

Johannes Haapaniemi

**MASSADATA ÄLYKAUPUNGEISSA -
MIKÄ TEKEE KAUPUNGISTA ÄLYKKÄÄN?**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2019

TIIVISTELMÄ

Haapaniemi, Johannes

Massadata älykaupungeissa - mikä tekee kaupungista älykkään?

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2019, 32 s.

Tietojärjestelmätiede, Kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Makkonen, Pekka

Tämän kandidaatintutkielman tarkoituksena on tutkia älykaupunkeja ja massadataa sekä niiden suhdetta. Älykaupungille ja massadatalle on omat sisältö-lukunsa, missä ne määritellään lähdekirjallisuuden avulla. Lisäksi käydään läpi erilaisia teknologioita liittyen massadataan ja älykaupunkeihin. Viimeinen sisältö-luku käsittelee massadataa älykaupungeissa, eli se koostaa kaksi ensimmäistä sisältö-lukua yhteen.

Tutkielman tavoitteena on selventää, miten massadataa hyödynnetään älykaupungeissa ja niiden palveluissa sekä selkeyttää tavallisen ja älykaupungin eroa. Tutkielmassa määritellään lähdekirjallisuuden avulla älykaupungin olevan konsepti, jossa kaupunki hyödyntää teknologista, kollektiivista ja ihmispää-omaa kaupungin palvelujen parantamiseksi ja kaupungin asukkaiden elämän-laadun nostamiseksi. Tutkielmassa todetaan älykaupungilla olevan kahdeksan erilaista komponenttia, joissa massadataa käytetään palveluihin. Massadata määritellään eroavan normaalista datasta sen määrän, monimuotoisuuden ja kiihtyvyyden suhteen. Massadata on siis valtava määrä monimuotoista dataa, jota syntyy kiihtyvää tahtia joka päivä.

Tutkielmassa tuodaan esiin älykaupungin komponentteja, joita ovat älykäs hallinto, ympäristö, turvallisuus, teollisuus, terveydenhuolto, liikenne, sähköverkko ja energia. Jokainen komponentti on avoin käytettäväksi massadatalle ja älykaupungeissa jokaiselle komponentille on mahdollisuus luoda palveluita. Tutkimuksessa todetaan, ettei älykaupunki ole välttämättä saavuttanut lopullista muotoaan, vaan tulevaisuudessa uudet teknologiat, kuten 5G, muokkaavat älykaupunkeja. Lisäksi todetaan nykyisen älykaupungin konseptin keskittyvän liikaa teknologiaan ja tulevaisuudessa teknologian rinnalle resursseina voivatkin tulla kaupungin asukkaat.

Asiasanat: älykaupunki, massadata, datasovellukset

ABSTRACT

Haapaniemi, Johannes

Big data in smart cities - what makes a city smart?

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2019, 32 pp.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor: Makkonen, Pekka

The purpose of this thesis is to study smart cities and Big Data and the relationship between the two. Smart cities and Big Data both have their own chapters, where they are defined with the help of scientific literature. The chapters also go through different technologies used in smart cities and for Big Data. The last chapter before conclusions handles Big Data in smart cities and it brings the two chapters together.

The main object of this thesis was to clarify how Big Data is used in smart cities and in its services and explain the differences between a smart city and a regular city. This thesis defines smart city with the scientific literature as a concept where a city uses its technological, collective and human capital to better services that the city offers and to raise the life-quality of its citizens. A smart city has eight components that are used together with Big Data. Big Data is defined to differ from regular data by its characteristics that are volume, velocity and veracity. Big Data is a huge load of heterogeneous data that is generated with great velocity.

This thesis brings forth components of smart city that are smart administration, smart transport, smart health, smart environment, smart energy, smart security, smart office and smart industries. Every component is open to be used together with Big Data and every component has potential for services in a smart city. It is clear that the smart city of today is not in its final form. Instead new technologies in the future will shape smart cities. It is also clear that today's concept of smart city relies too heavily on technology and in the future, it may use its residents as resources.

Keywords: Big Data, smart cities, data applications

KUVIOT

KUVIO 1 Älykaupungin komponentit (mukaihen Gaur ym. 2015)	13
---	----

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Massadatan sovellutukset älykaupungeissa (mukaihen Hashem ym. 2016)	20
TAULUKKO 2 Massadatan sovellutukset älykaupungin komponenteissa	21

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT

TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	ÄLYKAUPUNKI	8
2.1	Älykaupungin määritelmä	9
2.2	Älykaupungin historiaa	11
2.3	Teknologiset tekijät älykaupungeissa.....	12
3	MASSADATA.....	15
3.1	Massadatan määritelmä.....	16
3.2	Massadatan käyttökohteet.....	17
4	MASSADATAN HYÖDYNTÄMINEN ÄLYKAUPUNGEISSA	19
4.1	Massadataa tuottavat teknologiat ja sitä hyödyntävät palvelut älykaupungeissa	22
4.2	Tulevaisuuden näkymät älykaupungeissa	25
5	YHTEENVETO	27

1 Johdanto

Nykyään noin 55 prosenttia maailman väestöstä asuu kaupungeissa ja tuon luvun oletetaan nousevan 68 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä (United Nations, 2018). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että asuintila ihmistä kohti pienenee koko ajan kaupungeissa. Tämä vaatii kaupunkien puolelta yhä tehokkaampaa hallintoa ja menetelmiä vastaamaan kaupungin asukkaiden tarpeisiin. Älykaupunki mahdollistaa parempien palveluiden, asukkaiden elämänlaadun nostamisen ja ympäristöystävällisyyden käyttämällä uusimpia teknologioita päätöksenteon tukena ja palveluiden mahdollistajana. Juuri parempi päätöksenteko ja palvelut pyrkivät vastaamaan asukkaiden erilaisiin tarpeisiin.

Erilaiset älykaupunkihankkeet ovat viimeisen vuosikymmenen aikana kasvattaneet suosiotaan ja esimerkiksi Suomessa Helsingissä, Tampereella ja Jyväskylässä on aloitettu hankkeita kaupunginosien älyllistämiseen. Euroopan komissio onkin tehnyt aloitteen eurooppalaisten älykaupunkien puolesta ja kaupungit, jotka ottavat rohkeita askelia tiputtaakseen kasvihuonepäästöjä 40% vuoteen 2020 mennessä, saavat aloitteen kautta tukea tehtäväänsä (Euroopan komissio, 2018). Älykaupungin konsepti on siis löytänyt tiensä jo unionitasoiseen päätöksentekoon.

Massadata ja sen hyödyntäminen on erityisesti informaatioteknologian alalla ollut useiden eri toimijoiden huomion keskipisteenä koko 2000-luvun ajan. Massadatan voidaan katsoa saaneen alkunsa 1990-luvulla, mutta sen suosio kääntyi kunnolla nousuun vasta vuonna 2011 (Gandomi & Haider, 2015). Tällöin tutkimukset massadataan liittyen lähtivät räjähdysmäiseen kasvuun. Nykyään massadata ja erityisesti massadatan analytiikka on merkittävässä asemassa eri toimijoiden, kuten yritysten ja julkisten palveluiden näkökulmasta. Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää, miten massadataa hyödynnetään älykaupungeissa, tuoda esiin älykaupungissa esiintyviä komponentteja joihin massadataa voidaan soveltaa ja osoittaa älykaupungista osa-alue tai osa-alueita, mihin tulevaisuuden älykaupunkihankkeissa kannattaisi panostaa.

Massadatan hyödyntämistä älykaupungeissa tulisi tutkia sen lukemattomien mahdollisuuksien vuoksi. Älykaupungeilla on mahdollisuus ratkaista useita kaupungistumisen aiheuttamia ongelmia, kuten jätteen lisääntymistä,

työttömyyttä, hiilidioksidi- ja kasvihuonepäästöjä ja syrjäytymistä. Näiden ehkäisemiseen ja eliminoimiseen älykaupungit voivat käyttää uusimpia teknologioita, joista esimerkkinä pidettäköön massadataa. Massadatan avulla voidaan optimoida julkisen liikenteen reittejä, mikä laskee kasvihuonepäästöjä, luokitella syrjäytymisriskissä olevia asukkaita ja auttaa heitä sekä parantaa jätehuollon kiertoreittejä. Selvittämällä massadatan käyttökohteita älykaupungeissa, voi tutkimuksesta olla hyötyä tulevaisuudessa uusien älykaupungin hankkeiden aloittamisessa.

Tutkielma pyrkii vastaamaan seuraavanlaiseen tutkimuskysymykseen *"Miten massadataa hyödynnetään älykaupungeissa?"*. Kysymykseen vastataan lähdekirjallisuuden pohjalta, käymällä sekä massadata että älykaupunki käsitteinä läpi ja selvittämällä näiden historiaa ja niihin liittyviä teknologioita. Lisäksi kysymykseen pyritään vastaamaan käymällä läpi älykaupungin komponentteja ja niissä olevaa massadatan hyödyntämistä.

Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Lähdekirjallisuuden etsimiseen käytettyjä hakusanoja olivat *"big data"*, *"smart city"*, *"big data in smart city"*, *"applications of big data"* ja näiden erilaiset yhdistelmät. Lähdekirjallisuutta rajattiin aluksi otsikoiden perusteella ja rajausta jatkettiin lukemalla artikkelien tiivistelmät. Tiivistelmien perusteella valitut artikkelit silmäiltiin vielä läpi ja niitä rajattiin vielä Julkaisufoorumin julkaisutason mukaan. Osa lähdekirjallisuudesta oli julkaisutasoltaan 0, mutta nämä artikkelit hyväksyttiin Google Scholarissa olleiden viitteiden määrän perusteella. Artikkelien valintaan vaikutti yllämainittujen rajausten lisäksi myös julkaisuvuosi. Älykaupungin ollessa suhteellisen tuore ja trendikäs aihe, lähdekirjallisuudesta vain yksi artikkeli on julkaistu aiemmin kuin vuonna 2010 useimpien sijoittuessa vuosien 2014-2018 väliin. Pääasiallisena hakukoneena käytettiin JYKDOKin kansainvälistä e-aineistohakua sekä Google Scholaria.

Tutkielman rakenne koostuu seuraavista luvuista. Älykaupunkia käsitellään ensimmäisessä sisältöluvussa. Luvussa käydään läpi hieman älykaupungin historiaa, sen mahdollisia määritelmiä ja tavallisia teknologisia tekijöitä älykaupungeissa. Seuraava luku käsittelee massadataa. Kyseisessä luvussa massadata määritellään lähdekirjallisuuden avulla ja massadatan käyttökohteita käydään läpi. Viimeinen sisältöluke tarkastelee massadatan hyödyntämistä älykaupungeissa. Luvussa käydään läpi älykaupungin komponentteja ja mahdollisia massadatan sovellutuksia. Luvussa pyritään priorisoimaan älykaupungin komponentteja, jotta tulevissa hankkeissa osataan keskittyä oikeisiin kohteisiin. Lisäksi luvussa käsitellään hieman älykaupungin tulevaisuuden näkymiä.

2 Älykaupunki

Jatkuvan kaupunkiin muuton lisääntymisen vuoksi kaupungeilla on velvollisuus vastata kaupungistumisen tuomiin haasteisiin. Esimerkiksi liikenteen kelvollinen järjestäminen, päästöjen vähentäminen, syrjäytymisen ehkäiseminen ja palveluiden parantaminen kuuluvat kaupungin velvollisuuksiin. Oliveiran ja Campolargon (2015) mukaan juurikin progressiivisen kaupungistumisen vuoksi kaupungin viranomaiset eivät pysty vastaamaan asukkaiden tarpeisiin kelvollisilla palveluilla ja Angelidou (2014) mukaan kaupungin eri sidosryhmillä on yleensä täysin eri päämäärät, mikä osaltaan lisää haasteita kaupungeissa (Oliveira & Campolargo, 2015) (Angelidou, 2014). Näitä haasteita varten kaupunkien tulisi siirtyä tavallisista kaupungeista älykaupunkeihin. Hashemin ym. (2016) mukaan internettiin yhteydessä olevien laitteiden ja sensoreiden suuri lisääntyminen on mahdollistanut älykkään asumisen. Älykkään asumisen muotoja ovat esimerkiksi älykodit, älykäs liikenne, älykäs terveydenhuolto sekä älykaupungit (Hashem ym., 2016). Älykaupunki tarjoaa ratkaisuja kaupungistumisen tuomiin haasteisiin yhdistämällä uusimmat teknologiat ja kaupungin yhteisön sekä luomalla avoimen innovaation ilmapiirin.

Kaupunkiasumisen suosion kasvaessa maailmalla on älykaupunkien suosio kasvanut. Sheltonin, Zookin ja Wiigin (2015) mukaan älykaupunkeja ei rakenneta tyhjästä eikä kaupunkeihin valita joitain universaaleja ideoita, vaan jo valmiina oleviin kaupunkeihin integroidaan vaivalloisesti pieniä palasia älykaupungin osasista (Shelton ym., 2015). Angelidou (2014) mukaan nykyään länsimaalaiset kaupunkisuunnittelijat katsovat, ettei uusille kaupungeille ole edes tarvetta. Nykyiset kaupungit ovat jo tarpeeksi suuria ja monimutkaisia, että ne pystyvät asuttamaan nykyisen väestön ja järjestämään näiden tarvitsemat aktiviteetit (Angelidou, 2014). Täysin uusien kaupunkien rakennuttaminen älykaupungeiksi olisi todennäköisesti myös liian kallista, erityisesti kun otetaan huomioon älykaupungeissa esiintyvä teknologia. Lisäksi se voitaisiin nähdä olemassa olevien resurssien tuhlaamisena, ottaen huomioon valmiit infrastruktuurit nykyisissä kaupungeissa.

Tällä hetkellä voidaan katsoa, ettei mitään kaupunkia voida pitää kokonaan älykkäänä, vaan erilaisia hankkeita kaupunkien älyllistämiseen on aloitet-

tu. Hankkeet ovat voineet ajaa joko koko kaupungin kattavaa pienimuotoista älyllistämistä tai yhden kaupunginosan laajamittaisempaa älyllistämistä. Esimerkkejä älykaupunkeihin liittyvistä hankkeista ovat Smart Tampere Program, jonka pohjalta on tehty myös The Smart City Cookbook, MyNeighbourhood project joka implementoitiin Lissabonissa, Milanissa, Aalborgissa ja Birminghamissa sekä Fiksu Kalasatama Helsingissä. Tampereella on esimerkiksi verrattu hybridibusseja sähköbussseihin ja näin tehty julkisesta liikenteestä älykkäämpää (Vilhula, 2019).

Tavallisten ja älykaupunkien eroa saattaa olla vaikea huomata. Molemmissa voi teknologia olla suuressa merkityksessä ja yleisesti kaupungit haluavat osallistuttaa omia asukkaitaan kaupungin palveluiden parantamiseen riippumatta siitä mielletäänkö niitä älykaupungeiksi vai ei. Eroa voikin lähteä tarkastelemaan sillä, kuinka tarkoituksenmukaista esimerkiksi tiettyjen teknologioiden käyttö on, yritetäänkö avointa innovaatiota korostaa ja onko kaupunki digitalisoitunut merkittävästi. Lisäksi tavallisten kaupunkien ja älykaupunkien erottamista toisistaan vaikeuttaa älykaupungin hatara käsite. Yksinkertaistettuna älykaupungin käsitettä selittävät määritelmät jakautuvat kahteen koulukuntaan. Ensimmäisen määritelmän lähtökohtana on informaatio- ja viestintäteknologia ja toisen lähtökohtana on ihmiset (Bibri & Krogstie, 2017). Näin ollen yhdestä näkökulmasta katsottuna kaupunki saattaa edustaa älykaupungin konseptia ja toisesta näkökulmasta taas ei.

2.1 Älykaupungin määritelmä

Jotta älykaupungin voi helposti erottaa tavallisesta kaupungista, tulee se jotenkin määritellä. Älykaupungin määrittelyn ongelmana on kuitenkin se, että tieteilisissä julkaisuissa ei esiinny ainoastaan yhtä yhtenäistä määritelmää älykaupungille. Jo vuonna 2008 Hollands (2008) valitti sitä, kuinka silloin kaupunkikontekstissa uusien termien pommitus oli jatkuvaa. Älykkään lisäksi kaupunkiin yhdistettiin sanoja kuten innovatiivinen, verkottunut, digitaalinen ja luova. Näillä yhdistelmillä usein tarkoitettiin kaupunkien teknologista, poliittista ja taloudellista muutosta (Hollands, 2008). Tuolloin älykaupungista käytettiin siis useita erilaisia termejä. Nykyään termien osalta kirjallisuudessa on vakiintunut juurikin älykaupunki, mutta kyseistä termiä on edelleen vaikea määritellä.

Albinon, Berardin ja Dangelicon (2015) mukaan ”älykaupunki” käsitteenä esiintyy useilla aloilla ilman minkäänlaista yhteisesti sovittua määritelmää. Tämä aiheuttaa Albinon ym. (2015) mukaan hämmennystä päätöksentekijöiden keskuudessa erityisesti silloin, kun heidän tulisi tehdä poliittisia ratkaisuja kaupunkiansa älyllistämiseen (Albino ym., 2015). Samoin Yigitcanlar ym. (2018) toteavat älykaupungilla olevan liian monta määritelmää, joista jokainen keskittyy älykaupungin eri osa-alueisiin. Määritelmien määrään vaikuttaa vahvasti tutkijoiden, yritysten ja julkisten organisaatioiden tekemät kapeat määritelmät (Yigitcanlar ym., 2018). Borsekovan ja Nijkampin (2018) mukaan älykaupungin konsepti on muuttunut viime vuosikymmenen aikana tietoyhteiskunnan palve-

luiden ratkaisijasta, trendikkääksi ja kapeaksi muotisanaksi (Borsekova & Nijkamp, 2018). Jos jonkin termin suosio kasvaa kovin suureksi, on riskinä eri tahojen erilainen tulkinta kyseisestä termistä. Samoin Zanella, Bui, Castellani, Vangelista ja Zorzi (2014) toteavat, ettei älykaupungille ole virallista ja yhtenäistä määritelmää (Zanella ym., 2014). Näiden lisäksi myös Angelidou (2014) toteaa, että tällä hetkellä vallitsee suuri väärinymmärrys siitä, mitä älykaupungit ovat ja miten niitä voidaan edes toteuttaa (Angelidou, 2014). Kattavaa ja yleisesti hyväksyttyä määritelmää älykaupungille ei siis tutkimusten mukaan näytä löytyvän. Silti kirjallisuuden lisääntyessä yhä useampi kirjallisuuskatsaus on löytänyt alan kirjallisuudesta löytyviä yhtenäisiä tekijöitä ja näin ollen yrittäneet tehdä hyväksyttävän ja yhtenäisen määritelmän. Älykaupungin yhtenäistä määritelmää näyttää ajavan kaksi eri koulukuntaa, joista toinen keskittyy älykaupungin teknologiseen puoleen ja toinen korostaa enemmän ihmisten osuutta älykaupungeissa.

Älykaupungin yhteisiä tekijöitä siis löytyy alan kirjallisuudesta. Toistuvia teemoja älykaupungin suhteen ovat sille tyypilliset ominaisuudet ja sen pääoma. Määritelmät eivät tosin jää ainoastaan tieteellisen kirjallisuuden pariin, vaan esimerkiksi yritykset ja kaupunkien hallinnot ovat määritelleet älykaupungin oman halunsa mukaan.

Angelidou (2014) on määritellyt älykaupungin edustavan käsitteellistä kaupungin kehittämismallia, joka perustuu ihmisen, kollektiivisen ja teknologisen pääoman hyödyntämiseen kaupunkien taajamien kehittämiseksi (Angelidou, 2014). Scutton, Ferrarixsen ja Brescianin (2016) mukaan Kourtit ja Nijkamp (2012) määrittelevät älykaupungin koostuvan ihmisistä pääomana, infrastruktuurista pääomana, sosiaalisesta pääomasta ja yrittäjyydestä pääomana. Tällaista pääomaa on esimerkiksi taidokas työväestö, kovan luokan viestintärakennukset ja rohkeat riskinottoa pelkäämättömät yritykset (Scuotto, Ferraris & Brescian, 2016).

Zanella ym. (2014) eivät määrittele älykaupunkia sen pääoman mukaan, vaan sen lopullisen päämäärän mukaan, joka on kaupungin resurssien parempi käyttö, asukkaille suunnattujen palveluiden parantaminen sekä kustannusten laskeminen (Zanella ym., 2014). Samoin Ojo, Curry ja Zeleti (2015) eivät ota kantaa älykaupunkien ominaisuuksiin tai sen pääomaan, vaan toteavat käytännön osoittaneen älykaupunkien edustavan kaupunkien hallitusten yrityksiä hyväksikäyttää erilaisia innovaatioita kaupungin toimivuuden ja elinolojen parantamiseksi (Ojo ym., 2015). Bibri ja Krogstie (2017) määrittelevät älykaupungin edustavan tehokkuutta, joka pohjautuu älykkääseen hallintaan informaatio- ja viestintäteknologiaa hyväksikäyttäen (Bibri & Krogstie, 2017). Al Nuaimi, Al Neyadi, Mohamed ja Al-Jaroodi (2015) toteavat älykaupungeilla toistuvan samoja ominaisuuksia. He toteavat älykaupungin ominaisuuksien olevan kestävyys, sitkeys, elämän laatu sekä luonnonvarojen ja kaupungin toimitilojen älykäs käyttö ja he määrittelevät älykaupungin olevan integroitunut elävä ratkaisu, joka yhdistää useita osa-alueita, kuten liikenteen, energian ja rakennukset nostaakseen kaupungissa asuvien elämänlaatu (Al Nuaimi ym., 2015).

Älykaupungille löytyy siis useampia määritelmiä. Vaikka osa tuntuu keskittyvän enemmän siihen, mitä teknologia voi kaupungin ja sen asukkaiden hyväksi tehdä ja osa siihen, miten älykaupunki koostuu teknologian lisäksi myös ihmisistä, löytyy määritelmistä samankaltaisuuksia. Älykaupunki voidaan siis määritellä sen ominaisuuksien ja tavoitteiden mukaan.

Tässä tutkielmassa älykaupunki nähdään koostuvan kaupungin teknologisesta, kollektiivisesta ja ihmisten pääomasta ja sen tavoitteena on parantaa kaupungin palveluita, kestävyyttä, ilmastoystävällisyyttä ja asukkaiden elämänlaatua informaatio- ja viestintäteknologian avulla.

2.2 Älykaupungin historiaa

Älykaupungit eivät ole konseptina millään tavalla uusia. Sheltonin ym. (2015) mukaan nykyiset älykaupungin kannattajat mieltävät omat tekonsa tieteellisen tiedon analysoimisen ohjaamaksi, mutta tieteellinen lähestymistapa kaupunkien hallintaan ja suunnitteluun ei ideana ole mitenkään uusi. Heidän mukaansa insinöörit ja suunnittelijat ovat ajaneet tieteellistä lähestymistapaa jo vuosisadan ajan (Shelton ym., 2015).

Älykaupunkien historian voidaan katsoa alkaneen jo teollistumisen aikoihin. Uusien teknologioiden avulla voidaan sanoa silloisten kaupunkien olleen edeltäjiään älykkäämpiä ja tehokkaampia. Komninoksen (2011) mukaan ensimmäinen todellinen älykäs yhteisö, joka yhdisti yksilöllisen, kollektiivisen ja koneellisen älykkyyden, oli Bletchley Park Iso-Britanniassa. Bletchley Park on monille tuttu toisesta maailmansodasta, jossa Iso-Britannia yritti murtaa saksalaisten salakirjoituksen ja missä esimerkiksi Alan Turingin johtama ryhmä lopulta purki Enigma-salakirjoituskoneen. Bletchley Parkia voi Komninoksen mukaan pitää prototyypinä älykkäästä yhteisöstä, jossa hyödynnettiin ihmisiä, teknologiaa ja sääntöjä (Komninos, 2011). Bletchley Parkia voidaan pitää oman aikansa älykaupunkina, sillä se koostui samankaltaisista komponenteista kuin nykypäivän älykaupungit.

Angelidou (2015) mukaan taas ensimmäiset johdonmukaiset ideat yhteiskunnan, talouden ja kaupunkikeskittymien tulevaisuudesta kehittyvän teknologian vaikutuksesta ilmestyivät 1850-luvulla. Näissä ideoissa näkyi aikansa huipputeknologia kaupunkisuunnittelun pääosassa. Vuosisata myöhemmin eli 1960-, 1970- ja 1980-luvuilla alkoi jatkuva artikkelien virta, jotka käsittelivät nousevaa tietoyhteiskuntaa ja sen mahdollisia vaikutuksia kaupunkialueisiin (Angelidou, 2015). Teknologian hyödyntämistä älykaupungeissa on siis mietitty jo vuosisadan ajan ja nykyisen laajamittaisen digitalisaation myötä se on päässyt ennennäkemättömiin mittasuhteisiin.

Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana älykaupungin konseptista on kirjoitettu usealla eri tieteenalalla. Kaupungeille on yritetty löytää erilaisia malleja, joiden avulla kaupunki panostaisi kestävään kehitykseen. "Compact-city" ja "eco-city" ovat Bibrin ja Krogstien (2017) mukaan tällaisia malleja. Silti edel-

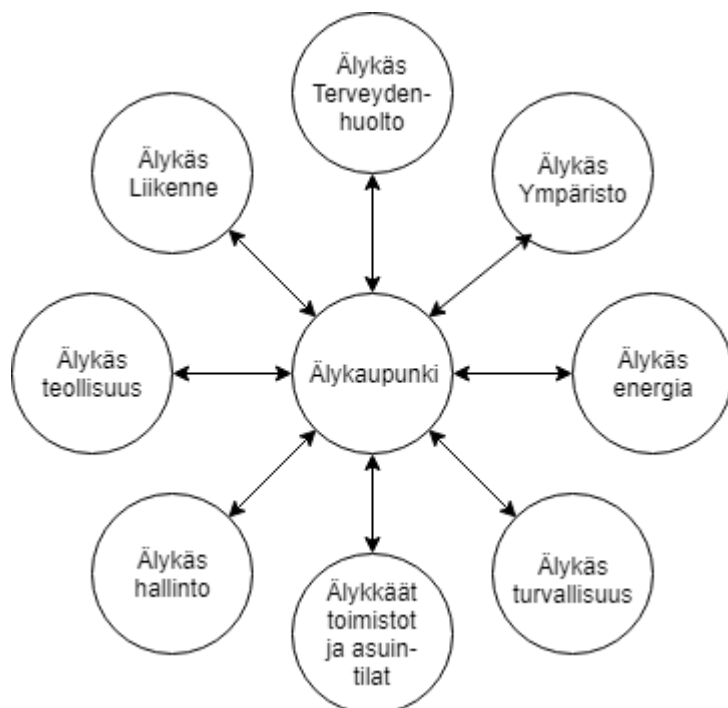
leen tavoitteena on löytää vakuuttavampaa ja vankempaa kehitysmallia kaupungeille. (Bibri & Krogstie, 2017).

Angelidou (2015) toteaa nykypäivänä älykaupunkia ajavan kaksi erillistä voimaa, teknologinen työntö (technological push) sekä kysyntä (demand pull). Hänen mukaansa viime vuosien teknologinen kehitys on mahdollistanut laajan kirjon ratkaisuja, jotka yrittävät toteuttaa älykaupungin konseptia. Tätä on Angelidoun mukaan teknologinen työntö. Toisaalta taas ilmastonmuutos, kaupungistuminen ja maailmanlaajuiset taloudelliset ahdingot luovat tarvetta tehdä kaupungeista entistä älykkäämpiä. Nämä ovat esimerkkejä kysynnästä (Angelidou, 2015). Tällä hetkellä voidaan sanoa kaupunkien muuttuvan lähes väistämättä älykkäämmäksi asukkaidensa tarpeiden ja teknologisen kehittymisen sekä uusien teknologioiden kautta.

2.3 Teknologiset tekijät älykaupungeissa

Älykaupungin voidaan katsoa koostuvan kaupungin ihmisistä ja sen kollektiivisesta sekä teknologisesta pääomasta. Angelidou (2014) toteaa kaupunkien infrastruktuurin jakautuvan joko niin sanotun kovan tai pehmeän infrastruktuurin strategiaan, jossa kovalla tarkoitetaan kaupungin strategian keskittymistä teknologiseen kehittämiseen kaupungin infrastruktuurissa, eli veden- ja jätteenhuoltoon sekä energiaan ja liikenteeseen ja pehmeän infrastruktuurin strategialla tarkoitetaan kaupungin keskittymistä yhteisöön ja ihmisiin, jotka koostuvat sosiaalisesta pääomasta, tiedosta ja sosiaalisesta innovoinnista. (Angelidou, 2014) Caragliu, Del Bo ja Nijkamp (2011) toteavat kovan infrastruktuurin olevan fyysistä pääomaa (Caragliu, Del Bo & Nijkamp, 2011). Fyysinen pääoma voidaan siis nähdä laitteiden ja teknologian lisäksi myös eri teknologioiden prosesseina, kuten Angelidoun (2014) mainitsemana jätteenhuoltona. Tässä luvussa keskitytään älykaupungin strategian näkökulmasta kovaan infrastruktuuriin.

Gaur, Scotney, Par ja McLean (2015) ehdottavat artikkelissaan älykaupungin arkkitehtuuria. Kyseisessä arkkitehtuurimallissa älykaupunki on jaettu erilaisiin komponentteihin ja näistä komponenteista on helppo nähdä, mihin eri osa-alueisiin älykaupungeissa teknologiat sijoittuvat. Alla on Gaur ym. (2015) mukaan tehty kuvio älykaupungin komponenteista.



KUVIO 1 Älykaupungin komponentit (mukaillen Gaur ym. 2015)

Gaurin ym. (2015) arkkitehtuurimallissa jokaiseen komponenttiin, tai älykaupungin osa-alueeseen, asetettaisiin sensoreita mittaamaan ja keräämään dataa. Tiedonsiirtoon käytettäisiin jokaisen osa-alueen ominaisinta tapaa välittää tietoa. Esimerkiksi satelliittiverkkoa gps-palveluihin, puhelinverkkoa (GSM/3G/4G) älypuhelimien ja internetiä tietokoneille. (Gaur ym., 2015). Hashem ym. (2016) mainitsevat älykaupunkien käyttävän erityisesti uusia nousevia teknologioita kuten langattomia sensoriverkkoja (wireless sensor networks). Langattomien sensoriverkkojen etuna on niiden pieni koko sekä niiden valmistamisen edullisuus. Jamilin ym. (2015) mukaan langattomia sensoriverkkoja käytetään muun muassa liikenneonnetusten havainnoimiseen, aikaiseen luonnonkatastrofin ilmoittamiseen ja erilaisiin kodin ja terveydenhuollon sovelluksiin. Näiden käyttökohteiden lisäksi Jamil ym. (2015) peräänkuuluttavat langattoman sensoriverkon hyväksikäyttämistä ilmanpäästöjen ja saasteiden mittaamiseen. Tutkimuksessaan he asensivat sensoreita julkisen liikenteen kulkuneuvoihin mittaamaan kaupunkien eri alueilta ilmanpäästöjä ja saasteita (Jamil ym., 2015). Älykaupungeilla on siis teknologiansa kautta ennennäkemätön mahdollisuus tehdä asuinalueista myös puhtaampia ja ilmastoystävällisempiä. Esimerkiksi juuri sensoriverkon yhdistäminen julkiseen liikenteeseen kattaisi kaupungista laajan alueen mittaamisen liikkuvilla sensoreilla ja näin ollen mahdollistaisi kaupunkien ongelma-alueiden paikantamisen. Langattoman sensoriverkon lisäksi Hashem ym. (2016) luettelevat seuraavien teknologioiden olevan älykaupungeissa usein käytössä; RFID, Wi-Fi, Bluetooth, 4G LTE,

5G ja network function virtualization (Hashem ym., 2016). Yllä olevasta kuvios-
ta (kuvio 1) pystytään havainnoimaan teknologian sijoittuvan lähes jokaiselle
kaupungin osa-alueelle. Jotta osa-alueilta generoituvasta datasta pystytään hyö-
tymään mahdollisimman hyvin, tulee älykaupungeilla olla infrastruktuurissa
viestintäverkot kunnossa. Juuri 4G:n ja ilmaisen Wi-Fin tarjoaminen luovat kat-
tavimmat valmiudet tiedonsiirtoon älykaupungeissa.

Älykaupungeille ominaista on siis juurikin teknologian hyödyntäminen
kaupunkisuunnittelussa ja kaupungin tarjoamissa palveluissa. Älykaupungin
komponenteista (kuvio 1) on helppo havainnoida, mihin osa-alueisiin teknolo-
gian hyödyntäminen kohdistuu. Teknologian avulla voidaan myös osallistuttaa
kaupungin asukkaita avoimeen innovaatioon, jolloin asukkailla on mahdolli-
suus paremmin osallistua kaupungin ja sen palveluiden kehittämiseen.

Angelidou (2014) mukaan kokemus on osoittanut, kuinka helppoa on
uppoutua älykaupungin esittämiin suuriin muutoksiin ja unohtaa kokonaan jo
valmiina olevat resurssit (Angelidou, 2014). Nykyään lähes jokaisella kaupun-
gilla on jo valmiiksi olemassa it-infrastruktuuri sekä it-strategia. Onkin tärkeää,
että valmiina olevia resursseja ja erityisesti valmiina olevaa teknologiaa hyö-
dynnetään älykaupunkihankkeissa, sen sijaan että hankittaisiin kaikki uutena.
Hyvänä esimerkkinä aiempien resurssien hyväksikäytöstä voidaan pitää eri
kaupungeissa tapahtuneita avoimen datan avaamisia.

Internet of Things eli IoT, on nykyään yksi tärkeimmistä älykaupungin
teknologioista. IoT voidaan Zanellan ym. (2014) mukaan nähdä viestintäpara-
digmana, missä jokapäiväiset esineet varustetaan mikropiireillä, joiden avulla
ne pystyvät keskustelemaan sekä keskenään että ihmisten kanssa ja näin ollen
ovat yhteydessä myös Internetiin (Zanella ym., 2014). Tällaisia laitteita voi äly-
kaupungeista löytyä esimerkiksi ihmisten kotoa, julkisesta liikenteestä tai ra-
kennuksista. Nykyajan IoT-laitteita voivat olla kahvinkeitin, roskaämpäri tai
jääkaappi. Älykaupungeissa IoT:n huomaa ehkä parhaiten julkisessa liikentees-
sä. Esimerkiksi Tampereella on julkisen liikenteen busseihin sijoitettu IoT-
laitteita, joiden avulla pystytään seuraamaan bussien sen hetkistä sijaintia. Tästä
on jatkokehitetty palvelu, joka kerää kaikki Tampereen julkisen liikenteen
bussit samaan karttaan ja näin ollen asukkaat pystyvät seuraamaan koko Tam-
pereen julkista liikennettä. Kyseinen palvelu, nimeltään Lissu, ei ole ainoa
Tampereen julkisen liikenteen avointa rajapintaa hyödyntävä palvelu. Myös
Busse on samankaltainen reaaliaikainen joukkoliikenteen seurantapalvelu. Bus-
sen on kehittänyt Kimmo Brunfeldt ja se on esimerkki avoimen innovaation
toteutuksesta, missä kaupunki on antanut asukkailleen mahdollisuuden luoda
jotain, mikä hyödyttää myös muita kaupunkilaisia (Tanninen, 2015).

Zanella ym. (2014) tuovat esiin älykaupungeissa mahdollisesti esiintyviä
palveluita Padova Smart City projektin muodossa. Projektissa IoT:n mahdollis-
tavat palvelut ovat rakennusten terveys, jätteenhallinta, ilman laadun monito-
rointi, melun monitorointi, ruuhkan monitorointi, kaupungin energiankulutus,
älykäs parkkeeraus, älykäs valaistus sekä julkisten rakennusten terveys ja au-
tomatisaatio (Zanella ym., 2014).

3 Massadata

Massadata (englanniksi Big Data) on yksi viime vuosikymmenen puhutuimmista käsitteistä informaatioteknologian saralla. Vuonna 2016 De Mauro, Greco ja Grimaldi (2016) totesivat massadatan olevan läsnä kaikkialla, puhuttaessa informaatioteknologian kirjallisuudesta. He totesivat myös digitaalisten teknologioiden luonteen vuoksi massadatan ulottavan myös lähes kaikkiin muihin tieteenaloihin esimerkiksi lääketieteeseen, biologiaan ja sosiologiaan. (De Mauro ym., 2016). Massadataa voidaan pitää siis todella tärkeänä käsitteenä useille eri tieteenaloille. Gandomin ja Haiderin (2015) artikkelin mukaan ”Big Data” käsitettä sisältäviä artikkeleita on tullut erittäin paljon lisää ProQuestin tietokantaan 2011 vuodesta eteenpäin. Kun 2010 kyseisiä artikkeleita oli alle sata, oli niitä 2011 jo yli kolmesataa ja 2013 lähes kaksituhatta (Gandomi & Haider, 2015). Artikkelien lisääntynyt määrä kertoo siitä, kuinka massadatan arvo tutkimuksissa on noussut ja siitä, kuinka suuresta ilmiöstä on kyse informaatioteknologian alalla.

Yleisesti massadata voidaan nähdä niin suurena määränä tietoa, etteivät ihmiset tai perinteiset tietojärjestelmät tai laitteet voi sitä käsitellä tai tehdä siitä tulkintoja, vaan sen käsittelyyn ja tulkitsemiseen tarvitaan aina ohjelmistoja ja laitteita, jotka on varta vasten suunniteltu massadataa varten. Yhä enemmän digitalisoituvassa maailmassa massadatan merkitys kasvaa, sillä sitä tuotetaan vuosi vuodelta enemmän. Tällaisen raaka-aineen oikeanlainen käyttäminen on kilpailuedun ja palveluiden parantamisen kannalta äärimmäisen tärkeää.

Massadataa voidaan pitää yhtenä nykyajan tärkeimmistä raaka-aineista, jonka arvo pääsee jalostaessa täysiin mittoihinsa. Pelkkää massadataa voi melkeinpä pitää arvottomana, sillä ihminen ei pysty käsittelemään niin suuria määriä dataa kohtuullisessa ajassa, mutta esimerkiksi louhimalla sitä ja tekemällä siitä erilaisia ennusteita ja hakemalla siitä säännönmukaisuuksia, voidaan massadataa hyväksikäyttää esimerkiksi markkinoinnissa, esineiden elinkaaren seurannassa ja tapahtumien ennustamisessa. Nykyään massadataa voidaan käyttää myös tukemaan liiketoimintaa, tai joissain tapauksissa massadata saattaa olla kokonaan yrityksen liiketoiminta.

3.1 Massadatan määritelmä

Massadatan ollessa tällä hetkellä trendikäs käsite, tulee se määritellä, jotta ero tavalliseen dataan sekä suuriin määriin dataa tulee mahdollisimman selväksi. Jokainen tallennettu tieto ei välttämättä lukeudu massadataan, mutta massadata voi sisältää mitä tahansa tietoa. Massadatan erottaa suuresta määrästä dataa sen luokittelemattomuus. Mikäli dataa on paljon, mutta se on luokiteltua, ei kyseessä ole massadata. Lisäksi, kuten aiemmin on jo todettu, massadatalle tyypillistä on se, ettei ihminen voi sitä kohtuullisessa ajassa käsitellä.

Samoin kuin älykaupungilla, myös massadatalla on osittain ongelmana sen tuoreus. De Mauro ym. (2016) toteavat, ettei massadatalla ole yhtenäistä määritelmää huolimatta sen esiintymisestä useilla eri tieteenaloilla. Heidän mukaansa massadatan suosio ei ole saanut seurakseen sanaston järjellistä kehitystä (De Mauro ym., 2016). Tämänlainen sanaston kehityksen puute voidaan kuitenkin katsoa olevan koko informaatioteknologian alaa koskeva vitsaus, sillä alalle syntyy niin usein uusia teknologioita ja näitä selittäviä käsitteitä, jolloin on lähes mahdotonta ehtiä löytää yhtenäistä määritelmää ennen kuin uusi teknologia on jo valmis syrjäyttämään aikaisemman.

Vaikka massadatan tuoreuden takia sen määritelmästä ei välttämättä olla kirjallisuudessa yhtä mieltä, on tärkeää tutustua sen erilaisiin määritelmiin ja löytää yhtenäisyyksiä näiden välillä. Näin on helpompi ymmärtää, milloin on kyse massadatasta, milloin suurista määristä dataa ja milloin ihan normaalista datamäärästä. Määritteleminen helpottaa myös myöhempänä olevan luvun massadata älykaupungeissa lukemista.

Chen (2014) kutsuu massadataa abstraktiksi konseptiksi. Hänen mukaansa datan määrän lisäksi massadatalla on muutama muu ominaisuus, mitkä erottavat sen suurista määristä dataa. Chenin (2014) mukaan näitä ominaisuuksia on neljä, joita hän kutsuu neljäksi V:ksi. Ominaisuudet ovat volume (määrä), variety (monimuotoisuus), velocity (kiihtyvyys) ja value (arvo) (Chen, 2014). Gandomi ja Haider (2015) toteavat massadataan taas liittyvän vain kolme V:tä. Nämä ovat määrä, monimuotoisuus ja kiihtyvyys. Lisäksi he toteavat, että useita muita V-alkuisia ominaisuuksia on esitelty massadatalle, kuten value (arvo), variability (muuttuvuus) ja veracity (totuudenmukaisuus) (Gandomi & Haider, 2015). De Mauro ym., (2016) ovat tutkineet massadatasta löytyvää kirjallisuutta ja massadatan määritelmiä ja näiden yhtenäisyyksiä. He ehdottavat hyväksyttäväksi seuraavanlaista määritelmää: Massadata on tietovarana, joka on ominaisuuksiltaan niin suurta määrän, kiihtyvyyden ja monimuotoisuuden suhteen, että sen jalostamista varten tarvitaan erityisiä työkaluja sekä analyttisiä metodeja (De Mauro ym., 2016). Samoin Al Nuaimi ym. (2015) toteavat tieteellisestä kirjallisuudesta nousseen 5 V:tä esiin, joista kolmea he pitävät tärkeimpänä. Heidän mukaansa massadataa kuvaavat parhaiten määrä, kiihtyvyys ja monimuotoisuus. Lisäksi he toteavat kirjallisuudesta nousseen esiin useita muitakin V-alkuisia käsitteitä kuvaamaan massadataa ja sen ominaisuuksia (Al Nuaimi ym., 2015).

Määrittelyistä nousee esiin selkeästi V-alkuiset englanninkieliset sanat kuvaamaan massadataa. Massadata voidaan siis määritellä sen ominaisuuksien mukaan ja sen pääominaisuuksiksi voidaan katsoa sen suuri määrä, sen kirjjava monimuotoisuus ja sen vaihtelun kiihtyvyys.

3.2 Massadatan käyttökohteet

Massadatalle on olemassa useita käyttökohteita massadatan analysoimisesta, sen visualisointiin. Käyttökohteet määräytyvät suurimmaksi osaksi yrityksen tai organisaation liiketoiminnan mukaan. Esimerkiksi julkinen liikenne voi hyödyntää massadataa reittien optimoimiseen, ajoneuvojen käyttöiän ja huoltojen ennustamiseen tai erilaisten tilastojen visualisointiin asiakkailleen. Ruokakaupat taas voivat käyttää massadataa erilaisten ostosmallien luomiseen, kohdennettuun markkinointiin, ruokahyllyjen asemien optimointiin tai asiakasryhmien generoimiseen. Massadatan yleisimmät käyttökohteet ovatkin juuri kertyneen datan analysointi ja näiden analyysien pohjalta tehtävät ratkaisut joko palveluiden parantamisen osalta tai tulevaisuuden ennustamisen osalta.

Massadata yksinään ei ole yrityksille ja organisaatioille mielenkiintoinen sijoituskohte, vaan massadataa varten kehitetyt teknologiat luovat massadatalle sen arvon raaka-aineena. Gandomi ja Haider (2015) toteavat massadatan olevan arvotonta pyörteessä ja sen arvo toteutuu vasta kun sitä käytetään ohjaamaan liiketoimintaa (Gandomi & Haider, 2015). Jotta esimerkiksi massadataa voidaan hyödyntää erilaisiin ennusteisiin, tulee massadata jotenkin kerätä, valmistella ja lopulta analysoida ennusteita varten. Al Nuaimi ym. (2015) toteavat massadatan tarvitsevan oikeanlaiset työkalut ja menetöt sen tehokkaaseen ja huolelliseen analysointiin ja luokitteluun (Al Nuaimi ym., 2015). Esimerkki massadataa keräävästä teknologiasta on suomalaisen Wapice Ltd:n lanseeraama IoT-ticket, joka kerää Tampereella dataa julkisen liikenteen kulkuneuvoista (Stenroos, 2018). Tampereen seudun joukkoliikenteestä kerätty data on avointa dataa, eli kenellä tahansa on mahdollisuus käyttää kyseistä dataa hyväkseen, sillä Tampereen kaupunki on avannut avoimen rajapinnan kertyneelle datalle. Massadatan analysoimiseen on olemassa useita työkaluja, joista ilmainen esimerkki on RapidMiner. RapidMiner on datan louhintatyökalu, jolla voidaan analysoida massadataa ja analyysien pohjalta tehdä klustereita ja mallintaa luokkia ja ryhmiä datasta. Ilmaisen version lisäksi on myös erilaisia maksullisia yritysversioita, joilla massadatatista saadaan aikaan erilaisia analyysseja (RapidMiner, 2018). RapidMinerin lisäksi markkinoille on viime vuosien saatossa tullut useita data-analytiikan ja massadatan analysoimiseen tarkoitettuja sovelluksia.

Chen (2014) toteaa juuri massadatan analysoimisen olevan kehittynyt analyttinen teknologia (Chen, 2014). Toisin sanoen massadataan liittyvä analytiikka on analyttisilla aloilla erityisen huomion kohteena. Gandomi ja Haider (2015) luettelevat artikkelissaan heidän mielestään oleellisen osan massadatan analytiikan käyttökohteista, joihin kuuluu tekstianalytiikka, äänianalytiikka,

videoanalytiikka, sosiaalisen median analytiikka ja ennusteanalytiikka. Näistä äänianalytiikkaa käytetään terveydenhuollossa hoitamaan sairauksia, jotka vaikuttavat potilaan kommunikaatioon esimerkiksi skitsofrenian hoitoon, tekstianalytiikkaa useista dokumenteista syntyvien automaattisten tiivistelmien tekoon, videoanalytiikkaa turvallisuuteen ja esimerkiksi aidattujen alueiden valvontaan, sosiaalisen median analytiikassa voidaan etsiä yhteisöjä ja ennusteanalytiikkaa käytetään esimerkiksi neuroverkkoihin. (Gandomi & Haider, 2015)

Chenin (2014) mukaan massadataa käytetään suurimmaksi osaksi vain yrityksissä (Chen, 2014). Onkin siis tärkeää tehdä julkiselle sektorille selväksi massadatan ainutlaatuisuus ja sen mahdolliset käyttökohteet tulevaisuuden kaupungeissa eli älykaupungeissa.

4 Massadatan hyödyntäminen älykaupungeissa

Al Nuaimin ym. (2015) mukaan useat tutkimusprojektit ja työt ovat osoittaneet massadatan merkityksen älykaupungin palveluiden ja sovellutusten tukemisessa (Al Nuaimi ym., 2015). Ojon ym. (2015) mukaan massadatan kerääminen fyysisillä mittareilla on aina ollut yksi älykaupunkien kulmakivistä (Ojo ym., 2015). Gaurin ym. (2015) mukaan juurikin langattomien fyysisten mittareiden hinnan putoaminen on viime aikoina sallinut kaupungin hallinnon ohjata useita sensoreita etänä (Gaur ym., 2015). Kaupungeilla on siis nykyään paremmin varaa hankkia tarvittavia sensoreita ja mittareita havainnoimaan kaupungissa tapahtuvia asioita ja keräämään näiden laitteiden avulla syntynyttä dataa ja nykyinen tutkimus tukee massadatan keräämisen tärkeyttä älykaupungeissa. Angelidou (2015) mukaan massadatalle voidaan havainnoida trendejä ja näiden pohjalta tehdä johtopäätöksiä siitä, mitä kaupungeissa on normaaliolosuhteissa tapahtumassa. Tämä sallii kaupungin johdon tehdä parempia ja tehokkaampia päätöksiä ja näin ollen olla myös älykkäämpiä (Angelidou, 2015). Näin ollen on tärkeää ymmärtää, kuinka massadataa hyödynnetään ja millä eri tavoilla sitä kerätään nykyisissä älykaupungeissa.

Hashemin ym. (2016) mukaan massadata antaa mahdollisuuden kaupungeille saada arvokasta näkemystä huomattavan suuresta datamäärästä, jota on kerätty eri lähteistä. Hashem ym. (2016) näkevät älykaupungeissa olevan neljä erilaista käyttökohdetta massadatalle. Näitä ovat älykäs terveydenhuolto, älykäs liikenne, älykäs hallinto ja älykäs sähköverkko (Hashem ym., 2016). Alla on Hashemin ym. (2016) mukainen taulukko älykaupungin komponenteista ja niissä tapahtuvasta massadatan hyödyntämisestä.

TAULUKKO 1 Massadatan sovellutukset älykaupungeissa (mukaiillen Hashem ym. 2016)

Käyttökohte	Tarkka käyttökohte	IoT	Mahdolliset viestintäteknologiat	Vahvuudet	Heikkouudet
Älykäs terveydenhuolto	Terveysten tarkkailu	Sensarit, pidettävät älylaitteet	Bluetooth	Sairausten aikainen huomauttaminen	Tarkkuuden heikkous
Älykäs liikenne	Tehokas liikenteen hallinta	älyautot, kamerat, RFID kortit	RFID, 3G ja 4G	Automaattinen liikenteen hallinta, Tehokas reittien hallinta, Vähemmän ruuhkaa	Verkon katkeaminen saattaa aiheuttaa suuria onnettomuuksia
Älykäs hallinto	Älykkään politiikan tekeminen kansalaisten johtaminen tavoitteena	Älypuhelimet, kamerat, sensarit	WiFi, LTE, Bluetooth	Asukkaiden tarpeiden tiedostaminen	Datan kerääminen ja analysoiminen vaikuttaa vaikealta tehtävältä
Älykäs sähköverkko	Sähkönjakelun hallinnointi	Älykkäät mittarit ja lukijat	WiFi, Zigbee, Z-Wave	Tehokas sähkön jakelu, Tulevaisuuden tarpeiden ennustaminen	Kallista, Vaikea hallita

Yllä olevaa taulukkoa voi verrata myös Gaur ym. (2015) mukaiseen älykaupungin arkkitehtuurimalliin (kuvio 1). Siinä missä Gaur ym. (2015) näkevät älykaupungissa olevan kahdeksan komponenttia, Hashem ym. (2016) tunnistavat näistä vain neljä, joille on massadatasta hyötyä. Yllä olevaa taulukkoa voitaisiin täydentää Gaur ym. (2015) arkkitehtuurimallin mukaisesti lisäämällä sinne vielä älykäs teollisuus, turvallisuus, energia ja ympäristö. Alla on taulukko Gaurin ym. (2015) arkkitehtuurimallissa esiintyvistä neljästä muusta älykaupungin

komponentista yhdistettynä Hashemin ym. (2016) taulukkoon massadatan hyödyntämisestä.

TAULUKKO 2 Massadatan sovellutukset älykaupungin komponenteissa

Käyttökohte	Tarkka käyttökohte	IoT	Mahdolliset viestintäteknologiat	Vahvuudet	Heikkoudet
Älykäs teollisuus	Tuotannon automatisointi ja tuotteiden pilaantumisen ennustaminen	Sensorit, mittarit	MTConnect, OPC	Tuotannon tehostaminen, Tuotteiden laadun parantaminen	
Älykäs turvallisuus	Hälytysten ilmoittaminen internetin avulla	Sensorit, kamerat	WiFi	Kodin turvallisuuden lisääminen, turvallisuuslaitteiden hinnan aleneminen	Väärät hälytykset, Laiterikot
Älykäs energia	Energiankulutuksen näyttäminen kuluttajille	Mittarit, Älykääät energianäytöt		Energiatohokkuuden lisääminen, Kuluttajien tietoisuuden lisääminen	Energiatohokkuuden väheneminen, Kuluttajien stressin lisääntyminen
Älykäs ympäristö	Aktiviteettien seuraaminen, Terveyden parantaminen	Sensorit, Ohjauslaitteet	WiFi	Terveempien aktiviteettien tekeminen, terveyden parantaminen	Vaikeaa luoda yleisiä algoritmeja

Yllä olevaan taulukkoon (taulukko 2) on otettu mukaan neljä Gaurin ym. (2015) älykaupungin komponenttia. Valitut neljä komponenttia ovat sellaisia, joita ei Hashemin ym. (2016) mukaisessa taulukossa (taulukko 1) ollut. Komponenttien ominaisuudet on täydennetty eri tutkimuksilla. Lee, Kao ja Yang (2014) näkevät teollisuuden menevän kohti niin sanottua Industry 4.0. Industry 4.0 eli älykäs teollisuus, mahdollistaa tuotteiden elinkaaren ennustamisen ja tuotteiden tuotannon seuraamisen ja automatisoinnin (Lee, Kao & Yang. 2014). Älykäs ympäristö auttaisi ihmisiä toimimaan itsenäisesti. Jotta ihmiset voivat toimia itsenäi-

sesti, heidän tulee pystyä suoriutumaan tietyistä jokapäiväisistä aktiviteeteista. Älykäs ympäristö mahdollistaisi ihmisten terveydentilan parantamisen ja terveellisempien aktiviteettien noudattamisen, tarkkailemalla ympäristön asukkaista ja luomalla mahdollisia aktiviteetteja (Rashidi, Cook, Holder & Schmitter-Edgecombe. 2011). Hargreavesin, Nyen ja Burgessin (2010) tekemän tutkimuksen mukaan älykkäät energianäytöt saattoivat joko lisätä tai vähentää kuluttajien energiatehokkuutta. Joillekin älykkäät energianäytöt lisäsivät stressiä ja ahdistusta energiankulutuksesta (Hargreaves, Nye & Burgess, 2010). Älykkäillä energianäytöillä kuluttajat pystyvät seuraamaan reaaliaikaisesti sähkönkulutustaan ja näin ollen parantaa energiatehokkuutta. Kodali, Jain, Bose ja Boppana (2016) rakensivat prototyypin älykkäästä turvallisuudesta kotiympäristössä, käyttämällä hyväkseen IoT-laitteita. Sensorit lähettivät asukkaalle hälytyksiä, kun kotiin murtauduttiin (Kodali ym., 2016). Tämänkaltaiset kotikutoiset viritykset ovat hinnoiltaan halvempia kuin useiden turvallisuusyritysten tarjoamat vastineet. Ongelmana näissä nousee esiin laitteiden kunnollinen asennus ja mahdolliset tietoturvariskit. Potentiaalia älykkäällä turvallisuudella silti on, sillä turvallisuuslaitteiden keräämästä datasta, voidaan massadatan analytiikan avulla tehdä erilaisia malleja rikollisten toimintatavoista.

Esimerkkinä massadatan hyödyntämisestä kaupungin hallinnon puolelta voidaan pitää Tampereen joukkoliikenteen datan analysoimista. Datan analysointi oli osa STARDUST-projektia ja tavoitteena oli vertailla sähköbussuja hybridibusseihin ja löytää sähköbussseista mahdollisesti esiin nousevat hyödyt (Vilhula, 2019). Julkisen liikenteen älyllistämisen tarkoituksena on usein kaupungin hiilidioksidi- ja kasvihuonepäästöjen eliminoiminen ja näin ollen älykkäämmän kaupungin tekeminen.

Kaupungin johdon ja työntekijöiden lisäksi, massadataa pystyvät hyödyntämään myös yritykset ja kaupungin asukkaat. Kaupungit pystyvät avaamaan avoimia rajapintoja älykaupungeissa kerätylle datalle ja antaa näin ollen mahdollisuuden muille erilaisten palveluiden luomiseen. Ojon ym., (2015) mukaan kaupunkien keräämän datan avaaminen oli vuonna 2015 suhteellisen tuore ilmiö (Ojo ym., 2015). Avoimen datan jakaminen kuuluu nykyään oleellisesti älykaupungin ominaispiirteisiin ja useat älykaupungit ovatkin avanneet keräämiään datapankkeja julkisiksi. Suomessa esimerkiksi Tampereella, Helsingissä ja Turussa on avattu avoimia rajapintoja joukkoliikenteen datan saamiseksi. Rajapinnoista on mahdollista saada sekä staattista, että reaaliaikaista dataa.

4.1 Massadataa tuottavat teknologiat ja sitä hyödyntävät palvelut älykaupungeissa

Siinä missä älykaupungeista löytyy massadataa tuottavia sensoreita ja mittareita, myös tavallisistakin kaupungeista löytyy tämänkaltaisia teknologioita erittäin paljon. Älykaupungeissa massadataa tuottavat teknologiat eroavatkin ta-

vallisten kaupunkien teknologioista siinä, että älykaupungeissa teknologiat ovat varta vasten asetettu keräämään massadataa hyödynnettäväksi. Hyödyntäminen voi tapahtua kaupungin omissa hankkeissa, yritysten liiketoiminnassa tai jopa yksityishenkilöiden tekemissä palveluissa. Älykaupungit tukeutuvat vahvasti teknologiaan erityisesti kriittisten infrastruktuurin komponenttien suhteen (Chourabi ym., 2012).

Hashem ym. (2015) luettelevat seuraavanlaisia teknologioita, joiden kautta syntyy valtavat määrät dataa älykaupungeissa; älypuhelimet, tietokoneet, sensorit, kamerat, gps, sosiaalinen media, ostokset ja pelit (Hashem ym., 2015). Yksi uusista teknologioista on langattomat sensoriverkot. Langattomat sensoriverkot (wireless sensor networks) ovat Gaurin ym. (2015) mukaan nousseet esiin datan tuottajina. Sensoriverkot tuottavat todella suuren määrän dataa. Älykaupungeissa tapahtuneiden viimeaikaisten sensoriverkkojen käyttöönottojen myötä päivittäin generoituvan datan määrä on noussut päivittäin eri osaluilla, kuten ympäristön, terveydenhuollon ja liikenteen monitoroinnissa. (Hashem ym., 2015)

Kaupunkia ei voida kutsua älykkääksi, jos ei se hyödynnä dataa, jota nykypäivänä automaattisesti syntyy. Zanellin ym., (2014) mukaan älykaupunkien palvelut koostuvat ympäri kaupunkia sijoitelluista heterogeenisistä laitteista, jotka synnyttävät erimuotoista dataa, joka puolestaan lähetetään edelleen prosessoitavaksi ja uudelleenkäytettäväksi (Zanelli ym., 2014). Tämä prosessointi ja uudelleenkäytettävyys synnyttää älykaupungeissa palveluita, joiden tulisi hyödyttää kaupungin asukkaita tai mahdollistaa uusien liiketoimintojen syntymistä.

Al Nuaimi ym. (2015) luettelevat useita massadataa hyödyntäviä palveluita, esimerkiksi älykäs koulutus, älykkäät liikennevalot ja älykäs sähköverkko. Heidän mukaansa massadataa pystytään hyväksikäyttämään koulutuksessa luomalla malleja ja luokitteluja oppilaista ja opettajista sekä koulurakennuksista ja näin ollen tehostaa koulutusta. Älykkäät liikennevalot taas pystyvät luomaan yhdessä verkoston, jolloin esimerkiksi reittien optimointi ja ruuhkien purkaminen jäisivät älykkäiden liikennevalojen vastuulle. Älykäs sähköverkko tehostaisi sähkön tuotantoa ja jakelua käyttämällä hyväksi kaupungin asukkaiden käyttäytymisestä. Älykkään sähköverkon pystyttäminen tosin vaatii valtavan määrän resursseja, sillä dataa tulisi kerätä muun muassa sähköyhtiöiltä, heidän asiakkailtaan ja sähkönjakelijoilta ja tämä vaatisi erilaisten sensorien ja mittareiden jokaista mittauspistettä kohden. (Al Nuaimi ym., 2015)

Älykaupungeissa massadataa hyödyntävät palvelut eivät välttämättä ole kaupungin itsensä tai yritysten tekemiä kaupallisia palveluita. Esimerkiksi kaupunkien jakama avoin data voi saada kansalaiset innovoimaan palveluita kaupungin muille asukkaille. Esimerkkejä tällaisista innovaatioista on Busse, joka on Tampereen joukkoliikenteen reaaliaikaiseen seuraamiseen kehitetty palvelu. Kyseinen palvelu hyödyntää Tampereen joukkoliikenteen avoimesta rajapinnasta saatavaa dataa ja esittää joukkoliikenteen bussien senhetkisen sijainnin karttapalvelussa (Tanninen, 2015).

Hashemin ym. (2016) mukaisesta taulukosta (taulukko 1) voidaan nähdä muutamia älykaupungin komponentteja, joissa massadataa hyödynnetään. Näitä komponentteja voidaan tarkastella myös kaupungin järjestäminä palveluina, kuten terveydenhuoltona tai joukkoliikenteenä. Aikaisemmin mainitut Busse ja Lissu ovat esimerkkejä joukkoliikenteen massadataa hyödyntävistä palveluista. Taulukossa 2 täydennetään Hashemin ym. (2016) määrittelemiä älykaupungin komponentteja (taulukko 1) lisäämällä siihen Gaurin ym. (2015) neljä muuta älykaupungin komponenttia. Näitä komponentteja pystytään myös tarkastelemaan palveluina, joista tulevaisuudessa mahdollisia olisivat automaattiset kutsut lääkäriin, julkisen liikenteen tarjoaminen älykkäämpänä tai energiakulutuksen muutoksen automaattinen tiedottaminen. Osa näistä palveluista on jo toteutunut ja osa taas vaatii teknologian kehittymistä. Massadataa pystytään siis hyödyntämään useassa älykaupungin osa-alueessa jo nyt ja tulevaisuudessa vielä enemmän.

Älykaupunkihankkeiden yleistyessä nousee tärkeäksi kysymykseksi se, miten komponenttien äylyllistämistä tulisi priorisoida. Jotta kaupungin äylyllistämistä olisi maksimaalinen hyöty, on tärkeää, että kaupunkien ensimmäiset hankkeet kohdistuvat komponentteihin, joista on kaupunkilaisille eniten hyötyä ja joiden äylyllistämisen selvästi huomaa. Nämä komponentit olisivat näin ollen älykaupungin tärkeimpiä komponentteja ja niihin keskittyminen tulisi olla ensimmäinen askel kaupunkien äylyllistämässä.

IBM:n älykaupunkien vision mukaan kaupungit perustuvat kuuteen ydinjärjestelmään, jotka ovat ihmiset, liiketoiminta, liikenne, viestintä, vesi ja energia (Dirks & Keeling, 2018). Älykaupungin komponenttien priorisoimisen voi aloittaa näistä ydinjärjestelmistä. Gaurin ym. (2015) komponenteista älykäs liikenne, energia ja teollisuus voidaan nähdä osana ydinjärjestelmiä. Näihin kolmeen komponenttiin keskittyminen vastaisi suurelta osin kaupungistumisen myötä tullessiin ongelmiin, kuten päästöihin, ruuhkiin ja työttömyyteen ja näin ollen ajaisi älykaupungin tarkoitusta. Caragliu, Del Bo ja Nijkamp (2012) uskovat kaupungin olevan älykäs investointien kohdistuessa sosiaaliseen pääomaan, liikenteeseen ja nykyaikaiseen kommunikaatio infrastruktuuriin ja näiden investointien tukiessa elämänlaatua sekä taloudellista kasvua (Caragliu, Del Bo & Nijkamp, 2012). Älykkään liikenteen priorisoiminen korkealle olisi myös Caragliun ym. (2012) näkökulmasta perusteltua, mutta muita Gaurin ym. (2015) mukaisia älykaupungin komponentteja ei voida laittaa tärkeysjärjestykseen. Pekingissä julkisen liikenteen korttijärjestelmä vastaanottaa 40 miljoonaa käyttötapausta päivittäin ja metro taas noin miljoona käyttötapausta (Li, Cao & Yao, 2015).

Kuten tässä luvussa on jo tullut selväksi, on julkinen liikenne yksi käyttökelpoisimmista äylyllistämisen kohteista. Busse ja Lissu ovat esimerkkejä mahdollisista palveluista, joita älykkääseen liikenteeseen voidaan soveltaa. Lisäksi julkisen liikenteen esiintyminen useissa älykaupungin kuvauksissa, tukee älykkään liikenteen merkityksellisyyttä älykaupungeille. Lähdekirjallisuuden sekä aikaisempien toteutuksien perusteella, tämän tutkimuksen osalta suositellaan uusien älykaupunkihankkeiden panostavan erityisesti julkiseen liikenteeseen ja

sen älyllistämiseen. Näin hankkeet varmistavat myös tulevaisuuteen katsomisen, panostamalla älykaupungin komponenttiin, jonka voidaan nähdä olevan suoraan kytköksissä ilmastonmuutokseen.

4.2 Tulevaisuuden näkymät älykaupungeissa

Älykaupunkien suosion kasvaessa, alkaa niihin liittyvästä kirjallisuudesta nousta esiin myös haastajia. Esimerkiksi Sunin, Songin, Jaran ja Bienin (2016) ”smart and connected communities” (SCC) on älykaupungista johdettu konsepti, joka vastaisi yhteisöjen tarpeisiin muistamalla menneisyyden, ajattelella nykyisyyttä ja katsomalla tulevaisuuteen. SCC:n mukaisessa kaupungissa säilytettäisiin paremmin vanhoja perinteitä sekä rakennuksia ja näin ollen pidettäisiin menneisyys muistissa. Nykyisyys ja tulevaisuus taas näkyisi SCC:n mukaisessa kaupungissa pysyvyyden myötä, eli kaikki hankkeet tehtäisiin jälkipolvet mielessä, eikä ainoastaan senhetkisten asukkaiden tarpeiden mukaisesti. Sunin ym. (2016) mukaan älykaupunkien konsepti on muuttumassa selvästi SCC:n kaltaiseksi. SCC:n etuna älykaupunkeihin on Sunin ym. (2016) mukaan se, että se sopii suurten kaupunkien lisäksi myös pienille kaupungeille. (Sun ym., 2016) Toinen haastaja älykaupungille on Oliveiran ja Campolargon (2015) ”human smart cities”, jossa teknologian sijasta painopisteenä olisivat ihmiset. Oliveira ja Campolargo väittävät, että nykyiset älykaupungit ovat keskittyessään teknologioiden käyttöön unohtaneet kokonaan kaupunkien tärkeimmät resurssit eli kaupungin asukkaat. Heidän mukaansa kaupunkien älykkyyden määrittää teknologian sijasta ihmiset (Oliveria & Campolargo, 2015). Bibrin ja Krogstietin (2017) mukaan älykaupungilla on jo nyt ja erityisesti tulevaisuudessa useita kasvoja. Esimerkiksi tietoinen kaupunki ja ympäröivä kaupunki edustaa heidän mukaansa ”älykkäämpää kaupunkia”, eli älykaupungista eteenpäin kasvanutta kaupunkia, missä erityisesti massadatan analytiikalla ja konteksti tietoisella laskennalla on suuri merkitys (Bibri & Krogstie, 2017).

Al Nuaimi ym., (2015) pohtivat tutkimuksessaan useita älykaupunkien tulevaisuuteen liittyviä avoimia kysymyksiä. He nostavat esiin esimerkiksi kysymyksen sosiaalisen median tärkeydestä älykaupungeissa ja tulisiko siitä saatua dataa käyttää hyväksi. He myös peräänkuuluttavat tietoturvan tärkeyttä ja etenkin riittävän kattavaa infrastruktuuria ja alustoja yksityisyyden ja informaation turvaamiseksi. (Al Nuaimi ym., 2015)

Tulevaisuuden älykaupungeissa verkkoyhteydet tulevat olemaan yhä suuremmassa roolissa. Erilaisten sensoreiden ja mittareiden lisääntyessä ja kaupungin palveluiden perustuessa näihin laitteisiin, on erittäin tärkeää, että verkkoyhteydet ja viestintä eri laitteiden välillä pysyy mahdollisimman hyvänä. Tulevaisuuden älykaupungit tulevat hyödyntämään 5G verkkoyhteyttä, joka tulee korvaamaan nykyisen 4G yhteyden. Lin, Xun ja Zhaon (2018) mukaan IoT perusteiset palvelut ja sovellutukset älykaupungeissa vaativat valtavat verkkoyhteydet, mikä luo monia haasteita käyttöönotolle. Heidän mukaansa nykyiset

viestintäyhteydet ovat erittäin laaja-alaisia ja juuri 5G yhteyden tulisi vastata IoT:n luomiin haasteisiin (Li ym., 2017). Erilaisten IoT-laitteiden lisääntyessä älykaupungeissa, tulisi 5G:n yhtenäistää laitteiden välistä kommunikaatiota samankaltaisempaan viestintäyhteyteen. Hanin ym. (2017) mukaan tulevaisuuden älykaupungeissa eri muodoissa olevan datan tulisi liikkua sulavasti erilaisten viestintäyhteyksien kautta (Han ym., 2017). Näitä viestintäyhteyksiä pitkin liikkuisi nykyistäkin suurempia määriä dataa ja sen tulisi kuluttaa vähemmän energiaa. Hanin ym. (2017) mukaan tämä ei ole mahdollista nykyisillä verkkoyhteyksillä. He ehdottavatkin nykyisten verkkoyhteyksien tilalle yhdistynyttä 5G viestintäverkkoa. Heidän mukaansa tämänkaltaisella viestintäverkolla olisi useita hyötyjä normaaliin viestintäverkkoon verrattuna, kuten erilaisten verkkojen saumaton yhdistäminen, ylivertainen verkkoliikenteen hallinta sekä energian tehokkuuden lisääminen ja kattavuuden parantaminen (Han ym., 2017).

Tulevaisuudessa yhä tärkeämmäksi osaksi älykaupunkia saattaa nousta niin sanottu ”triple helix” joka on Lombardin, Giordanon, Farouhin ja Yousefin (2012) mukaan viitekehys tietopohjaisten innovaatiojärjestelmien analysoimiseen. Perinteisesti tämä kolminaisuus on nähty muodostuvan yliopistoista, hallinnoista ja teollisuudesta, mutta Lombardi ym. (2012) näkisivät yhteiskunnan olevan yksi osa kokonaisuutta. Tällaista viitekehystä tarvitaan mittaamaan ja mallintamaan älykaupunkeja (Lombardi, Giordano, Farouh & Yousef, 2012). Älykaupungeista saatavia hyötyjä on jo rahoituksen näkökulmasta pakko pystyä mittaamaan, minkä vuoksi tämänkaltaiset analysoimiseen tarkoitettut viitekehukset ovat tärkeitä. Tulevaisuudessa älykaupunkihankkeilla tulisikin olla jokin viitekehys, joilla eri sidosryhmille pystytään osoittamaan älykaupungeista nousevat hyödyt. Tällaisten viitekehysten luomisessa on tärkeää silti muistaa mahdollisesti esiin nousevat eettiset kysymykset. Kitchin (2014) nostaa artikkelissaan esiin viisi huolta koskien reaaliaikaista, eli toisin sanoen älykästä, kaupunkia. Näitä huolia ovat massadatan politiikka, kaupunkihallituksen yksityistäminen ja tekninen lukko, bugiset ja hakeroitavat kaupungit, teknokraattinen hallinto ja kaupungin kehitys sekä yksikatseinen kaupunki. Näistä huolista esimerkiksi massadataa pidetään poliittisesti sitoutumattomana, sillä se on ainoastaan dataa. Huolta tulisi silti pitää massadatan politisoinnista, sillä sitä ohjaa aina ihmisten tekemät valinnat ja kehykset, joissa sitä on päätetty kerätä. (Kitchin, 2014) Älykaupunkihankkeiden yleistyessä ja erilaisten palveluntarjoajien lisääntyessä on tärkeää yrittää pitää mielessä kehittämisen eettisyys ja kaupunkilaisten yhdenvertaisuus.

5 Yhteenveto

Tämän kandidaatintutkielman tarkoituksena oli selvittää mistä älykaupunki koostuu, mitä massadataa on ja miten massadataa pystytään hyödyntämään älykaupungeissa. Käytetyn kirjallisuuden perusteella saatiin selville älykaupungeissa usein esiintyviä komponentteja, massadataa kuvaavia ominaisuuksia sekä älykaupungin palveluita ja teknologioita. Tutkielma tehtiin kirjallisuuskatsauksena ja käytettyä lähdekirjallisuutta rajattiin julkaisufoorumien tasoluokituksen sekä Google Scholarin viittauksien määrän mukaan.

Älykaupungin määrittelyä vaikeutti lähdekirjallisuudesta löytyvät eriävät määritelmät. Määritelmät jakautuivat kahteen koulukuntaan, joista toinen painotti ihmislähtöistä näkökulmaa ja toinen teknologisempaa näkökulmaa älykaupungin määrittelyyn. Teknologisemmasta näkökulmasta älykaupungin tarkoituksena on hyväksikäyttää uusinta teknologiaa päätöksenteossa, palveluiden parantamisessa ja asukkaiden elämänlaadun nostamisessa. Tutkielmassa lähestyttiin älykaupunkia teknologisemmasta näkökulmasta ja tutkielman loppuosa keskittyikin suurimmaksi osaksi älykaupungeissa esiintyviin teknologioihin ja massadataan. Lopussa esitellyistä tulevaisuuden näkymistä oli huomattavissa ihmisenäkökulman korostaminen älykaupungeissa.

Massadataa nähtiin hyödynnettävän neljässä eri älykaupungin komponentissa. Nämä komponentit olivat älykäs liikenne, älykäs terveydenhuolto, älykäs hallinto ja älykäs sähköverkko. Massadatan hyödyntäminen esitettiin Hashemin ym. (2016) artikkelissa esiintyneen taulukon mukaisesti. Kyseistä taulukkoa jatkettiin lisäämällä siihen Gaurin ym. (2015) näkemiä älykaupungin komponentteja, jotka olivat älykäs teollisuus, älykäs turvallisuus, älykäs ympäristö ja älykäs energia. Kyseisten komponenttien ominaisuudet haettiin alan kirjallisuudesta, jolloin komponenttien asettaminen Hashemin ym. (2016) luomaan taulukkoon oli helppoa. Tutkielman kontribuutio voidaan nähdä massadatan avaamisena älykaupungin kontekstissa. Erityisesti taulukko 2 voidaan nähdä Hashemin ym. (2016) artikkelissa määriteltyjen komponenttien jatkona. Lisäksi käytiin läpi älykaupungin tulevaisuuden näkymiä, mistä huomionarvoisia ovat 5G-yhteyden täysimittainen hyödyntäminen ja mahdollisesti tehokkaampi kaupungin asukkaiden osallistuttaminen.

Tutkimuksessa ei kuitenkaan käyty läpi konkreettisia teknologioita. Yritysten kehittämiä ja älykaupungeissa käytettyjä teknologioita oli lähdekirjallisuudesta hankala löytää. Konkreettisia teknologioita tutkimuksessa mainittiin Wapice Ltd:n IoT-ticket sekä RapidMiner. Teknologiset tekijät esitetäänkin usein käytännön sovelluksia abstraktimmalla tasolla, kuten älykaupungin komponentteina ja näiden ominaisuuksina (taulukko 1 & taulukko 2). Esimerkiksi IoT:sta puhuttaessa laitteiden sanottiin olevan ”sensoreita” tai ”kannettavia älylaitteita” antamatta konkreettisia esimerkkejä. Yksi jatkotutkimuskohteista tulisikin olla yleisimpien konkreettisten teknologioiden käyttö älykaupungeissa - mitkä yritykset johtavat tällä hetkellä älykaupunkien toimialaa ja min-käläisiä laitteita yritykset valmistavat älykaupunkeja varten? Yritykset ovat digitalisaation myötä myös luoneet jo valmiita palveluprosesseja ja näiden valmiiden prosessien hyödyntäminen älykaupungeissa olisi erittäin järkevää.

Lisäksi jatkotutkimuskohteita voisi tutkielman perusteella olla seuraavat:

- Mikä merkitys ihmisillä on älykaupungin näkökulmasta?
- Luoko massadatan avaaminen julkiseksi eli avoimeksi dataksi uutta liiketoimintaa tai innovaatioita?
- Onko kirjallisuudesta havaittavissa teknologisen tai ihmislähtöisen älykaupungin määritelmän yleistymisen?
- Mitkä ovat suosituimmat teknologiset laitteet älykaupungeissa?
- Voiko yritysmaailmasta tuttuja palveluprosesseja soveltaa älykaupungin osa-alueisiin ja näiden palveluihin?

Osa jatkotutkimuskohteista siirtyy poikkitieteellisille raiteille, erityisesti puhuttaessa ihmisten suuremmasta merkityksestä älykaupungeissa. Lähdekirjallisuudessa nähtävillä oleva kaksiajako teknologisemman ja ihmislähtöisemmän määritelmän välillä antaa kuitenkin aihetta tutkia ihmislähtöisempiäkin kohteita. Lisäksi massadatan hyödyntämistä älykaupungeissa voitaisiin tutkia lisää, esimerkiksi juuri avoimen datan muodossa, jolloin innovaatiota pääsisi syntymään myös kaupungin asukkaiden keskuudessa. Erityisesti tulisi tutkia sitä, kuinka valmiita palveluprosesseja pystyttäisiin siirtämään suoraan älykaupunkien tarjoamiin palveluihin. Tällöin älykaupungeissa voitaisiin hyödyntää yritysmaailmasta tuttuja oppeja.

LÄHTEET

- Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1), 25.
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, 47, 95-106.
- Angelidou, M. (2014). *Smart city policies: A spatial approach*
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183-212.
- Borsekova, K. (2018). Smart cities: A challenge to research and policy analysis. *Cities*, 78, 1-3. Haettu osoitteesta [https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_sevierS0264-2751\(18\)30383-4](https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_sevierS0264-2751(18)30383-4)
- Bresciani, S., Ferraris, A., & Scuotto, V. (2016). Internet of things: Applications and challenges in smart cities: A case study of IBM smart city projects. *Business Process Mgmt Journal*, 22(2), 357-367.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82.
- Chen, M. (2014). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171-209. Haettu osoitteesta https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.springer_jour10.1007%2Fs11036-013-0489-0
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., . . . Scholl, H. J. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. Paper presented at the *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2289-2297. Haettu osoitteesta <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84857957415&doi=10.1109%2fHICSS.2012.615&partnerID=40&md5=7de8372f80885cba236bd98190ecdd29>

- De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A formal definition of big data based on its essential features. *Library Review*, 65(3), 122-135.
- Dirks, S. & Keeling, M. (2018, kesäkuu) A vision of smarter cities. Haettu 30.01.2019 osoitteesta https://www-03.ibm.com/press/attachments/IBV_Smarter_Cities_-_Final.pdf
- Euroopan komissio (2009, 7. lokakuuta) European Initiative on Smart Cities. Haettu 30.01.2019 osoitteesta <https://setis.ec.europa.eu/set-plan-implementation/technology-roadmaps/european-initiative-smart-cities>
- Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137-144.
- Gaur, A., Scotney, B., Parr, G., & McClean, S. (2015). Smart city architecture and its applications based on IoT. *Procedia Computer Science; the 6th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT-2015), the 5th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2015)*, 52, 1089-1094.
- Han, T., Ge, X., Wang, L., Kwak, K. S., Han, Y., & Liu, X. (2017). 5G converged cell-less communications in smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 55(3), 44-50.
- Hargreaves, T., Nye, M., & Burgess, J. (2010). Making energy visible: A qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors. *Energy Policy; the Socio-Economic Transition Towards a Hydrogen Economy - Findings from European Research, with Regular Papers*, 38(10), 6111-6119.
- Hashem, I. A. T. (2015). The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47(C), 98-115. Haettu osoitteesta [https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_elsevierS0306-4379\(14\)00128-8](https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_elsevierS0306-4379(14)00128-8)
- Hashem, I. A. T., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., . . . Chiroma, H. (2016). *The role of big data in smart city*
- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, 12(3), 303-320.
- Jamil, M. S., Jamil, M. A., Mazhar, A., Ikram, A., Ahmed, A., & Munawar, U. (2015). Smart environment monitoring system by employing wireless sensor networks on vehicles for pollution free smart cities. *Procedia Engineering; Humanitarian Technology: Science, Systems and Global Impact 2015, HumTech2015*, 107, 480-484.

- Kitchin, R. (2014). The real-time city? big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79(1), 1-14.
- Kodali, R. K., Jain, V., Bose, S., & Boppana, L. (2016). IoT based smart security and home automation system. *Paper presented at the 2016 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 1286-1289.
- Komninos, N. (2011). Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. *Intelligent Buildings International*, 3(3), 172-188. Haettu osoitteesta <https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.tayfranc10.1080%2F17508975.2011.579339>
- Lee, J., Kao, H., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP; Product Services Systems and Value Creation. Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, 16, 3-8.
- Li, D., Cao, J., & Yao, Y. (2015). Big data in smart cities. *Science China Information Sciences*, 58(10), 1-12.
- Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2018). 5G internet of things: A survey. *Journal of Industrial Information Integration*, 10, 1-9.
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., & Yousef, W. (2012). Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 137-149.
- Ojo, A., Curry, E. & Zeleti, F. (2015). A tale of open data innovations in five smart cities. *Paper presented at the 2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2326-2335.
- Oliveira, A. (2015). From smart cities to human smart cities. Paper presented at the , 2015- 2336-2344. Haettu osoitteesta <https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.ieee10.1109%2FHICSS.2015.281>
- RapidMiner (2018) About Us. Haettu 10.02.2019 osoitteesta <https://rapidminer.com/us/>
- Rashidi, P., Cook, D. J., Holder, L. B., & Schmitter-Edgecombe, M. (2011). Discovering activities to recognize and track in a smart environment. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 23(4), 527-539.
- Shelton, T., Zook, M., & Wiig, A. (2015). The 'actually existing smart city'. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 13-25. Haettu osoitteesta <http://dx.doi.org/10.1093/cjres/rsu026>

- Stenroos, P. (2018, 15 marraskuuta) Smart Tampere ja yritykset älykaupunkimessuilla Barcelonassa. Haettu 30.01.2019 osoitteesta <http://smart tampere.fi/fi/uutiset/smart-tampere-ja-yritykset-alykaupunkimessuilla-barcelonassa>
- Tanninen, J. (2015, 5. maaliskuuta) Bussien paikannuslaitteisiin perustuva tieto muuttuu moniksi sovelluksiksi. Haettu 30.01.2019 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-7845043>
- United Nations (2018, 16. toukokuuta) 2018 Revision of World Urbanization Prospects. Haettu 30.01.2019 osoitteesta <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- Vilhula, A. (2019, 16. tammikuuta) Datan avulla parempia päätöksiä busseista. Haettu 30.01.2019 osoitteesta <http://smart tampere.fi/fi/uutiset/datan-avulla-parempia-paatoksia-busseista>
- Y. Sun, H. Song, A. J. Jara, & R. Bie. (2016). Internet of things and big data analytics for smart and connected communities. *IEEE Access*, 4, 766-773.
- Yigitcanlar, T. (2018). Understanding 'smart cities': Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities*, 81, 145-160. Haettu osoitteesta [https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_elsevierS0264-2751\(17\)31336-7](https://jyu.finna.fi/PrimoRecord/pci.sciversesciencedirect_elsevierS0264-2751(17)31336-7)
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32.