta
    - Hki: tarve saada numeerinen luku tontille → mitattavuus
  - tavoitteet olisi hyvä olla mukana **kaavamääräyksissä + rakennusluvassa**
  - poliittisen päätöksenteon tulisi tukea kertoimen käyttöönottoa
- Ohjeet, koulutus ja käyttöönotto
  - **tarve helppokäyttöiselle, yksinkertaiselle ohjeistukselle**
  - peruskysymykset: Mikä kerroin on? Miten voi käyttää? Mitä siitä seuraa?
  - ohjeiden lisäksi tarvitaan **käytännön esimerkkejä**
    - Hki: koulutusta asemakaavasuunnittelijoille omien suunnittelukohteiden kautta
  - kenen vastuulla koulutus olisi?
  - mukaan jo **arkkitehtien koulutukseen**
  - pitäisikö jalkauttaa **asukkaillekin**? Ei vielä kiinnostusta
  - vapaaehtoisuus: kaavoituksen normitalkoot, viherkerroin vain yhtenä osana kaavoituksen työkalupakkia (Hki), toisaalta silloin vain ne käyttävät joita asia kiinnostaa (Vantaa)
- Soveltaminen
  - Sopii vain uusille alueille / uusiin kohteisiin → **miten voi soveltaa korjausrakentamiseen ja olemassa olevien, vanhojen kohteiden arviointiin ja kehittämiseen**? Kaupungilla ei ohjauskeinoa vanhojen alueiden suunnitteluun vaikuttamiseen → tulevaisuudessa kuitenkin mahdollista?
  - Vantaa: eri katutyypin laskenta Ilkka-laskurilla (kokeilu)
  - **työkalun kehittämistä jatkettava**
    - tapauskohtaisuus, räätälöiminen erityyppisiin kohteisiin → mihin rajat vedetään?
    - asiantuntija-arvioiden oltava perusteltuja, yksinkertaistaminen alkaa toimia itseään vastaan

- lisäresursseja tarvitaan, rahoituksen tarve, kokeilut
  - **Kaavoitus JA rakennusvalvonta, yhteistyö** → valvonta tärkeää, jotta työstä olisi hyötyä
    - eri toimialojen välinen yhteistyö, poikkihallinnollisuus haaste
  - **asiantuntijatyökalu** - tietyin rajoituksin myös asukkaiden käyttöön?
- Vaikuttavuus, seuranta
  - **seuranta ja siihen sitoutuminen tärkeää!** Pitäisi rakentaa mukaan työkaluun
  - miten varmistetaan, että viherkerroin säilyy alustavan pihasuunnitelman / rakennuslupavaiheen jälkeen?
  - hidas prosessi
  - Kuka vaikuttavuutta seuraa ja miten? Satelliittikuvaus, laserkeilaukset, joukkoistettu seuranta, isännöitsijöiden vastuulle, tutkimustieto, seudullinen maanpeitealnelisto...
    - Helsinki valmistautuu seurantaan, muilla (Vantaa, Turku) vielä niin uusia kohteita, että vasta kokeilut käynnissä / seurantaa ei vielä ole
  - **resurssit** (esim. asfaltoinnin ongelmat, merkitty asemakaavaan, mutta miten vai-voa)
  - **positiivinen työkalu:** arvo ei välttämättä täyty lopulta eksaktisti, mutta suunta on kertoimen ansiosta oikea

## RYHMÄ 2: VIHHERKERTOIMEN KEHITTÄMINEN

- Uusia näkökulmia viherkertoimeen → **laajeneeko jo liikaa, häviääkö fokus?**
  - maavarainen piha vs. kansipiha → vaikuttaa mm. hydrologiseen kiertoon
  - ekosysteemipalvelut
  - ylläpito, kohteen koko elinkaari, pysyvyys (istutettu puu vs. linnunpönttö)
  - sosiaalinen näkökulma: viihtyvyys, kaupunkikulttuuri, oleskelu
  - osallistaminen
  - viheralueiden määrä, saavutettavuus ja sijoittuminen → hyvinvointi
  - eri kasvilajien väliset erot biodiversiteetin edistämiseksi, esim. kotimaisuus
  - ekosysteemien ja luontotyyppien monimuotoisuus eri tonttien ja alueiden välillä
  - hiilineutraalius, ilmastonmuutoksen hillintä
  - sinitehokkuus / sinikerroin
  - tällä hetkellä teknisillä ratkaisulla (esim. viherkatot) enemmän painoarvoa → entä olemassa olevien arvojen ja luonnonolojen huomiointi ja säilyttäminen?
- **Pisteytyksen ymmärrettävyys ja uskottavuus?**
  - syiden ja seurauksien, lukujen alkuperän ymmärtäminen?
    - → ratkaisuna "osakertoimet"? Ylläpitokerroin, sosiaalinen kerroin...
  - kuinka monimutkainen tarvitsee ja voi olla?
  - tutkittuja vai alueellisen tarpeen mukaan päätettyjä perusteita?
    - **keskinäinen arvotus** (hulevedet vs. ilmastonmuutos) **edelleen päätöksentekoa**
  - asiantuntija-arvioiden tieteellisyys ja sovellusmahdollisuudet toisissa kaupungeissa?
  - yksinkertaisuus → positiivinen käyttökokemus, helppokäyttöisyys/koulutustarve, sopii myös yksityisille rakentajille, helpottaa levittämistä
    - toisaalta säilyykö uskottavuus, jos todellisuutta yksinkertaistetaan liikaa?

- **Tavoitteiden kiteyttäminen**
  - viherkertoimella ei tarvitse mitata kaikkea
  - esim. ekologisuus ja ylläpito saattavat olla ristiriidassa → miten edes voitaisiin arvottaa samassa työkalussa?
  - toisaalta mahdollisuus kerätä monenlaista tietoa laatuun vaikuttavista tekijöistä yhteen paikkaan, mukana sekä tekniset että pehmeät arvot
- **viherkertoimesta vihertehokkuudeksi** → verrattavissa rakennustehokkuuteen, kuvaava, uskottava käsite
- Mukaan olemassa oleville tonteille, täydennysrakentamiseen ja korjauksiin → tasapuolista
- Alueellinen vai yleinen, koko Suomen viherkerroin?
  - eri lähtökohdat, alueelliset erot (tiiviys, ilmasto...) → eri tarpeet, painotukset ja tavoitteet
  - ratkaisuna **yhteinen pohja, jota muokataan alueittain?**
    - yhtenäisyys, esim. suuruusluokat → helpottaa vertailua
    - muokkausohjeet paikallisiin variaatioihin → ei tarvitse aloittaa alusta, matalampi kynnyks ottaa käyttöön myös pienissä kunnissa
    - kertoimien painopisteiden muokkaaminen → ohjaava vaikutus
    - tällä hetkellä Helsingin pohja yleistynyt
- Tontteittain vai isomman ekosysteemin huomioiminen → Alueelliset tavoitteet, viherkertoimen kokonaistaso
  - mahdollisuus kompensoida hankalimpia tontteja? Toisaalta riskinä vastuun kiertäminen
- riittääkö minimitaso, ohjaako tähtäämään juuri siihen eikä yhtään yli?
- väärinkäytön mahdollisuus: savutettu tavoitearvo oikeutuksena ylitiiviydelle?
- Mihin työkalua tarvitaan?
  - suunnittelijan / ammattilaisen apuväline vielä parempaan ja tehokkaampaan ympäristöön
    - suunnittelijan taitoa tarvitaan joka tapauksessa, kertoimesta huolimatta
  - **perusteluja, joihin vedota keskusteluissa:** monialaiset suunnittelijatimit, grynderit, insinöörit, päättäjät → luku johon tarttua, "insinöörimäinen", ymmärrettävyys
  - lisätyökalu kaavoittajille, uusien alueiden suunnittelu, kaupungin kokonaisvihertehokkuuden arviointi, tarpeeksi tilaa vihreälle
  - kaupungin/tilaajan tavoitteen määrittäminen, konkreettisempi kuin esim. "vehreys"
  - tietoisuuden levittäminen muillekin aloille
  - rakentamisvaihe → **ei karsita olennaisia elementtejä** kun projekti luovutettu eteenpäin
  - valintojen teko, priorisointi rajatussa tilassa
- **Viherkertoimesta kannustin**
  - vastineeksi esim. enemmän parkkipaikkoja tai lisärakennusoikeutta → houkuttelevuus, hyötyä kun lähtee mukaan
- Asukkaiden kiinnostus? Ryhmärakentaminen, asukkaat mukana määrittämässä tavoitetasoa?
- **Tiedottaminen tärkeää! Brändiarvo vaatii tunnettavuutta**

- kerroin kannustimena ja myyntivalttina, asukkaiden tuntema ja vaatima, asunnon-  
oston peruste → enemmän arvoa pihasuunnittelulle
- vertailu muihin työkaluihin ja sertifikaatteihin → ei tehdä samoja virheitä
- **Kaupungin rooli esimerkkinä**, kerroin kytkettynä kaupungin tavoitteisiin

### RYHMÄ 3: VIHHERKERTOIMEN ARVIOINTI OSANA KESTÄVÄÄ KAUPUNKIA

- lisännyt keskustelua alan sisällä ja muutenkin
  - hyvän/laadukkaan asuinympäristön merkitys
  - rakennettu vihreä osana kaupunkiluontoa (ei pelkät metsät)
  - kiinnostusta viherkertoimen käyttämiseen ja kokeilemiseen
- erityisesti vihreän määrä ja hulevesiratkaisut korostuvat, kaupunkiekologinen näkökulma
- ohjaa viherkattojen rakentamiseen? → mahdollisuus integroida kaupunkiluonto rakentamiseen
- kompensatiota
- miten laatua mitataan? Tai biodiversiteettiä?
- vihertehokkuus rakennustehokkuuden rinnalle
- kestävää ympäristörakentamista
  
- seuranta
  - **mistä tarpeeksi resursseja seurantaan?**
  - alueen koko vaikuttaa seurannan mahdollisuuksiin
  - valkea eritellä juuri tämän työkalun vaikutuksia
  - **tavoitteiden asettaminen tärkeää!** mitä tavoitellaan ja miten? → mitä ollaan saavutettu? (ei pelkkää lukujen tuijottamista)
- kehittämissideoita ja -mahdollisuuksia (kestävyyden edistäminen)
  - **sosiaalinen kestävyys** mukaan: asukkaat, viihtyisyys, pehmogis...
  - kertoimen kehittäminen ja soveltaminen **alueittain** tavoitteiden/tarpeiden mukaan
  - **alkuperäisen ja olemassa olevan lajiston ja ekosysteemin mahdollisuudet ja säilyttäminen**
  - **aika:** kasvillisuuden kasvu → kerroin muuttuu ajan myötä → milloin tehokkuus saavutetaan, ja miten se muuttuu ajan kuluessa?
    - rakentamisvaiheen ympäristövaikutukset mukaan kertoimeen? elinkaariarvointi
  - soveltaminen uudisrakentamisen lisäksi myös vanhaan rakentamiseen, esim. silloin kun annetaan lisää rakennusoikeutta
  - kestävyyskriteerit integroituna kertoimeen → pelkkä "vihermassan" lisääminen ei riitä
  - ilmastonmuutokseen sopeutuminen?
  - hiilensidonta mukaan kertoimeen? **toisaalta fokuksen säilyttäminen tärkeää**, ei saa olla liian työläs ja monimutkainen
  - negatiiviset pisteet tietyistä teoista
  - viherrakentamisen vaikutus esim. rakennusten energiatehokkuuteen
  - talviaspekti
  - ekosysteemipalvelut
  - viherkertoimesta asuntojen myyntivaltti (viihtyisyys, terveys...)

## LIITE 7. Vantaan asiantuntijoiden haastattelu 3.10.2018



Muistio

9.11.2018

## Vihertehokkuus keskustelu

3.10.2018 klo 12 -13, Kielotie 28, Tori

Läsnä: Eija Hasu, Elina Ekroos, Sirpa Törrönen, Jaana Virtanen

1. Kerrottiin läsnäolueille tapaamisen syy eli Jaana Virtanen haastattelee kaupungin asiantuntijoita opinnäytetyötä varten.
2. Miten laajasti Vantaalla viherkerroin on käytössä? Viherkerrointa käytetään koko Vantaalla asemakaavoituksessa ja tähän asti tarkasteltu noin 20 asemakaavassa.
3. Miten valvotaan, että pihasuunnitelma ja vihertehokkuus toteutuu suunnitelman mukaisesti? Toteutuneita kohteita ei vielä seurata. Tarkoituksena on kehittää jälkiseurantaa, jossa rakennusvalvonnalla olisi tärkeä rooli. Helsinki ja Jyväskylä ovat tässä asiassa Vantaata edellä.
4. Miten Viherkerroin soveltuu katutilaan? Kerroin voi ohjata väärään suuntaan ellei huomioida katutilassa olevia asioita vaan ainoastaan tuijotetaan laskurin tuottamaa lukua. Katutilan tarkastelussa laskuriin on tarkoitus lisätä hulevesien käsittely. Vantaalla on aloitettu viherkerroin katutilaan soveltuvuuden tarkastelu ja laskettu viherkerroin joillekin kaduille. Kertoimet ovat olleet 0,4 -1,3 välillä.

---

Vantaan kaupunki  
Toimiala

Osoite  
Postinumero  
Etunimi.sukunimi@vantaa.fi  
www.vantaa.fi

Puhelin 09 1234 1234  
Matkapuhelin 040 123 1234

### Kaupunkien lämpösaarekkeen voimakkuuden arvioiminen

Lämpösaarekkeen maksivoimakkuuden, sekä rakennusten korkeuden ja katujen leveyden välisen suhteen välinen riippuvuus, Oke 1981

$$(\Delta T_{u-r(max)} = 7,45 + 3,97 * \ln(H/W))$$

H/W= rakennusten korkeus/katutilan leveys

#### Tikkurila

**Kielotie**, katualueen leveys 24 m, rakennusten korkeus 24m (8 krs)

$$H/W=1$$

$$(\Delta T_{u-r(max)} = 7,45 + 3,97 * \ln(24/24)) = 7,45$$

$$H/W=2$$

$$(\Delta T_{u-r(max)} = 7,45 + 3,97 * \ln(48/24)) = 10,2$$

#### Myyrmäki

**Vaskivuorentie**, katualueen leveys 38,5 m, rakennusten korkeus 48 m (16 krs)

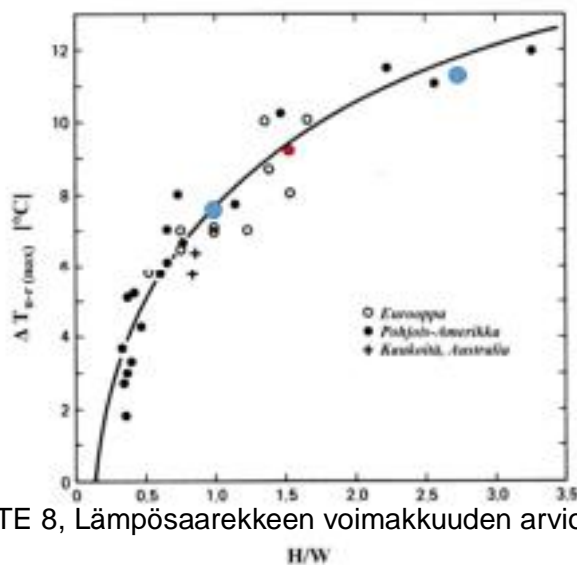
$$H/W=1,3$$

$$(\Delta T_{u-r(max)} = 7,45 + 3,97 * \ln(48/38,5)) = 8,3$$

**Liesikuja**, katualueen leveys 18 m, rakennusten korkeus 48 m (16 krs)

$$H/W=2,7$$

$$(\Delta T_{u-r(max)} = 7,45 + 3,97 * \ln(48/18)) = 11,3$$



LIITE 8, Lämpösaarekkeen voimakkuuden arvioiminen Oken laskentakaavan avulla